



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

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

сборник научных трудов

ТОМ 59

часть 1

ISSN 0134-9732

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

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

сборник научных трудов

**Том 59,
посвящённый 75-летию
РУП «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси
по животноводству»**

Часть 1

**ГЕНЕТИКА, РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ,
БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ
И ВОСПРОИЗВОДСТВО**

**ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ И КОРМЛЕНИЯ,
ПРОДУКТИВНОСТЬ**

Жодино
РУП «Научно-практический центр Национальной академии
наук Беларуси по животноводству»
2024

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, 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. Пилюк – д-р с.-х. наук, доцент, В.Ф. Радчиков – д-р с.-х. наук, проф., В.А. Роцин – 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:

И.П. Шейко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси;

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

П.А. Красочко, доктор биологических наук, профессор (УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины)

А.И. ПОРТНОЙ, И.П. ШЕЙКО

**РЕСПУБЛИКАНСКОМУ УНИТАРНОМУ ПРЕДПРИЯТИЮ
«НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ПО ЖИВОТНОВОДСТВУ»
75 ЛЕТ!**

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

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ранее – Белорусский научно-исследовательский институт животноводства) отмечает 75-летие со дня своего основания.

За всю историю своего существования наше предприятие претерпело череду перемен. Так, с 1949 г. Институт животноводства Академии наук БССР к настоящему времени неоднократно переходил из подчинения Академии наук в подчинение Министерства сельского хозяйства Беларуси. И в 2006 году Белорусский научно-исследовательский институт животноводства, согласно Указу Президента, был преобразован в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», объединяющий зоотехническую и ветеринарную науку Республики Беларусь. В его состав вошли: Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского, Институт рыбного хозяйства, Опытная научная станция по птицеводству, ГП«ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области. Основными направлениями деятельности Научно-практического центра являются: проведение научных исследований с целью повышения эффективности отраслей животноводства и ветеринарной медицины путём внедрения научных разработок в производство; повышение квалификации специалистов животноводства (аспирантура, курсы, семинары, конференции).

В первые годы своей деятельности институт занимался решением актуальных вопросов кормления и разведения сельскохозяйственных животных: изучением и совершенствованием местных пород и породных групп крупного рогатого скота, свиней, лошадей, овец и птиц; разработкой вопросов экономики и организации животноводства; изучением использования в кормлении сельскохозяйственных животных синтетических аминокислот и антибиотиков; разработка технологий группового содержания животных и др.

В 1968 г. перед учёными института поставлены новые задачи:

разработать научные основы биологии воспроизведения и искусственного осеменения сельскохозяйственных животных, направленные на повышение их плодовитости; методы применения новых кормовых средств и стимуляторов роста, продуктов химического и микробиологического синтеза; создать системы сбора, накопления и обработки научной информации по важнейшим отраслям сельскохозяйственной науки с применением вычислительной техники; совершенствовать технологий содержания сельскохозяйственных животных.

В 1971 г., в связи с началом перевода отраслей животноводства на промышленную основу, начался новый этап в работе института, который потребовал коренного изменения его структуры и тематики исследований. Научный потенциал института был направлен на разработку технологий производства продуктов животноводства на промышленной основе, систем племенной работы в животноводстве и методов выведения новых типов животных для спецхозов и промышленных комплексов, систем рационального кормления и содержания сельскохозяйственных животных, перспективных технологий заготовки и хранения кормов.

С ростом качественного и количественного состава института увеличивался объём научно-исследовательских работ. Основные усилия учёных института были сосредоточены на разработке и организации комплексных исследований совместно с коллегами из других научных организаций агропромышленного комплекса республики, теоретическую и производственную проработку направлений реализации программы. На основе анализа выполнения научно-исследовательских работ за 1987 г. проведено укрупнение заданий программы.

По результатам выполнения научно-исследовательских работ разработаны: способ диагностики стельности коров на 21-22-й день после осеменения; план племенной работы с популяцией белорусских лошадей; биотехнология трансплантации эмбрионов в молочном скотоводстве; технология производства антисыворотки и СЖК; метод регенерации эмбрионов при клонировании и кратковременном культивировании вне организма; технология ДНК-тестирования в сельскохозяйственных животных; биотехнология трансгенеза сельскохозяйственных животных; биоаналог лактоферрина человека выделен из молока коз-производителей; технологии и проекты ферм для коров с беспривязным и привязным содержанием, проект и технология автоматизированного пастбищного центра на 400 коров; технология для проекта экспериментальной модульной свинофермы будущего; рецепты ЗЦМ, комбикормов и кормовых добавок для крупного рогатого скота, овец и свиней различных половозрастных групп. Эти и многие другие научные разработки

стали известны не только в республике, но и далеко за её пределами, что позволяет конкурировать на мировом рынке.

За годы существования института в стране созданы отечественные породы сельскохозяйственных животных, не уступающие лучшим западным аналогам. Реализация селекционных проектов в рамках республиканских комплексных программ позволила завершить напряжённую работу по выведению новых конкурентоспособных пород и типов сельскохозяйственных животных. Так, по результатам многолетней работы созданы: белорусская чёрно-пёстрая порода свиней (утверждена в 1976 г.), белорусская мясная порода свиней (утверждена в 2000 г.), белорусская чёрно-пёстрая порода крупного рогатого скота (в 2002 г.), белорусская упряжная порода лошадей (в 2001 г.), заводской тип свиней крупной белой породы «Заднепровский» (в 2004 г.), белорусская крупно-белая порода свиней и заводской тип в породе джорк (в 2006 г.), голштинская порода молочного скота отечественной селекции (утверждена в 2020 г.). Новые селекционные достижения в животноводстве (породы, типы, линии) являются не только средством производства высококачественной продукции животноводства, но и достоянием отрасли. Подтверждение этого – животные белорусской мясной породы свиней, вошедшие в Государственный реестр научных разработок, составляющие национальное достояние республики. И это далеко не предел.

Современная действительность ставит перед учеными новые, часто сложные задачи, так как потребность общества в качественной продукции животноводства остаётся неизменной, а значит и проблемы развития этой отрасли всегда актуальны. В настоящее время ведётся работа по возрождению красной белорусской породы скота, отличающейся приспособленностью животных к местным условиям, неприхотливостью, крепким здоровьем, хорошими воспроизводительными качествами, молочной продуктивностью, повышенным содержанием в молоке белка и жира, специфическим полиморфизмом белков крови и молока. Целенаправленная селекционно-племенная работа с этой породой была прекращена без достаточного научного обоснования в 1975 г. согласно приказу Министерства сельского хозяйства БССР, которым предусматривалось «...полностью заменить симментализированный скот и скот красных и бурых пород животными чёрно-пёстрой породы в Брестской, Гомельской и Минской областях к 1982 г., Витебской, Гродненской и Могилёвской областях к 1995 г.». Однако в 2019 году по поручению главы государства работа по созданию красного белорусского скота возобновлена.

Наше предприятие за годы своей деятельности превратилось в крупный авторитетный центр по научному обеспечению животноводства страны в сфере разведения и селекции сельскохозяйственных

животных, организации их кормления, разработки и совершенствования наукоемких технологий производства товарной и племенной продукции, пользующейся спросом на внутреннем и зарубежном рынках. И это особенно важно, так как в этой отрасли производится в стоимостном выражении 65 % от общего объема сельскохозяйственной продукции, и в этом есть весомый вклад ученых-животноводов.

За весь период деятельности в Центре созданы школы по селекции, гигиене, физиологии, кормлению животных и частной зоотехнии. С первых дней создания института ведётся подготовка научных кадров. В настоящее время при РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» действует совет по защите диссертаций Д 01.49.01, который принимает к защите диссертации по специальностям: 06.02.07 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных по отрасли сельскохозяйственные науки; 06.02.08 – кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов по отрасли сельскохозяйственные науки; 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства по отрасли сельскохозяйственные науки. По состоянию на 01.09.2024 г. подготовлено более 60 докторов и 200 кандидатов наук.

За все годы своего существования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», а с ним и зоотехническая наука, прошли большой путь развития. Бережно сохраняя традиции, наш Центр всегда устремлен в будущее, открыт новому.

Желаем здоровья, успехов и благополучия всем, кто трудится на не лёгкой ниве животноводства!

ГЕНЕТИКА, РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО

УДК 602.6:636.393.082.31:636.082.453.52

Д.М. БОГДАНОВИЧ, Е.В. ПЕТРУШКО

КИНЕМАТИКА ПОДВИЖНОСТИ СПЕРМЫ КОЗЛОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ТРАНСГЕННЫХ ПО ГЕНУ РЕКОМБИНАНТНОГО ЛАКТОФЕРРИНА

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

В статье представлены материалы научной работы, целью которой явилось изучение подвижности сперматозоидов нетрансгенных и трансгенных по гену рЛФ самцов-производителей поколения F₄₋₅ с учётом кинематических параметров подвижности спермиев. Исследования показали, что все используемые в опыте козлы-производители характеризуются биологически полноценной спермой с быстроподвижными и прямолинейно-поступательно движущимися половыми гаметами с прогнозируемой высокой оплодотворяющей способностью. Показатели подвижности и кинематики спермиев, как у трансгенных, так и у обычных производителей, имели однотипный уровень значений, а значит присутствие чужеродного гена в организме трансгенных самцов поколения F₄₋₅ не оказывает влияния на их репродуктивные функции.

Ключевые слова: качество сперматозоидов, рекомбинантный лактоферрин, трансгенный козел, эякулят.

D.M. BOGDANOVICH, E.V. PETRUSHKO

KINEMATICS OF SPERM MOTILITY OF BILLY GOATS TRANSGENIC FOR RECOMBINANT LACTOFERRIN GENE

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

The article presents the materials of scientific work, the purpose of which was to study the sperm motility of non-transgenic and rLF gene transgenic males of F₄₋₅ generation, taking into account the kinematic parameters of sperm motility. The studies showed that all the billy goats used in the experiment were characterized by biologically complete sperm with fast-moving and linearly progressive sex gametes with a predicted high fertilizing ability. Indicators of sperm motility and kinematics both in transgenic and in common billy goats had the same level of values, which means

that the presence of a foreign gene in the organism of transgenic males of F4-5 generation does not affect their reproductive functions.

Keywords: sperm quality, recombinant lactoferrin, transgenic goat, ejaculate.

Введение. В 2007 г. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» получили двух трансгенных по гену рекомбинантного лактоферрина козла-основателя, которые явились родоначальниками создания стада коз, продуцирующих в своём молоке рекомбинантный лактоферрин. Животные были получены методом микроинъекции чужеродной конструкции, состоящей из кДНК лактоферрина человека (чЛФ), в пронуклеус зиготы, связанной с промотором бета-казеина коз для направления экспрессии рекомбинантного лактоферрина (рЛФ) в молочную железу [1]. В настоящее время численность трансгенных особей насчитывает 178 голов поколения F_{4.5}.

Лактоферрин (ЛФ) является положительно заряженным антимикробным гликопротеином, присутствующим в выделительных жидкостях человека и животных. В женском молоке отмечается его высокая концентрация, в молоке животных – низкая. По мнению ряда авторов, ЛФ обладает не менее 20 биологическими функциями, среди которых к наиболее значимым относят три основных направления, отражающих активное действие гликопротеина на организм человека: участие в регуляции обмена железа, поддержка здоровья кишечника и иммунной системы [2, 3, 4].

Молочная железа трансгенных коз, полученных в результате осеменения спермой Тг козлов нетрансгенных (нТг) самок, продуцирует молоко с содержанием рЛФ 1,5-3,5 г/л, что в 15-35 раз превышает содержание ЛФ в молоке от обычных коров и коз. Однако количество рЛФ сопоставимо с таковым в молоке лактирующей женщины (чЛФ), где белок содержится в диапазоне 1,0-3,5 г/л. Более того, ввиду проявления схожих физиологических эффектов обоими видами лактоферрина, рЛФ можно считать биологическим аналогом чЛФ [1, 5].

Нами установлено, что присутствие чужеродного гена не оказывает отрицательного влияния, как на само животное, так и на состав молока, вырабатываемого Тг козами. Это подтверждается отсутствием различий в показателях физико-химического и микробиологического состава молока, а также по молочной продуктивности между нТг и Тг самками, которые были установлены на основании ранее проведённых исследований [6, 7].

В настоящее время выделение рЛФ из молока коз-продуцентов осуществляется на технологической линии, принадлежащей РУП «Научно-

практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и функционирующей в г. Минск [8]. Таким образом, создана хорошо организованная технологическая цепочка последовательных действий, направленных на создание стада трансгенных животных и выделение рЛФ из молока коз-продуцентов.

Важным элементом поддержания и развития стада животных-продуцентов целевого белка интереса являются трансгенные самцы-производители, качество спермопродукции которых во многом определяет получение потомства с требуемой продуктивностью. В литературных обзорах имеется информация о репродуктивных нарушениях у трансгенных самцов, причиной которых в большинстве случаев оказывается присутствие чужеродного гена. Так, Pursel V.G. et al. [9], Bartke A. et al. [10], Meliska C.J. et al. [11] приводят данные о снижении фертильности, бесплодии, структурных и функциональных дефектах спермы трансгенных по гену гормона роста человека мышей и свиней. Другими исследователями сообщается о снижении воспроизводительной способности у трансгенных по гену $\alpha 1,2$ -фукозилтрансферазы человека у хряков [12], гену TLR2 у коз [13] и TLR4 у овец [14]. В то же время Chrenek P. et al. [15], Jackson A. et al. [16], Batista R. et al. [17] заявляют об отсутствии различий в качестве сперматозоидов и воспроизводительных способностях трансгенных по гену mWAP-hFVIII кроликов-самцов поколения F₄-F₅, по гену hLZ козлов, трансгенных по гену hG-CSF козлов поколения F₁ в сравнении с неотредактированными особями.

Kathiravan P. et al. [18] считают, что подвижность сперматозоидов является определяющим параметром, влияющим на плодовитость самцов. Дефектная сперма связана со снижением фертильности, развитием эмбриона, а объективную оценку подвижности сперматозоидов можно проводить только с помощью компьютерного анализа, который учитывает многие скоростные параметры спермиев.

В связи с вышеизложенным, целью исследований явилось изучение подвижности сперматозоидов нетрансгенных и трансгенных по гену рЛФ самцов-производителей поколения F_{4.5} с учётом кинематических параметров подвижности спермиев.

Материалы и методика исследований. Исследования проведены в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в октябре-ноябре 2023 г. на трёхлетних козлах-производителях зааненской породы живой массой 55-65 кг (2 нТг козла поколения F₅-F₆ и 2 Тг по гену лактоферрина человека козла (конструкция hLF3) поколения F₄-F₅). Животные были получены путём спаривания трансгенных мужских/женских особей с нетрансгенными женскими/мужскими особями.

Все самцы содержались в индивидуальных клетках с одинаковым рационом кормления и условиями содержания.

Сперму получали (один эякулят на самца в день сбора) два раза в неделю с перерывом 3-4 дня на специальную искусственную вагину производства IMV (Франция). В опыте использовалось 80 эякулятов. Разбавленные образцы хранили при температуре 37 °С. Свежеполученная сперма разбавлялась в соотношении 1/10 раствором на основе глюкозы и цитрата натрия. Микроскопическая оценка по показателю подвижности осуществлялась при 400-кратном увеличении на компьютерном спермоанализаторе Spermvision с использованием программного обеспечения IDEE (Minitube, Германия). Анализ каждого эякулята проводили в трёх повторениях с вычислением средней величины. Оценка спермы проводилась по следующим показателям: прямолинейная подвижность (%), кинематические параметры движения – DAP (среднее расстояние пути, мкм); DCL (изогнутая линия расстояния сперматозоида, мкм); DSL (прямая линия расстояния, мкм); VAP (средняя скорость пути, мкм/с); VCL (криволинейная скорость, мкм/с); VSL (прямолинейная скорость, мкм/с); STR (прямолинейное движение, которое представляет собой соотношение, $STR = VSL/VAP$; %), LIN (линейность движения, представленная соотношением, $LIN = VSL/VCL$, %); WOB (колебательное движение, $WOB = VAP/VCL$, %); ALH (амплитуда колебания головки, мкм); BCF (перекрестная частота биений, Гц).

Полученные данные были обработаны с помощью приложения Microsoft Office Excel.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В таблице 1 представлены результаты, полученные при проведении оценки качества семенного материала нТг и Тг козлов-производителей. В опыте использовались эякуляты с минимальной прямолинейно-поступательной подвижностью >70 % (n=34, от нетрансгенных козлов; n=36, от трансгенных козлов). Полученные данные демонстрируют отсутствие достоверных различий в подвижности и скоростных характеристиках сперматозоидов между обеими группами и близкий уровень итоговых значений с небольшим преимуществом в эякулятах нТг животных. Так, разница в подвижности сперматозоидов нТг (90,05 %) и Тг групп (87,77 %) составила 2,3 п/п; в параметрах расстояния DAP, DCL, DSL – 2,5 мкм (11 %), 1,49 мкм (4 %) и 2,11 мкм (14 %) соответственно; в показателях скорости движения сперматозоида VAP, VCL, VSL – 6,82 мкм/сек (13 %), 4,07 (4 %) и 5,31 мкм/сек (14 %) соответственно; в показателях линейности STR, LIN различия были 0,8 и 10 % соответственно; в параметрах движения головки сперматозоида WOB, ALH, BCF – 9 % для всех соответственно.

Таблица 1 – Параметры спермы нетрансгенных (поколения F₅–F₆) и трансгенных по гену рЛФ (поколения F₄–F₅) с общей подвижностью >70%

Показатели	Нетрансгенные козлы (n=34)	Трансгенные козлы (n=36)
Подвижность, %	90,05±0,79	87,77±0,85
DAP, мкм	21,73±0,61	19,23±0,83
DCL, мкм	39,04±0,88	37,55±1,40
DSL, мкм	15,53±0,56	13,42±0,66
VAP, мкм/с	52,61±1,46	45,79±2,08
VCL, мкм/с	93,83±2,03	89,76±3,40
VSL, мкм/с	37,84±1,32	32,53±1,62
STR, %	71,6±0,01	71,04±0,00
LIN, %	40,3±0,01	36,24±0,00
WOB, %	56,6±0,0	51,0±0,00
ALH, мкм	5,22±0,14	4,77±0,19
BCF, Гц	23,42±0,38	21,25±0,62

В литературе накоплены различные представления об оценке подвижности биоматериала самцов. Исследователи Khalifa T.A.A. et al. полагают, что сперма козлов считается хорошей, если она имеет подвижность сперматозоидов более 70 % [19]. Авторы Kirsten H. et al. характеризуют сперматозоиды с VCL <90 мкм/сек как медленноподвижные, а с VCL ≥ 90 как быстроподвижные [20]. Sevilla, F. et al. высказывают мнение, что сперматозоидами хорошего качества считаются сперматозоиды с индексом прямолинейности (STR) не <45 % и средней скоростью пути (VAP) ≥25 мкм/сек [21].

Сопоставив полученные нами результаты (таблица 1) с данными, которые приводят авторы [19], можно сделать вывод, что подвижность спермиев в группах нТг (90,05 %) и Тг (87,77 %) на 22 и 20 % выше в сравнении с указанными результатами, что позволяет говорить о её хорошем качестве.

Сравнением криволинейной скорости спермиев (VCL) нТг (93,83 мкм/сек) и Тг (89,76 мкм/сек) с пороговыми значениями предложенными авторами [20] определяют сперматозоиды нТг и Тг групп как быстроподвижные. В свою очередь, сравнение данных опытных групп с индексами оценки, предложенными исследователями [21], демонстрирует, что VAP в нТг и Тг группах превышает данные автора на 27,61 и 20,79 мкм/сек, а по параметру STR на 26 п/п для обеих групп, что также говорит о хорошем качестве эякулятов самцов.

Таким образом, нетрансгенные и трансгенные производители, принадлежащие РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», характеризуются

биологически полноценной спермой с быстроподвижными и прямолинейно-поступательно движущимися половыми гаметами с прогнозируемой высокой оплодотворяющей способностью.

Выводы. 1. Сравнительный анализ спермы нетрансгенных и трансгенных по гену рекомбинантного лактоферрина козлов-производителей (поколение F_{4.5}) не выявил достоверных различий в значениях кинематических параметров двигательной активности половых гамет.

2. Показатели подвижности и кинематики спермиев, как у трансгенных, так и у обычных производителей, имели однотипный уровень значений, который демонстрирует, что присутствие чужеродного гена в организме трансгенных самцов поколения F_{4.5} не оказывает влияния на их репродуктивные функции.

Литература

1. Production of human lactoferrin in animal milk / I. L. Goldman [et al.] // *Biochem. Cell Biol.* – 2012. – Vol 90(3). – P. 513–519. DOI: 10.1139/o11-088.

2. Modulation of TDM-induced granuloma pathology by human lactoferrin: A persistent effect in mice / J. K. Actor [et al.] // *Biometals.* – 2023. – Vol. 36. – P. 603–615. DOI: 10.1007/s10534-022-00434-0

3. Lactoferrin a multiple bioactive protein: An overview / I.A. García-Montoya [et al.] // *Biochim Biophys Acta.* – 2012. – Vol. 1820. – P. 226–236. DOI: 10.1016/j.bbagen.2011.06.018.

4. Ward, P. P. Multifunctional roles of lactoferrin: A critical overview / P. P. Ward, E. Paz, O. M. Connelly // *Cell. Mol. Life Sci.* – 2005. – Vol. 62. – P. 2540–2548. DOI: 10.1007/s00018-005-5369-8.

5. Получение рекомбинантного лактоферрина человека из молока коз-производителей и его физиологические эффекты / В. С. Лукашевич [и др.] // Доклады Нац. акад. наук Беларуси. – 2016. – Т. 60, No 1. – С. 72–81.

6. Goats producing biosimilar human lactoferrin / D. M. Bogdanovich [et al.] // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2021. – Vol. 852. – 12080. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012080.

7. Влияние интервального доения коз-производителей на физико-химические показатели и содержание лактоферрина человека в молоке животных / А. И. Будевич [и др.] // Ученые записки УО "ВГАВМ". – 2023. – Т. 59, вып. 2. – С. 93–98. – DOI 10.52368/2078-0109-2023-59-2-93-98.

8. Isolation of a human lactoferrin biosimilar from frozen milk of goat producers / N. I. Mosolova [et al.] // *E3S Web of Conferences : AGRITECH-VIII-2023 : VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Krasnoyarsk, Russia, March 29-31, 2023.* – Krasnoyarsk, 2023. – Vol. 390. – 02044. DOI 10.1051/e3sconf/202339002044.

9. Expression and performance in transgenic pigs / V. G. Pursel [et al.] // *J. Reprod. Fertil.* – 1990. – Vol. 40. – P. 235–242.

10. Effects of expression of human or bovine growth hormone genes on sperm production and male reproductive performance in four lines of transgenic mice / A. Bartke [et al.] // *J. Reprod. Fertil.* – 1992. – Vol. 95 (1). – P. 109–118. DOI: 10.1530/jrf.0.0950109.

11. Meliska, C. J. Copulatory behavior and fertility in transgenic male mice expressing human placental growth hormone gene / C. J. Meliska, A. Bartke // *J. Androl.* – 1997. – Vol. 18(3). – P. 305–311.

12. Effect of semen quality in transgenic boars on the developmental competence of preimplantation embryos / M. Bryla [et al.] // *Animal Reproduction Science* – 2010. – Vol. 118. – P.

77–82. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2009.06.008.

13. Effects of over-expression of TLR2 in transgenic goats on pathogen clearance and role of 386 up-regulation of lysozyme secretion and infiltration of inflammatory cells / S. Deng [et al.] // BMC Vet. Res. – 2012. – Vol. 196. DOI: 10.1186/1746-6148-8-196.

14. Effects of the 389 TLR4 transgene on reproductive traits and DNA methylation pattern of oocytes in ewes / Y. Fang [et al.] // Front. Agr. Sci – 2014. – Vol. 1(4). – P. 314–320. DOI: 10.15302/J-FASE-2014038/

15. Spermatozoa quality of the transgenic rabbit offspring / P. Chrenek [et al.] // Slovak J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 44. – P. 124–128.

16. Evaluating the fitness of human lysozyme transgenic dairy goats: growth and reproductive traits / A. K. Jackson [et al.] // Transgenic Res. – 2010. – Vol. 19(6). – P. 977–986. DOI: 10.1007/s11248-010-9371-z.

17. Growth and reproductive traits of F1-generation transgenic goats for human granulocyte-colony stimulating factor / R. Batista [et al.] // Animal Production Science. – 2018. – Vol. 7. – P. 1218. DOI: 10.1071/AN16582.

18. Objective sperm motion analysis to assess dairy bull fertility using computer-aided system- a review / P. Kathiravan [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2011. – Vol. 46. – P. 165–172. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2010.01603.x.

19. Testing Usability of Butylated Hydroxytoluene in Conservation of Goat Semen / T. A. A. Khalifa [et al.] // Reprod. Domest. Anim. – 2008. – Vol. 43. – P. 525–530. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2007.00947.x.

20. Effect of temperature and time after collection on buck sperm quality / H. Kirsten [et al.] // BMC Veterinary Research. – 2019. – Vol. 15. – P. 1-7. DOI: 10.1186/s12917-019-2135-y.

21. Are there differences between methods used for the objective estimation of boar sperm concentration and motility? / F. Seville [et al.] // Animals. – 2023. – Vol. 13. – P. 1622. DOI: 10.3390/ani13101622

Поступила 4.04.2024 г.

УДК 636.4.082.453.52:544.538

Д.М. БОГДАНОВИЧ¹, В.Ю. ПЛАВСКИЙ², А.И. БУДЕВИЧ¹,
Н.В. ЯНУТЬ¹, С.А. САПСАЛЁВ¹

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРА КРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СПЕРМЫ ХРЯКОВ

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

²*Институт физики Национальной академии наук Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Одним из биобезопасных методов повышения оплодотворяющей способности спермы считается воздействие на половые гаметы оптического излучения низкой интенсивности. Нами изучалось влияние лазерного излучения красной

области спектра на физико-химические показатели (рН и осмос) спермы хряков-производителей. Исследования проводились на четырёх группах (контрольная и три опытные) животных различных пород возрастом 18-24 месяца. Установлено, что при воздействии полупроводникового низкоинтенсивного лазера красного цвета длиной волны 620-760 нм и плотностью мощности 3 мВт/см² продолжительностью 10-30 минут на разбавленную сперму хряков-производителей уровень рН составлял от 7,14 до 7,40 спустя трое суток хранения, что соответствовало норме для использования эякулятов при искусственном осеменении. Показатель осмотического давления повышался в процессе увеличения сроков хранения разбавленных эякулятов и через 72 часа находился в пределах допустимых значений в диапазоне от 314,76 до 316,85 мОсм/л.

Ключевые слова: хряки, сперма, капацитация, биофизическое воздействие, лазерное излучение, светодиоды, обработка, рН, осмос, ионы водорода, область спектра.

D.M. BOGDANOVICH¹, V.Y. PLAVSKY², A.I. BUDEVICH¹,
N.V. YANUTS¹, S.A. SAPSALEV¹

EFFECT OF RED LASER IRRADIATION ON PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF SEMEN OF BOARS

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

*²Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

Exposure of sexual gametes to low-intensity optical radiation is considered to be one of the biosafe methods of increasing the semen fertilizing capacity. We studied the effect of laser irradiation of the red spectrum region on physicochemical parameters (pH and osmosis) of breeding boars' semen. The studies were conducted on four groups (control and three experimental groups) of animals of different breeds aged 18-24 months. It was found that when diluted semen of breeding boars was exposed to a semiconductor low-intensity red laser with a wavelength of 620-760 nm and a power density of 3 mW/cm² for 10-30 minutes, the pH level ranged from 7.14 to 7.40 after three days of storage, which corresponded to the norm for the use of ejaculate in artificial insemination. Osmotic pressure increased with increasing storage time of diluted ejaculates and after 72 hours was within acceptable values ranging from 314.76 to 316.85 mOsm/L.

Keywords: boars, semen, capacitation, biophysical effects, laser irradiation, LEDs, treatment, pH, osmosis, hydrogen ions, spectrum region.

Введение. В настоящее время в условиях интенсивного развития животноводства разработка методов, способствующих повышению эффективности искусственного осеменения, приобретает всё большее

значение. Одним из экологических и биобезопасных направлений улучшения оплодотворяющей способности спермы считается фотомодуляция – воздействие на половые гаметы оптическим излучением низкой интенсивности.

Спермии в процессе своего развития проходят терминальный процесс созревания, происходящий в верхней трети яйцевода – резервуаре и называемый капациацией [1]. При этом первоначально наблюдаются изменения в цитоплазматической мембране половых гамет, которая содержит различные ионные каналы, участвующие в повышении внутреннего рН клетки, способствуя либо входу в неё бикарбоната, либо оттоку протонов водорода. Каналы мембраны – обменники ионов – принадлежат к семейству белков-переносчиков растворённых веществ, непосредственно участвующих в повышении концентрации водородных ионов через электронейтральный обмен внеклеточного натрия на внутриклеточный водород. Исследования Delgado-Bermúdez A. et al. [2] показали, что транспортеры бикарбоната принадлежат к двум семействам переносчиков растворённых веществ SLC4 и SLC26 и в настоящее время сгруппированы в переносчики $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ и обменники $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$. Сообщается, что переносчики $\text{Na}^+/\text{HCO}_3^-$ необходимы для начального и быстрого поступления HCO_3^- , который запускает капациацию сперматозоидов, тогда как обменники $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ отвечают за устойчивый вход бикарбоната, который управляет последовательностью изменений, связанных с приобретением сперматозоидами способности к проникновению через оболочку в яйцеклетку. Движение катионов Na^+ и анионов HCO_3^- обеспечивает подщелачивание поверхности сперматозоидов и гиперполяризацию мембран [3]. Вторым этапом капациации принято считать открытие кальциевых каналов, реагирующих на изменение концентрации водородных ионов, функционирование которых приводит к притоку ионов Ca^{2+} [2]. Во время третьей ступени ионы бикарбоната и кальция активируют растворимую аденилатциклазу, тем самым повышая уровень аденозинмонофосфата, который в свою очередь активирует протеинкиназу, увеличивающую фосфорилирование нескольких жгутиковых белков, включая аксонемные и периаксонемные, участвующие в метаболизме. Окончательный этап созревания сперматозоидов сопровождается удалением факторов декапациации – цинка и холестерина, окончание действия которых обеспечивает увеличение текучести мембраны, обеспечивает реорганизацию липидного обмена в областях апикального гребня. Это приводит к изменениям физиологии сперматозоидов в ампуле яйцевода – гиперактивация гамет для их движения от эпителия яйцеводов, и ремоделирование акросом при подготовке к акросомной реакции и проникновению через

блестящую оболочку. Природой предусмотрено асинхронное капацирование сперматозоидов в организме, чтобы в любое время овуляции ооциты встречали на своём пути компетентных к оплодотворению спермиев. Необходимо отметить, что капациация сперматозоидов является терминальным событием, приводящим либо к оплодотворению, либо к гибели сперматозоидов. Поэтому биохимические и биофизические трансформации, связанные с капациацией сперматозоидов, включающих изменения концентрации рН цитоплазмы спермиев, свойств плазматической мембраны, особенностей движения половых гамет самцов, их клеточного метаболизма и моделей фосфорилирования белков имеют важнейшее значение в оплодотворяющей способности клеток. Общепризнано, что взаимное перемещение ионов необходимо для капациации сперматозоидов и что нарушения активности ионных каналов, зависящих от концентрации водородных ионов, могут привести к снижению фертильности гамет [4, 5, 6, 7, 8]. В свою очередь, действие фотоизлучения, по мнению Desmet K. et al. [9], связано с его биостимулирующим влиянием на активность тканевых ферментов, синтез белков, РНК и ДНК, в результате чего ускоряется метаболизм в тканях, повышается проницаемость цитоплазматических мембран и интенсивность пролиферации клеток.

Таким образом, изучение влияния полупроводникового лазера на показатели рН и осмотического давления, характеризующие изменения, происходящие в процессе нахождения спермы хряков вне организма, представляет интерес с точки зрения сохранения половыми клетками их высокой оплодотворяющей способности.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СК «Рассошное» ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской области и в лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальных наук Беларуси по животноводству». Использовались хряки-производители различных пород в возрасте 18-24 месяца. Кормление и содержание животных осуществлялось по технологиям, принятым в хозяйстве, с учётом существующих норм. Получение эякулятов осуществлялось мануальным способом при режиме однократного взятия спермы с промежутком 4-5 дней, оценка и их разбавление – согласно инструкции [10]. В качестве разбавителя применялась улучшенная ГХЦС-среда производства РУП «Научно-практический центр Национальных наук Беларуси по животноводству». Разбавленные эякуляты хранились при температуре 16-18 °С в течение 72 часов. Для измерения уровня рН и осмотического давления образца отбиралась проба объемом 1 мл, которая перед тестированием нагревалась до температуры около 38 °С.

От разбавленного эякулята одного хряка отбиралось 150-200 мл, которые делились на 8 проб по 5-10 мл для осуществления исследований в каждом из трех опытов. Всего было исследовано по 2 образца от 20 хряков (40 проб). Результаты по всем исследованиям суммировались в каждом опыте.

Воздействие на сперму проводилось с помощью полупроводникового лазера «СНАГ-СЭНС-К» (Институт физики НАН Беларуси, Республика Беларусь). Измерение оптической мощности лазера осуществлялось с использованием прибора PM100D (Thorlabs, Германия) и фотодиодным датчиком S121c (Thorlabs, Германия). Плотность мощности потока составляла 3 мВт/см², длина волны соответствовала красному спектру (620-760 нм). В трёх опытных группах использовались следующие режимы обработки спермы лазерным излучением красной области спектра: I опытная группа – воздействие 10 мин., II опытная группа – 20 мин., III опытная группа – 30 мин. Контрольная группа биофизической обработке не подвергалась [11].

В хранящихся эякулятах определялись физико-химические показатели сразу после разбавления спермы и спустя 24, 48 и 72 часов нахождения вне организма. Концентрация водородных ионов измерялась с использованием прибора Eutech pH 6+ (Thermo Scientific Eutech Instruments, США) по следующей методике: электрод промывался дистиллированной водой перед и после каждого измерения для удаления загрязнений. Датчик опускался в образец эякулята и измерение проводилось до тех пор, пока показание прибора не стабилизировалось.

Определение осмотического давления проводилось с использованием осмометра для микропроб «Fiske-210» (Advanced Instruments, США). Измерения осуществлялись в следующей последовательности: после включения прибора проводилась его калибровка согласно инструкции, при этом подача звукового сигнала означала готовность осмометра к работе. Дозатором набиралось 20 мкл пробы (синтетическая среда со спермой) в одноразовую микропробирку таким образом, чтобы исключалось попадание в жидкость пузырьков воздуха. Пробирка помещалась в осмометр, после чего через 60 с на дисплей выводился показатель осмотического давления исследуемой пробы. После каждого измерения анализатор очищался специальным фильтром для подготовки к следующему тесту.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На первом этапе проводились исследования по определению значений показателя концентрации водородных ионов в процессе хранения разбавленных эякулятов вне организма после стимуляции полупроводниковым лазером с различной продолжительностью воздействия (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние различной продолжительности воздействия лазерным излучением красной области спектра на изменение рН разбавленной спермы хряков при её хранении в течение 72 часов

Группа	рН				
	Количество проб, n	0 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
Контрольная (без обработки)	40	6,82 ±0,01	6,98 ±0,02	7,12 ±0,01	7,20 ±0,02
I опытная (10 минут)	40	6,75 ±0,01	6,95 ±0,02	7,35 ±0,01	7,40 ±0,02
II опытная (20 минут)	40	6,80 ±0,02	7,17 ±0,01	7,14 ±0,01	7,14 ±0,02
III опытная (30 минут)	40	6,93 ±0,02	7,15 ±0,01	7,19 ±0,01	7,19 ±0,02

Анализ таблицы 1 показал, что за трое суток хранения рН разбавленной спермы изменялся в сторону большей щелочности. Согласно инструкции, допускаются к использованию эякуляты с рН 6,8-7,2 [11]. Во II опытной группе спустя 48-72 часа хранения наблюдалось незначительное превышение значения указанного показателя на 0,15-0,20 ед. по сравнению с нормативными параметрами. В то же время эякуляты II опытной группы характеризовались более стабильными значениями рН после 72 часов хранения.

В таблице 2 представлены данные по изменению показателя осмотического давления спермы хряков-производителей после её обработки светом лазера различной продолжительностью воздействия.

Таблица 2 – Влияние обработки лазерным излучением красной области спектра различной продолжительности на динамику значений показателя осмотического давления спермы при хранении разбавленных эякулятов в течение 3-х суток

Группа	Осмотическое давление, мОсм/л				
	Количество проб, n	0 ч.	24 ч.	48 ч.	72 ч.
Контрольная (без обработки)	40	305,76 ±0,36	310,90 ±0,51	314,34 ±0,41	319,61 ±0,72
I опытная (10 минут)	40	304,61 ±0,45	308,85 ±0,60	311,93 ±0,46	316,85 ±0,69
II опытная (20 минут)	40	303,20 ±0,58	306,05 ±0,39	310,95 ±0,61	314,76 ±0,93
III опытная (30 минут)	40	304,56 ±0,40	307,05 ±0,51	310,26 ±0,58	315,20 ±0,78

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что во всех экспериментальных группах значение показателя осмотического давления повышалось в процессе хранения разбавленных эякулятов хряков-производителей вне организма и оставалось в пределах допустимых значений с отсутствием видимых изменений в структуре раствора, касающихся его расслоения, органолептической оценки и выпадения осадка.

Заключение.

1. Установлено, что воздействие полупроводниковым низкоинтенсивным лазером красного цвета длиной волны 620-760 нм и плотностью мощности 3 мВт/см² продолжительностью 10-30 минут на разбавленную сперму хряков-производителей не повлияло на pH спустя трое суток её хранения: значение данного показателя находилось в диапазоне 7,14-7,40, что соответствовало допустимым пределам кислотности среды.

2. Изучение влияния воздействия лазерного излучения на динамику показателя осмотического давления не выявило существенных изменений в значениях указанного параметра, который находился в пределах от 314,76 до 316,85 мОсм/л через 72 часа нахождения разбавленной спермы хряков в условиях *in vitro*.

Литература

1. Zinc is a master-regulator of sperm function associated with binding, motility, and metabolic modulation during porcine sperm capacitation / M. Zigo [et al.] // Commun. Biol. – 2022. – Vol. 5(1):538. – DOI: 10.1038/s42003-022-03485-8
2. A review on the role of bicarbonate and proton transporters during sperm capacitation in mammals / A. Delgado-Bermúdez [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2022. – Vol. 23(11): 6333. – DOI: 10.3390/ijms23116333
3. pH and male fertility: Making sense on pH homeodynamics throughout the male reproductive tract / R. L. Bernardino [et al.] // Cell. Mol. Life Sci. – 2019. – Vol. 76. – P. 3783–3800. – DOI: 10.1007/s00018-019-03170-w.
4. Touré, A. Importance of SLC26 transmembrane anion exchangers in sperm post-testicular maturation and fertilization potential / A. Touré // Front. Cell Dev. Biol. – 2019. – Vol. 7: 230. – DOI: 10.3389/fcell.2019.00230.
5. Ion channel gene expressions in infertile men: A case control study / S. Carcki [et al.] // Int. J. Reprod. BioMed. – 2017. – Vol. 15, No 12. – P. 749–756.
6. Onion (*Allium cepa* L.) peel extract (OPE) regulates human sperm motility via protein kinase C-mediated activation of the human voltage-gated proton channel / M. R. Chae [et al.] // Andrology. – 2017. – Vol. 5. – P. 979–989. – DOI: 10.1111/andr.12406.
7. Human sperm ion channel (dys)function: Implications for fertilization / S. G. Brown [et al.] // Hum. Reprod. Update. – 2019. – Vol. 25. – P. 758–776. – DOI: 10.1093/humupd/dmz032.
8. Na⁺/H⁺ Exchangers Involve in Regulating the pH-Sensitive Ion Channels in Mouse Sperm / H. Kang [et al.] // Int. J. Mol. Sci. – 2021. – Vol. 22: 1612. – DOI: 10.3390/ijms22041612.
9. Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation / K. Desmet [et al.] // Photomed Laser Surg. – 2006. Vol. 24(2). – P. 121-128. DOI: 10.1089/pho.2006.24.121.
10. Инструкция по искусственному осеменению свиней / Е. В. Раковец [и др.]. –

Минск, 1998. – 38 с.

11/ Роль наномолярных концентраций эндогенных порфиринов в реализации регуляторного действия низкоинтенсивного лазерного излучения на сперму животных / В. Ю. Плавский, А. И. Третьякова, А. В. Микулич [и др.] // Фотон-экспресс. – 2023. – № 6(190). – С. 29-30. – DOI 10.24412/2308-6920-2023-6-29-30.

Поступила 12.03.2024 г.

УДК 636.4.082.251

О.Я. ВАСИЛЮК, И.Ф. ГРИДЮШКО, И.П. ШЕЙКО,
А.А. БАЛЬНИКОВ

ВЗАИМОСВЯЗИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНЕЙ МАТЕРИНСКИХ ПОРОД И ИХ ЛИНИЙ

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

В настоящее время появилась возможность идентификации генов, напрямую или косвенно связанных с хозяйственно-полезными признаками. Выявление предпочтительных с точки зрения селекции вариантов таких генов у свиней позволяет проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК. Целью научной работы было установить взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиней материнских пород и их линий, определённых по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств. В ходе исследований установлено, что генетические расстояния между отцовскими и материнскими линиями хряков материнских пород существенно отличаются. Так, у хряков отцовских генотипов генетические расстояния между линиями короче на 0,09. Животные отцовских генотипов характеризуются генетическим сходством. Проводимая с этими генотипами селекционная работа по повышению мясо-откормочных качеств повлияла на частоту встречаемости желательного аллеля А гена IGF-2, определяющего откормочные качества, которая у них значительно выше (на 0,33 доли от единицы), чем у животных материнских генотипов.

Ключевые слова: селекция, индексы, продуктивные качества, заводская линия, белорусская крупная белая, белорусская черно-пестрая породы свиней, белорусский заводской тип породы йоркшир, гены-маркеры продуктивных качеств, микросателлиты.

**INTERRELATIONSHIPS OF QUANTITATIVE TRAITS OF
PRODUCTIVITY OF MATERNAL BREED PIGS
AND THEIR LINES**

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

It is now possible to identify genes directly or indirectly associated with economically useful traits. Identification of preferred variants of such genes in pigs from the point of view of selection allows selection directly at the DNA level. The aim of the scientific work was to establish interrelationships of quantitative traits of productivity of maternal breed pigs and their lines determined according to microsatellites and genetic markers of production traits. This research found that the genetic distances between paternal and maternal lines of boars of maternal breeds differed significantly. Thus, in boars of paternal genotypes, genetic distances between lines were shorter by 0.09. Animals of paternal genotypes were characterized by genetic similarity. The selection work carried out with these genotypes to improve meat-and-fattening traits influenced the frequency of occurrence of the desired IGF-2 gene allele A responsible for fattening traits, which was significantly higher in them (by 0.33 shares per unit) than in animals of maternal genotypes.

Keywords: selection, indices, production traits, stud line, Belarusian Large White, Belarusian Black-and-White, Belarusian stud type of Yorkshire breed, genetic markers of production traits, microsatellites.

Введение. Материнские породы свиней хорошо приспособлены к местным условиям производства свиноводческой продукции, отличаются высоким многоплодием (11-14 поросят), крупноплодностью (масса одного поросёнка при рождении – 1,1-1,3 кг), молочностью (50-60 кг). В Республике Беларусь плановыми материнскими породами являются: белорусская крупная белая и белорусский заводской тип свиней породы йоркшир. Эти породы в настоящее время используются в системах промышленного скрещивания и гибридизации [1].

Основным методом чистого разведения было и остаётся разведение по линиям. Линия – генетически однородная группа животных, происходящая от одного или нескольких родоначальников. Перевод свиноводства на промышленную основу показал, что его эффективность возрастает, если разводятся не породы вообще, а определённые, изолированные их линии [2].

Важной задачей в свиноводстве является разработка приёмов контроля чистопородности племенных животных. Современные технологии промышленного производства свинины основаны на получении

эффекта гетерозиса от скрещивания специализированных пород при сочетании чистых линий. В то же время необходимы новые методы оценки гетерогенности подборов родительских пар, направленных на обеспечение стабильной передачи потомству продуктивных признаков при снижении их вариабельности.

В настоящее время, в связи с развитием молекулярной генетики и геной зооинженерии, появилась возможность идентификации генов, напрямую или косвенно связанных с хозяйственно-полезными признаками (геномный анализ). Выявление предпочтительных с точки зрения селекции вариантов таких генов у свиней позволяет, наряду с традиционным отбором по фенотипу, проводить селекцию непосредственно на уровне ДНК (маркер-зависимая селекция) [3].

На основании собственных исследований и литературных источников выявлены гены, оказывающие наибольшее влияние на продуктивные качества животных. Это ген ESR (воспроизводительные качества), ген IGF-2 (откормочные и воспроизводительные качества), гены H-FABP и RYR 1 (мясные качества) [4, 5, 6, 7].

Также к числу перспективных приёмов можно отнести использование микросателлитов – тандемно расположенных коротких некодирующих повторяющихся последовательностей ДНК, равномерно расположенных по всему геному. Благодаря высокой степени полиморфизма и менделевскому типу наследования микросателлиты представляют собой идеальные ДНК-маркеры у млекопитающих [8].

Микросателлитный анализ остаётся бесценным генетическим инструментом для установления родства, идентификации и чистопородности животных (по Nei M.), а также для картирования и оценки потоков генов между популяциями (оценка Nm) [9].

Вовлечение в исследование большого числа географически изолированных популяций позволит дать наиболее полную характеристику аллелофонда пород. Микросателлитные профили могут быть использованы в качестве критерия оценки состояния и степени родства популяций внутри пород и отражать их происхождение [10].

Целью исследований было установление взаимосвязей количественных признаков продуктивности свиней материнских пород и их линий, определённых по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств.

Материалы и методика исследований. Научно-исследовательская работа проводилась в сельскохозяйственном филиале СГЦ «Заднепровский» ОАО «Оршанский комбинат хлебопродуктов», ОАО «СГЦ «Заречье», ОАО «СГЦ «Западный», ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита».

Объектом исследований являлись популяции чистопородных

животных пород белорусской крупной белой, белорусской чёрно-пёстрой и белорусского заводского типа свиной породы йоркшир.

Оценка воспроизводительных качеств свиноматок осуществлялось путём расчёта индекса воспроизводительных качеств (ИВК) по формуле:

$$\text{ИВК} = 1,1 \times X_1 + 0,3 \times X_2 + 3,3 \times X_3 + 0,67 \times X_4,$$

где X_1 – многоплодие (количество живых поросят); X_2 – масса поросят в 21 день (молочность); X_3 – количество поросят при отъёме (голов); X_4 – масса гнезда при отъёме (кг) [11].

Оценка откормочных и мясных качеств молодняка проводилась путём расчёта индекса мясо-откормочных качеств (ИМОК) по формуле:

$$\text{ИМОК} = 1,3(200 - X_1) + 0,1(X_2 - 650) + 67(4,1 - X_3) + 2,1(X_4 - 97,4) + 4(33 - X_5) + 15(X_6 - 10,2),$$

где X_1 – возраст достижения живой массы 100 кг (дней); X_2 – среднесуточный прирост (г); X_3 – затраты корма на 1 кг прироста (к. ед.); X_4 – толщина шпика над 6-7 грудными позвонками (мм); X_5 – длина туши (см); X_6 – масса задней трети полутуши (кг) [12].

Генетическое тестирование по генам-маркерам RYR 1, ESR, IGF-2 и H-FABP проводилось на свиноматках, хряках и откормочном поголовье свиной материнских пород. В качестве генетического материала использовались пробы ткани из ушной раковины свиной. Из образцов выделен и оптимизирован ДНК для анализа полиморфизма генов методом ПЦР-ПДРФ (полимеразно-цепной реакции полиморфизма длин рестрикционных фрагментов) в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»).

Генетическая экспертиза по ДНК-микросателлитам проведена в лаборатории молекулярной генетики и цитогенетики животных Центра биотехнологии и молекулярной диагностики Всероссийского научно-исследовательского института животноводства им. Л.К. Эрнста (ВИЖ, Россия).

Биометрическая обработка материалов исследований проведена методами вариационной статистики [13] на персональном компьютере с использованием пакета программы Microsoft Excel с плагином GenAIEx v. 6.5 [14].

Результаты эксперимента и их обсуждение. В предыдущих исследованиях проведена оценка продуктивности свиной материнских пород с учётом их линейной принадлежности по воспроизводительным, откормочным и мясным качествам с использованием индексной оценки. Определены перспективные материнские и отцовские линии в белорусской крупной белой, белорусской чёрно-пёстрой породах и белорусском заводском типе свиной породы йоркшир.

Определены генотипы материнских и отцовских линий на основе полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств. Установлены средние значения показателей полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств (ESR, IGF-2, H-FABP и RYR 1) материнских и отцовских линий свиней материнских пород.

Сформированы генетические профили свиней материнских пород с учетом их линейной принадлежности и полиморфизма генов-маркеров по воспроизводительным и мясо-откормочным качествам.

Разработанные дендрограммы филогенетического родства свиней материнских пород на основе микросателлитного анализа показали достаточно широкое разнообразие генетической структуры изучаемых линий. Выявлены генетические связи и различия между линиями, что позволяет с учётом установленных генетических дистанций проводить целенаправленную селекционную работу с линиями хряков [15, 16].

Проведены исследования для выявления взаимосвязи количественных признаков продуктивности линий свиней материнских пород и основных генов-маркеров селекционируемых признаков.

С целью проведения оценки животных по комплексу признаков использовались комплексные показатели – индекс воспроизводительных качеств (ИВК) и индекс мясо-откормочных качеств (ИМОК).

Индексы продуктивности и частоты встречаемости аллелей генов-маркеров селекционируемых признаков хряков материнских пород в зависимости от их линейной принадлежности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивность и частота встречаемости аллелей генов-маркеров селекционируемых признаков хряков материнских пород свиней в зависимости от их линейной принадлежности

Линии	ИВК	ИМОК	Гены-маркеры продуктивных качеств							
			ESR		IGF-2		H-FABP (D)		H-FABP (H)	
			B	A	A	G	D	d	H	h
Отцовские	121,8	135,5	0,38	0,62	0,60	0,40	0,42	0,58	0,70	0,30
Материнские	125,6	95,1	0,62	0,38	0,27	0,73	0,27	0,73	0,83	0,17

Анализ результатов исследования показал, что индекс ИВК у материнских линий свиней материнских пород в среднем выше на 3,8 балла или 3,0 %, чем у их аналогов отцовских линий. Выявлена некоторая взаимосвязь между показателями ИВК и частотой встречаемости аллеля В гена ESR. Частота встречаемости предпочтительного аллеля В гена ESR, детерминирующего воспроизводительные качества, в геноме животных материнских линий составляет 0,62 долю от единицы, что выше

на 0,24 от единицы, чем у свиней отцовских линий. По индексу ИМОК животные отцовских генотипов превосходят (на 40,4 балла или 42,5 %) своих аналогов материнских линий.

Выявлена определённая взаимосвязь между показателем ИМОК и частотой встречаемости желательного аллеля А гена-маркера IGF-2, определяющего откормочные качества. Содержание этого аллеля в геноме свиней отцовских линий свиней материнских пород в среднем составляет 0,60 долей от единицы, что значительно превышает (на 0,33 доли) значение этого показателя у животных материнских линий. Частоты встречаемости в геноме свиней предпочтительных аллелей гена Н-FABP, детерминирующего содержание внутримышечного жира в мясе, имели достаточно высокие значения у всего изучаемого поголовья. Однако у животных материнских линий эти показатели были выше (на 0,15 долей от единицы – аллель d и на 0,13 – аллель Н).

Показатели продуктивности свиней белорусской крупной белой породы с учётом линейной принадлежности представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Воспроизводительные качества свиноматок материнских пород в зависимости от их линейной принадлежности (по 2 и более опоросам)

Линии	Многоплодие, гол	Молочность, кг	Отъем в 35 дней	
			количество поросят, гол.	масса гнезда, кг
Отцовские	10,3	55,0	9,8	92,4
Материнские	10,9	55,2	10,2	94,9

Таблица 3 – Откормочная и мясная продуктивность молодняка свиней материнских пород в зависимости от их линейной принадлежности

Линии	Голов	Откормочные качества		Мясные качества		
		возраст достижения живой массы 100 кг, дней	средне-суточный прирост, г	толщина шпика, мм	длина туши, см	масса задней трети полу-туши, кг
Отцовские	207	185	712	24,2	97,2	10,9
Материнские	235	202	619	25,8	96,3	10,6

Свиноматки материнских линий являются чистопородными животными, отселекционированными на высокие воспроизводительные качества. Они в среднем превосходят отцовских аналогов по многоплодию на 5,8 %, молочности – на 0,4 %, массе гнезда при отъёме – на 2,7 %.

Откормочный молодняк отцовских линий превосходил сверстников материнских линий по: возрасту достижения живой массы 100 кг на 11,4 %, среднесуточному приросту живой массы – на 15,0 %, толщине шпика – на 6,2 %, массе задней трети полутуши – на 2,8 %.

Выявлена взаимосвязь между таким показателем микросателлитного анализа, как генетические расстояния между линиями хряков материнских пород и содержанием в их геноме предпочтительных аллелей генов ESR и IGF-2 (таблица 4).

Таблица 4 – Взаимосвязь между генетическими расстояниями линий хряков материнских пород и полиморфизмом генов ESR и IGF-2

Линии	Генетическое расстояние между линиями хряков	Гены-маркеры продуктивных качеств и частота встречаемости предпочтительного аллеля	
		ESR	IGF-2
		аллель В	аллель А
Отцовские	0,167	0,38	0,60
Материнские	0,257	0,62	0,27

Генетические расстояния между отцовскими и материнскими линиями хряков материнских пород свиней существенно отличаются (0,167 и 0,257 соответственно). Большое генетическое расстояние между материнскими линиями хряков (по сравнению с отцовскими линиями) указывает на их генетическое разнообразие. При этом частота встречаемости предпочтительного аллеля В гена ESR, детерминирующего воспроизводительные качества, в среднем по материнским линиям превышает этот показатель у свиней отцовских линий (генотипов) на 0,24 долю от единицы.

Животные отцовских генотипов характеризуются генетическим сходством. Это связано, в первую очередь, с проведением селекционной работы по повышению мясо-откормочных качеств молодняка изначально материнских пород. Поэтому частота встречаемости желательного аллеля А гена IGF-2, определяющего откормочные качества, у них значительно выше (на 0,33 доли от единицы), чем у животных материнских генотипов.

Результаты исследований по установлению взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиней материнских пород и их линий, определённых по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств, отражены в сводном рисунке.

Заключение. Установлены взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиней материнских пород и их генотипов, определённых по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств.

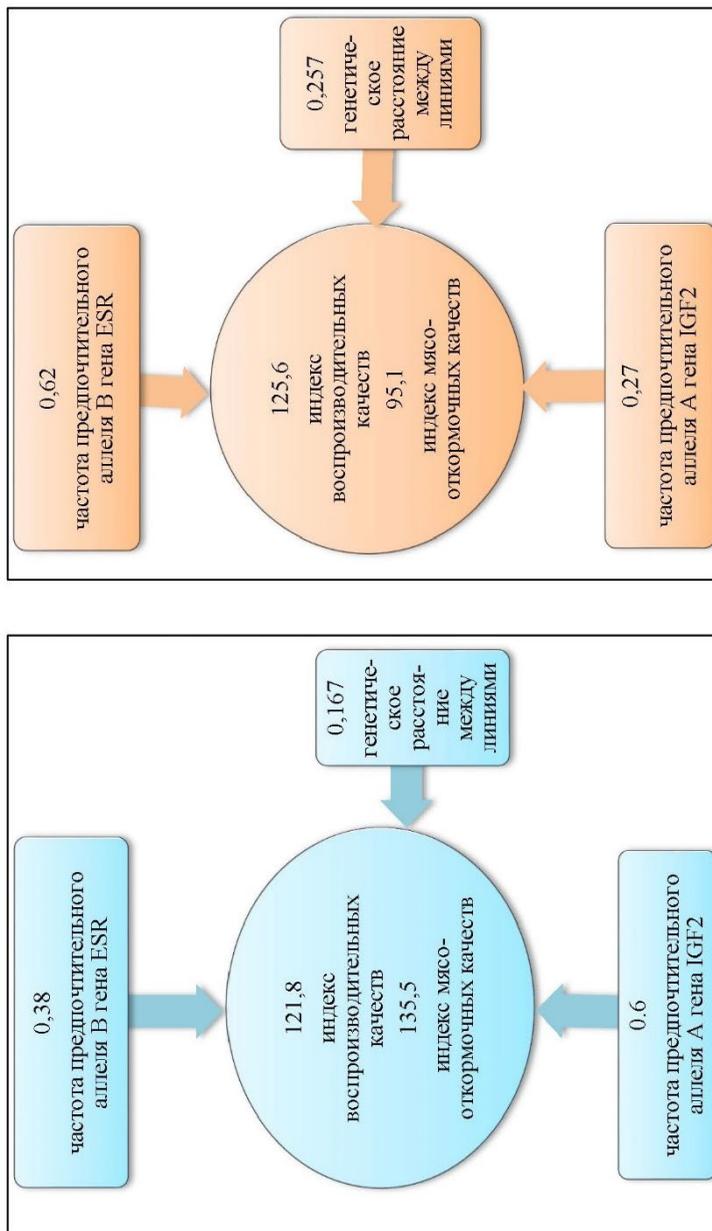


Рисунок – Взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиной материнских пород и их генотипов, определенных по микросателлитам и генам-маркерам продуктивных качеств

Выявлено, что при более высоком значении индекса воспроизводительных качеств у животных материнских генотипов (в среднем на 3,0 % по сравнению с отцовскими генотипами) частота встречаемости предпочтительного аллеля В гена ESR в их геноме была, соответственно, больше на 0,24 доли от единицы. Высокий индекс мясо-откормочных качеств у свиней отцовского генотипа (в среднем на 42,5 %) по сравнению с материнским взаимосвязан с частотой встречаемости желательного аллеля А гена-маркера IGF-2, которая также была выше на 0,33 долей от единицы у животных данного генотипа.

Установлено, что генетические расстояния между отцовскими и материнскими линиями хряков материнских пород существенно отличаются. У хряков отцовских генотипов генетические расстояния между линиями короче на 0,09. Животные отцовских генотипов характеризуются генетическим сходством. Проводимая с этими генотипами селекционная работа по повышению мясо-откормочных качеств повлияла на частоту встречаемости желательного аллеля А гена IGF-2, определяющего откормочные качества, и она у них значительно выше (на 0,33 доли от единицы), чем у животных материнских генотипов.

Литература

1. Лобан Н. А. Крупная белая порода свиней – методы совершенствования и использования / Н. А. Лобан. – Минск : ПЧУП Бизнесофсет, 2004. – 110 с.
2. Новицкий, Игорь. Разведение свиней по линиям особенности и требования к данному методу / И. Новицкий // СельхозПортал [Электрон. ресурс]. – 2016-2024. – Режим доступа: <https://сельхозпортал.pdf/articles/metod-razvedeniya-svinej-po-liniyam/>
3. Зиновьева, Н. А. Проблемы биотехнологии и селекции сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, Л. К. Эрст. – Изд. 2-е, доп. – Москва, 2005. – 329 с.
4. Исследование полиморфизма гена эстрогенового рецептора как маркера плодовитости свиней / Н. А. Зиновьева [и др.] // Свиноводство : материалы. междунар. науч. конф. – Дубровицы. - 2000. – Т. 2. – С. 50-57.
5. Использование методов молекулярной генной диагностики для повышения откормочных и мясных качеств свиней белорусской крупной белой пород / Н. А. Попков [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2008. - № 4. – С. 70-74
6. Арсенико, Р. Ю. Исследования полиморфизма гена H-FABP во взаимосвязи с хозяйственно-полезными признаками свиней / Р. Ю. Арсенико, Е. А. Гладырь // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных : материалы междунар. науч. конф. – Дубровицы, 2002. – С. 94-96.
7. Лобан, Н. А. Оценка стрессустойчивости и плодовитости свиней методами молекулярной генной диагностики / Н. А. Лобан, О. Я. Василюк, Н. А. Зиновьева // Интенсификация производства продуктов животноводства. – Жодино, 2002. – С. 18.
8. Микросателлитные профили как критерии определения чистопородности и оценки степени гетерогенности подборов родительских пар в свиноводстве / Н. А. Зиновьева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2011. - № 6. – С. 47-53.
9. Nei, M. Analyses of gene diversity in subdivided populations / M. Nei // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1973. – Vol. 70, No 12(1). – P. 3321-3323. DOI: 10.1073/pnas.70.12.3321.
10. Оценка вклада различных популяций в генетическое разнообразие свиней корня крупной белой породы / Н. А. Зиновьева [и др.] // Сельскохозяйственная биология. –

2012. - № 6. – С. 35-41. DOI: [10.15389/agrobiology.2012.6.35rus](https://doi.org/10.15389/agrobiology.2012.6.35rus)

11. Пат. RU № 2340178 С2, А 01 К 67/02. Способ комплексной оценки репродуктивных качеств свиноматок / Шейко И.П., Лобан Н.А., Василюк О.Я., Петрушко И.С., Чернов А.С., Шейко Р.И. ; заявитель и патентообладатель : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – № 2006118083/13 ; заявл. 26.05.2006 ; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34. – 6 с.

12. Пат. ВУ № 17677 С1, А 01 К 67/02. Способ оценки сочетаемости родительских пар свиной по мясо-откормочным качествам потомков / Шейко И.П., Лобан Н.А., Василюк О.Я., Маликов И.С. ; заявитель и патентообладатель : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – № а20100713 ; заявл. 11.05.2010 ; опубл. 30.10.2013, Афіц. бюл. № 5. – 3 с.

13. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.

14. Peakall, R. GenA1Ex 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update / R. Peakall, P. E. Smouse // Bioinformatics. – 2012. – Vol. 28. – P. 2537-2539. DOI: [10.1093/bioinformatics/bts460](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460).

15. Василюк, О. Я. Генетические профили свиной материнских пород с учётом их линейной принадлежности и полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств / О. Я. Василюк, И. Ф. Гридюшко, И. П. Шейко // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1 : Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. Технология кормов и кормления, продуктивность. – С. 44-59.

16. Дендрограммы линий свиной материнских пород на основе микросателлитного анализа / О. Я. Василюк [и др.]// Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1: Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. Технология кормов и кормления, продуктивность. – С. 29-39.

Поступила 3.04.2024 г.

УДК 636.4.082

О.Я. ВАСИЛЮК, И.Ф. ГРИДЮШКО, И.П. ШЕЙКО,
А.А. БАЛЬНИКОВ, Е.В. ОРЛОВСКАЯ

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЛЕКЦИОННЫХ СТАД СВИНЕЙ БЕЛОРУССКОЙ КРУПНОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ В ПЛЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ

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

Для решения проблемы сохранения и дальнейшего развития белорусской крупной белой породы на племенных предприятиях республики следует проводить оценку свиной на уровне генома, то есть по истинному генетическому потенциалу. При проведении исследований в качестве генетических маркеров признаков продуктивности свиной белорусской крупной белой породы,

представляющих практический интерес, изучались: риаинодиновый рецептор (RYR 1), эстрогеновый рецептор (ESR), ген H-FABP, инсулиноподобный фактор роста 2 (IGF-2). В процессе генетического тестирования и установления частоты встречаемости генотипов и аллелей генов-маркеров продуктивных качеств в геноме свиней белорусской крупной белой породы дифференцированы линии на материнские и отцовские. На основе проведённых исследований разработана комплексная программа совершенствования и использования селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы в племенных свиноводческих предприятиях, которая позволит создать единую систему разведения и использования племенных животных в племенных предприятиях, повысить эффективность использования линий и родственных групп при совершенствовании и использования селекционных стад.

Ключевые слова: селекция, свиньи, белорусская крупная белая порода, подбор, заводская линия, индексная оценка, ДНК-технология.

O.Y. VASILYUK, I.F. GRIDYUSHKO, I.P. SHEIKO, A.A. BALNIKOV,
E.V. ORLOVSKAYA

COMPREHENSIVE PROGRAM FOR IMPROVEMENT AND USE OF BREEDING HERDS OF PIGS OF BELARUSIAN LARGE WHITE BREED AT BREEDING ENTERPRISES OF THE REPUBLIC

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

In order to solve the problem of preservation and further development of the Belarussian Large White breed at the breeding enterprises of the republic, it is necessary to evaluate pigs at the genome level, i.e. according to the true genetic potential. In the course of research, the rhyandine receptor (RYR 1), estrogen receptor (ESR), H-FABP gene, insulin-like growth factor 2 (IGF-2) were studied as genetic markers of production traits of Belarussian Large White pigs of practical interest. In the process of genetic testing and establishing the frequency of occurrence of genotypes and alleles of genetic markers of production traits in the genome of pigs of Belarussian Large White breed, the lines were differentiated into maternal and paternal ones. Based on the research conducted, a comprehensive program has been developed for the improvement and use of breeding herds of pigs of Belarussian Large White breed at pig breeding enterprises of the republic, which will make it possible to create the uniform system of breeding and use of pedigree animals at breeding enterprises, to increase the efficiency of using lines and related groups when improving and using breeding herds.

Keywords: selection, pigs, Belarussian Large White breed, pair selection, stud line, index evaluation, DNA technology.

Введение. В Республике Беларусь в 2007 году создана белорусская крупная белая порода свиней (патент № 3785). Она характеризуется высокими материнскими качествами, резистентностью, сохранностью молодняка, его откормочной и мясной продуктивностью. Порода является материнской основой, необходимой для получения конкурентоспособной свинины от помесного и гибридного молодняка. Белорусская крупная белая порода свиней с высокой эффективностью используется для промышленного скрещивания с животными пород йоркшир и ландрас [1, 2]. Её применение необходимо для обеспечения успешной адаптации используемых импортных генотипов. Для получения товарных гибридов на свиноводческих комплексах белорусская крупная белая порода должна быть включена в схему финального гибрида как минимум с 25 % кровности для обеспечения его сохранности и жизнеспособности, качества свинины и экономической целесообразности ее производства [3].

В последнее время большое значение приобрели работы по созданию в породах специализированных линий на основе селекции животных по небольшому числу признаков при сохранении среднего уровня показателей по остальным селекционируемым показателям. Животных специализированных линий и заводских типов, созданных в результате такой селекции, проверяют в дальнейшем на сочетаемость при скрещивании, в результате чего удаётся выявить сочетания, дающие эффект гетерозиса по нужным критериям.

Эффективность отбора в высокой степени связана с правильной оценкой племенной ценности животных по ряду селекционируемых признаков. Учитывая, что количество этих признаков достаточно велико, стоит задача интегрировать их в единый оценочный комплекс. Одним из таких комплексов является оценка по селекционным индексам, которые представляют собой качественно новый подход к оценке животных. Они являются той шкалой отбора, на основании которой можно количественно дифференцировать животных по продуктивности, т. е. ранжировать их по значению селекционного индекса и определить в соответствующие группы племенного и пользовательного назначения, либо выбраковать из стада [4].

Для решения проблемы сохранения и дальнейшего развития белорусской крупной белой породы на племенных предприятиях республики следует использовать более современные методы селекционной и генетической оценки свиней (на уровне генома), то есть по истинному генетическому потенциалу.

В качестве генетических маркеров признаков продуктивности свиней белорусской крупной белой породы, представляющих

практический интерес, изучались: рианодиновый рецептор (Ryr 1) – ген-кандидат чувствительности животных к стрессам; эстрогеновый рецептор (ESR) – плодовитости свиней; ген H-FABP – содержание внутримышечного жира; инсулиноподобный фактор роста 2 (IGF-2) – откормочных и мясных качеств.

Целью работы являлась разработка комплексной программы совершенствования и использования селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы в племенных предприятиях республики.

Материалы и методика исследований. Объект исследований – активная часть чистопородных селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы, разводимых на племенных предприятиях: сельскохозяйственном филиале СГЦ «Заднепровский», ОАО «Оршанский комбинат хлебопродуктов» и ОАО «Племенной завод «Тимоново». Методы исследований – зоотехнические (индексная оценка, контрольный откорм), селекционно-генетические с использованием маркерных генов.

Основным методом работы с породой являлось чистопородное разведение по линиям. Индивидуальный отбор животных проводился по основным показателям продуктивности, развития и экстерьера.

Оценка воспроизводительных качеств свиноматок белорусской крупной белой породы проводилась по показателям: многоплодие (количество живых поросят) (X_1), масса поросят в 21 день (молочность) (X_2), количество поросят при отъёме (голов) (X_3) и масса гнезда при отъёме (кг) (X_4). Индекс воспроизводительных качеств (ИВК) определялся по формуле: $ИВК = 1,1 \times X_1 + 0,3 \times X_2 + 3,3 \times X_3 + 0,67 \times X_4$ [5].

Оценку откормочных и мясных качеств молодняка проводили путём расчёта индекса мясо-откормочных качеств (ИМОК) определялся по формуле:

$$ИМОК = 1,3(200 - X_1) + 0,1(X_2 - 650) + 67(4,1 - X_3) + 2,1(X_4 - 97,4) + 4(33 - X_5) + 15(X_6 - 10,2),$$

где X_1 – возраст достижения живой массы 100 кг (дней); X_2 – средне-суточный прирост (г); X_3 – затраты корма на 1 кг прироста (к. ед.); X_4 – толщина шпика над 6-7 грудными позвонками (мм); X_5 – длина туши (см); X_6 – масса задней трети полутуши (кг) [6].

Групповой подбор хряков и маток породы по воспроизводительным качествам проводили на основе комплексной оценки, проведённой в племенных предприятиях.

Генетическое тестирование в племенных предприятиях проводилось по генам: рианодинового рецептора (Ryr 1), эстрогенового рецептора (ESR), рецептора H-FABP и инсулиноподобного фактора роста 2 (IGF-2). В качестве исходного материала использовались пробы ткани из

ушной раковины свиней. Из отобранных образцов в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству») выделен и оптимизирован ДНК для анализа полиморфизма генов методом ПЦР – ПДРФ (полимеразно-цепной реакции полиморфизма длин рестрикционных фрагментов).

Биометрическая обработка материалов исследований проведена методами вариационной статистики по П.Ф. Рокицкому [7].

Результаты эксперимента и их обсуждение. В предыдущих исследованиях мы проводили оценку животных белорусской крупной белой породы, разводимых в базовых племенных предприятиях, с использованием селекционно-генетических методов [8].

Проведено генетическое тестирование животных белорусской крупной белой породы. Определены частоты встречаемости генотипов и аллелей генов-маркеров продуктивных качеств в геноме свиней белорусской крупной белой породы, построены их генетические профили [9].

Анализ оценки продуктивности свиноматок белорусской крупной белой породы показал некоторые различия показателей продуктивности в зависимости от линейной принадлежности и типа племпредприятия. Самые высокие показатели индекса воспроизводительных качеств (ИВК) отмечены: в племзаводе «Тимоново» при среднем значении ИВК 119,2 баллов, у животных линий Ятти 107 и Свата 17385 (120,3 и 119,3 балла, соответственно).

В СГЦ «Заднепровский» при среднем значении ИВК 155,2 балла, можно отметить свиноматок линий Смыка 308 (157,4 балла) и Драчуна 90685 (156,6 баллов).

Оценка хряков по откормочным и мясным качествам их потомства – обязательное условие селекционно-племенной работы. Это наиболее точный метод оценки племенной ценности выдающихся животных-продолжателей генеалогических структур, сочетаемости линий и типов, позволяющий практически оценить их экономическую эффективность.

Отсутствие республиканской контрольно-испытательной станции по свиноводству не позволяет в полной мере оценить хряков и маток (проверено лишь 6,0 % хряков в КСУП «СГЦ «Заднепровский»), что отрицательно сказывается на эффективности селекции, особенно по мясным качествам.

Изучена продуктивность хряков белорусской крупной белой породы в «СГЦ «Заднепровский» по откормочным и мясным качествам

потомков в зависимости от линейной принадлежности.

Установлено, что на откорме наименьший возраст достижения живой массы 100 кг был у потомства хряков линий Драчуна 562 (196,8 дней) и Сябра 202065 (196 дней); среднесуточный прирост живой массы был выше по сравнению со средним у потомков линий Сябра 202065 (660 г) и Смыка 308 (648 г). Толщина шпика самой низкой была у потомков хряков линий Смыка 46706 и Свитанка 3884 (24,3 мм). Длина туши у животных изученных линий существенных различий не имела и находилась в пределах 95,2-96,0 см.

Масса задней трети полутуши самой высокой была у потомства хряков линий Драчуна 562, Смыка 308 и Сябра 202065 (10,9 кг).

Установлено, что индекс мясо-откормочных качеств (ИМОК) самым высоким был у потомства хряков линий Драчуна 562 (85,0 баллов), Сябра 202065 (84,86 баллов) и Смыка 46706 (84,39 баллов).

Проведено генетическое тестирование животных белорусской крупной белой породы в базовых племенных предприятиях республики. По результатам исследований проанализировали воспроизводительные и откормочные качества свиней белорусской крупной белой породы с учётом полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств.

Ген ESR. Выявлено, что частота встречаемости желательного генотипа ВВ в геноме животных, разводимых в СГЦ «Заднепровский», составила 22,0 % (11 головы), гетерозиготного генотипа АВ – 58,0 % (29 головы) и генотипа АА – 20,0 % (10 голов). Частота встречаемости предпочтительного аллеля В имеет достаточно высокий коэффициент, который составляет 0,61** и приближается по этому показателю к лучшим зарубежным аналогам (английской крупной белой породе).

Установлено, что частота встречаемости желательного генотипа ВВ у животных ОАО «Племенной завод «Тимоново» составила 43,5 %, гетерозиготного генотипа АВ – 17,4 % и рецессивного генотипа АА – 39,1 %. Частота встречаемости предпочтительного аллеля А составляет 0,52**.

Продуктивность свиноматок белорусской крупной белой породы представлена в таблице 1.

Можно отметить, что практически по всем показателям продуктивности животные, используемые на СГЦ «Заднепровский», достоверно ($P \leq 0,001$, $P \leq 0,05$) превосходят своих аналогов из племзавода «Тимоново». Выявлено, что ИВК племенных свиноматок из СГЦ «Заднепровский» превосходит данный показатель у их аналогов на 36,7 баллов или на 31,1 %.

Установлено, что продуктивность свиноматок с более высоким показателем предпочтительного аллеля В в геноме имеют тенденцию к

превосходству по многоплодию. У животных из СГЦ «Заднепровский» многоплодие составило 10,8 поросят (ВВ – 24,3 %) по сравнению с аналогами из ОАО «П/з «Тимоново» - 9,5 поросят (ВВ – 43,5 %).

Таблица 1 – Продуктивность племенных свиноматок белорусской крупной белой породы

Племпред- приятия	n	Много- плодие, голов	Масса гнезда в 21 день, кг	Количес- тво поро- сят при отъёме, голов	Масса гнезда при отъёме, кг	ИВК, балл
ОАО «П/з «Тимоново»	32	10,1± 0,19	51,3± 0,31	9,4±0,0 8	91,1± 3,82	118,6
СГЦ «Задне- провский»	1145	10,9± 0,06***	55,2± 0,15***	9,8± 0,01***	93,7± 0,25*	155,3

Примечание: * - P≤0,05, *** - P≤0,001

Выявлена определённая взаимосвязь между генотипами хряков белорусской крупной белой породы по гену ESR и индексу воспроизводительных качеств (ИВК).

Анализ показал, что с учётом протестированных по гену ESR животных индекс репродуктивных качеств (ИВК) варьирует от 118,4 баллов у свиноматок белорусской крупной белой породы линии Смыка 46706 до 127,8 баллов у животных линий Секрета 8549 и Сталактита 8387.

Установлено, что у хряков линий и родственных групп, несущих в своём геноме нежелательный генотип AA, индекс воспроизводительных качеств был ниже в среднем на 4,9 % по сравнению с их аналогами с генотипами АВ и ВВ. В то же время у групп животных, основная масса которых имеет в своем геноме желательные генотипы АВ и ВВ гена ESR, индексы ИВК были значительно выше и составил 122,3-127,8 балла.

Ген IGF-2. Предпочтительный гомозиготный генотип AA гена IGF-2 (7,9 %) выявлен только в геноме животных, разводимых в СГЦ «Заднепровский». Также у них концентрация гетерозиготного генотипа AG также была самой высокой (63,2 %) по сравнению с аналогами из ОАО «Племенной завод «Тимоново» (40,0 %).

Низкая частота встречаемости генотипа AA гена IGF-2 указывает на то, что животные белорусской крупной белой породы отселекционированны в большей степени на воспроизводительные качества.

Достаточно высокая частота встречаемости желательного генотипа AA гена IGF-2 в геноме животных из СГЦ «Заднепровский» связана с

тем, что половина исследуемых хряков имеют высокую кровность по породе йоркшир.

Анализ результатов исследований выявил определённую взаимосвязь между генотипами хряков белорусской крупной белой породы по гену IGF-2 и индексом их мясо-откормочных качеств (ИМОК) (таблица 2).

Таблица 2 – Генотипы хряков белорусской крупной белой породы по гену IGF-2 и индексы их мясо-откормочных качеств в СГЦ «Заднепровский»

Линии и родственные группы хряков	Генотипы по гену IGF-2	ИМОК (балл)
Драчун 562	AA	85,00
Сябр 202065	AA	84,86
Смык 46706	AA	84,39
Смык 308	AA	83,26
Секрет 8549	AG	80,89
Драчун 90685	AG	77,32
Свитанак 3884	GG	76,69
Сват 3487	GG	72,12
Сталактит 8387	GG	70,58

Животных породы в СГЦ «Заднепровский» с учётом полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств и их продуктивности предлагается дифференцировать на материнские и отцовские линии с раздельной селекцией и различными стандартами (таблица 3).

Таблица 3 – Дифференцирование хряков белорусской крупной белой породы в СГЦ «Заднепровский» на отцовские и материнские линии

Отцовская линия	Материнская линия
Драчун 562	Секрет 8549
Смык 46706	Свитанок 3884
Сябр 202065	Сват 3487
Смык 308	Сталактит 8387

Проведённые исследования позволили разработать комплексную программу совершенствования и использования селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы в базовых племенных предприятиях республики.

Программа включает комплекс селекционно-генетических мероприятий:

- Генетическое тестирование:
 - проведение генетического тестирования свиней белорусской

крупной белой породы по генам-маркерам продуктивных качеств: риа-нодинового рецептора (RYR 1), эстрогенового рецептора (ESR), рецептора H-FABP, инсулиноподобного фактора роста 2 (IGF-2);

- определение частотности аллелей и генотипов генов-маркеров продуктивных качеств свиней белорусской крупной белой породы;

- построение генетических профилей линий и родственных групп свиней белорусской крупной белой породы. На основании данных ДНК-тестирования на каждого основного хряка составляется генетический профиль по генам-маркерам продуктивных качеств. Генетический профиль линии составляется по средним данным всех хряков, входящих в данную линию (родственную группу).

- Анализ результатов тестирования свиней белорусской крупной белой породы по главным генам-маркерам продуктивных качеств:

- определение статуса животного в зависимости от содержания в геноме предпочтительных генотипов и аллелей генов-маркеров продуктивных качеств, а также их продуктивности;

- с учётом выявленного полиморфизма генов-маркеров продуктивных качеств проведение дифференциации хряков породы на отцовские и материнские направления продуктивности. Животных линий, в геноме которых преобладают предпочтительные аллели генов, детерминирующих откормочные и мясные качества, а также имеющих высокие показатели откормочной и мясной продуктивности следует определять как отцовские. Хряков линий, в геноме которых преобладают предпочтительные аллели и генотипы, определяющие воспроизводительные качества и имеющих высокие показатели материнских качеств определять как материнские.

- Разработка планов подбора родительских пар при чистопородном разведении на линейном уровне с учётом направления продуктивности и генетических профилей.

Также с целью проведения оценки животных по комплексу признаков использовать индексные комплексные показатели – индекс воспроизводительных качеств и индекс мясо-откормочных качеств.

- Оценка и отбор ремонтных хрячков продолжателей линий в возрасте 6 месяцев или при достижении живой массы 100 кг. Ремонтных хрячков следует оценивать по росту и развитию с использованием ультразвуковых приборов, определяющих мясность (Piglog-105). Лучших по происхождению и развитию отбирать для ремонта основного стада.

- Постоянный учёт численности основных хряков линий и их возрастного статуса. Сбор зоотехнической информации, проведение экспертной оценки основных хряков и их анализ.

Заключение. Проведена комплексная оценка свиней белорусской

крупной белой породы, разводимых в базовых племенных предприятиях республики с использованием селекционно-генетических методов.

Благодаря результатам генетического тестирования и установленной частоты встречаемости генотипов и аллелей генов-маркеров продуктивных качеств в геноме свиней белорусской крупной белой породы дифференцированы линии на материнские и отцовские.

На основе проведённых исследований разработана комплексная программа совершенствования и использования селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы в племенных свиноводческих предприятиях.

Выполнение комплекса селекционно-генетических мероприятий, входящих в программу, позволит создать единую систему разведения и использования племенных животных в племенных предприятиях, повысить эффективность использования линий и родственных групп при совершенствовании и использовании селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы.

Литература

1. Пат. РФ № 3785 RU. Свины. Белорусская крупная белая / А. М. Бырда, О. Я. Василюк, З. Д. Гильман, А. В. Зеневич, В. А. Лещеня, Н. А. Лобан, Л. М. Матрохина, М. И. Медведько, Т. И. Михайлова, Р. И. Никитенко, И. С. Петрушко, Н. В. Подскрёбкин, В. И. Полянский, Н. А. Попков, М. А. Сидор, З. С. Хаткевич, А. С. Чернов, И. П. Шейко (BY); заявитель и патентообладатель Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – № 9252359; заявл. 14.03.2007 г.; зарег. 28.11.2007 г. в Государственном реестре охраняемых селекционных достижений в ФГУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений».
2. Лобан, Н. А. Достижения белорусских селекционеров / Н. А. Лобан, О. Я. Василюк, А. С. Чернов // Животноводство России. – 2008. - № 3. – С. 33-34.
3. Лобан, Н. А. Крупная белая порода свиней – методы совершенствования и использования : монография / Н. А. Лобан. – Минск : ПЧУП Бизнесофсет, 2004. – 110 с.
4. Степанов, В. И. Достижения популяционной генетики – на службу селекционному процессу / В. И. Степанов, В. А. Коваленко, Н. В. Михайлов // Генетика и селекция животных на Дону. – Ростов-на-Дону, 1987 – С. 12-15.
5. Пат. RU № 2340178 С2, А 01 К 67/02. Способ комплексной оценки репродуктивных качеств свиноматок / Шейко И.П., Лобан Н.А., Василюк О.Я., Петрушко И.С., Чернов А.С., Шейко Р.И.; заявитель и патентообладатель : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – № 2006118083/13; заявл. 26.05.2006; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 34. – 6 с.
6. Пат. BY № 17677 С1, А 01 К 67/02. Способ оценки сочетаемости родительских пар свиней по мясо-откормочным качествам потомков / Шейко И.П., Лобан Н.А., Василюк О.Я., Маликов И.С.; заявитель и патентообладатель : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – № а20100713; заявл. 11.05.2010; опубл. 30.10.2013, Афц. бюл. № 5. – 3 с.
7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 320 с.
8. Роль и значение племенных свиней белорусской крупной белой породы в

свиноводстве Беларуси / О. Я. Василюк [и др.] // Доклады Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, № 2: март - апрель. – С. 247-256. DOI 10.29235/1561-8323-2022-66-2-247-256

9. Генетические профили свиней белорусской крупной белой породы в племенных предприятиях Республики Беларусь / О. Я. Василюк [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 39-49.

Поступила 3.04.2024 г.

УДК 636.2. 034:612.02

Л.В. ГОЛУБЕЦ¹, Ю.А. ЯКУБЕЦ², А.С. ДЕШКО², Е.Л. ГАЙСЕНОК³,
В.В. КАСНИЦКИЙ³

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ЭМБРИОНОВ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КАЧЕСТВА, СТАДИИ РАЗВИТИЯ И СЕЗОНА ГОДА

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

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

³*ОАО «Гастелловское», а.г. Сеница, Республика Беларусь*

В современном молочном и мясном животноводстве использование трансплантации эмбрионов позволяет обеспечивать ускоренное выведение животных с высокими показателями продуктивности, что открывает огромные возможности в разведении и воспроизводстве крупного рогатого скота для повышения эффективности племенной работы. Над повышением уровня результативности данной технологии работают уже одно не десятилетие, однако до сих пор ряд проблем технологического и биологического характера остаётся нерешённым. Целью наших исследований явилось изучение влияния различных паратипических факторов на приживляемость эмбрионов. Работа проводилась в течение 2019-2020 годов в ОАО «Гастелловское» Минского района. В качестве доноров использовались лактирующие полновозрастные коровы и тёлки голштинской породы в возрасте 11-12 месяцев. По результатам исследований установлено 249 стельных реципиентов из 476 эмбриопересадок, что составило 52,3 %. Пересадка эмбрионов в зимний период снижала уровень стельности на 11,0 п.п., 4,9 и 9,2 п.п. по сравнению с весной, летом и осенью соответственно. Наиболее эффективным оказался сентябрь месяц, уровень стельности в котором составил 73,9 %.

Ключевые слова: донор, реципиент, морула, бластоциста, качество, приживляемость.

L.V. GOLUBETS¹, Y.A. YAKUBETS², A.S. DESHKO²,
E.L. GAYSENOK³, V.V. KASNITSKY³

COWS EMBRYO TRANSFER EFFICIENCY DEPENDING ON THEIR QUALITY, STAGE OF DEVELOPMENT AND SEASON OF THE YEAR

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

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

³*JSC "Gastellovskoe", Senitsa agro-town, Republic of Belarus*

In modern dairy and beef cattle breeding, embryo transfer allows for the accelerated breeding of animals with high productivity rates, which provides vast opportunities in breeding and reproduction of cattle to improve the efficiency of breeding work. This technology has been worked on for more than a decade, but still a number of technological and biological problems remain unsolved. The aim of our research was to study the effect of various paratypical factors on embryo survival rate. The work was carried out during 2019-2020 in JSC "Gastellovskoe", Minsk district. Holstein lactating mature cows and heifers aged 11-12 months were used as donors. According to the results of the research, 249 pregnant recipients were identified out of 476 embryo transfers, which amounted to 52.3%. Embryo transfer in winter decreased the pregnancy rate by 11.0 p.p., 4.9 p.p. and 9.2 p.p. compared to spring, summer and fall, respectively. September was the most effective month, with a pregnancy rate of 73.9%.

Keywords: donor, recipient, morula, blastocyst, quality, survival rate.

Введение. В современном молочном и мясном животноводстве использование трансплантации эмбрионов позволяет сохранять и размножать уникальный племенной генофонд, обеспечивать ускоренное выведение животных с высокими показателями продуктивности, что открывает огромные возможности в разведении и воспроизводстве крупного рогатого скота как с целью повышения эффективности племенной работы, так и увеличения средней продуктивности стада в короткие сроки [1].

Углублённые исследования репродуктивной функции животных, её возможная регуляция, микрохирургические манипуляции с зародышами показали, что метод трансплантации является основой ускоренного воспроизводства высокопродуктивных коров [2]. Поэтому практическое применение этого метода в молочном и мясном скотоводстве может обеспечить интенсивное размножение животных с высокой генетической ценностью, ускоренное получение высокоценного племенного молодняка, матерями которого являются выдающиеся родоначальницы

[3]. Путём массовой пересадки эмбрионов малоценным аборигенным животным сельхозпроизводитель уже через 9 месяцев может получить генетически высокоценный молодняк, адаптированный к местной микрофлоре и климатическим условиям местности. Согласно данным Международного общества по трансплантации эмбрионов (International Embryo Transfer Society, IETS), в 2022 году в мире произведено более двух миллионов эмбрионов *in vivo* и *in vitro*, а если быть точнее – 2011480 шт., в т. ч. 394509 эмбрионов *in vivo* (IVD) и 1616971 *in vitro* (IVP), проведено 1558482 эмбриопересадки (368783 – IVD и 1189699 – IVP) [4], что объективно доказывает, важное хозяйственное значение данного направления для отрасли скотоводства как на текущий момент так и на перспективу.

В программах по трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота экономически важными являются максимально возможные значения её результативности, работа над повышением уровня которой длится уже одно не десятилетие. Поводом для этого является ряд нерешённых до сих пор проблем технологического и биологического характера [5]. Так, стимуляция полиовуляции яичников у коровы-донора по-прежнему характеризуются высокой степенью вариабельности яичникового ответа, около одной трети доноров не реагирует на введённые гонадотропины, фиксируется значительная часть нулевых извлечений, по-прежнему присутствует высокий уровень потерь эмбрионов при их нехирургическом извлечении из репродуктивных органов донора, достигающий иногда 30 и более процентов, отмечается не меняющийся за последние десятилетия показатель приживляемости свежеполученных эмбрионов после их пересадки реципиентам и находящийся в пределах 55-60 %, и ещё более низкий уровень приживляемости замороженных эмбрионов, трансплантированных после их оттаивания – 45-50 %. Поэтому в мировом научном сообществе по-прежнему большое внимание уделяется изучению вопросов, направленных на повышение эффективности рассматриваемой технологии, однако проведённые и проводимые до настоящего времени исследования не привели к её ощутимому улучшению, что и определяет актуальность данной темы.

Целью наших исследований явилось изучение влияния различных паратипических факторов на приживляемость эмбрионов.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в ОАО «Гастелловское» Минского района в 2019-2020 годах. В качестве доноров использовались лактирующие полновозрастные коровы и тёлки голштинской породы в возрасте 11-12 месяцев. Суперовуляцию вызывали по классической схеме путём 10-кратной внутримышечной инъекции фолликулостимулирующего гормона Плюсета в сочетании с

аналогом простагандина F_{2α} эстрофан. Извлекали эмбрионы на 6-8-й дни после первого осеменения с использованием катетеров «Нойштадт» и фосфатно-солевого буфера Дюльбекко. Поиск, оценку качества и стадию развития эмбрионов проводили под микроскопом «Olympus» 61Z при 20- и 90-кратном увеличении соответственно. Пересадку проводили тёлкам-реципиентам в возрасте 14-16 месяцев с синхронизированным половым циклом по отношению к донорам.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В таблице 1 приведены результаты работы по трансплантации эмбрионов за двухлетний период. За это время было проведено 476 эмбриопересадок, в том числе 379 пересадок свежими эмбрионами и 97 – заморожено-оттаянными. По результатам обследования установлено 249 стельных реципиентов, что составило 52,3 %. При этом после пересадки свежих эмбрионов стельными оказались 209 голов или 55,1 %, что на 14,9 п.п. выше по сравнению с пересадкой заморожено-оттаянных – 40,2 % (39 голов).

Таблица 1 – Эффективности трансплантации эмбрионов в целом

Показатели		
Проведено пересадок всего, n		476
в том числе	свежих эмбрионов, n	379
	заморожено-оттаянных, n	97
Стельных реципиентов, n		249
в том числе	после пересадки свежих эмбрионов, n	209
	после пересадки заморожено-оттаянных, n	39
Уровень стельности, %		52,3
в том числе	после пересадки свежих эмбрионов,	55,1
	после пересадки заморожено-оттаянных	40,2

Качество и стадия развития эмбрионов являются одними из тех критериев, которые во многом определяют последующую эффективность их трансплантации реципиентам. В таблице 2, приведённой ниже, представлены результаты эффективности трансплантации эмбрионов в зависимости от их качества и стадии развития. Как показывает их анализ, уровень приживляемости эмбрионов отличного качества составил 58,0 %, что на 4,6 п.п. выше по сравнению с трансплантацией эмбрионов хорошего качества и на 18,4 п.п. выше по сравнению с эмбрионами удовлетворительного качества. Уровень стельности реципиентов после пересадки бластоцист в целом оказался выше по сравнению с приживляемостью морул на 9,4 п.п., при этом приживляемость бластоцист отличного качества, в целом, оказалась выше приживляемости морул аналогичного качества на 3 п.п., уровень стельности после трансплантации хороших бластоцист превышал аналогичный показатель хороших по

качеству морул на 6,5 п.п., а бластоцисты удовлетворительного качества превышали уровень приживляемости морул удовлетворительного качества на 18,7 п. п.

Таблица 2 – Взаимовлияние качества и стадии развития эмбрионов на эффективность их трансплантации

Качество и стадия развития эмбрионов		Количество пересадок, n	Стельных реципиентов, n	Уровень стельности, %	
отличное	Мо II	108	61	56,5	
	Бл, всего	111	66	59,5	
	в том числе	Бл I	13	6	46,1
		Бл II	48	28	58,3
		Бл III	35	25	71,4
		Бл IV	11	6	54,5
Бл V	4	1	25,0		
Итого		219	127	58,0	
хорошее	Мо II	110	57	51,8	
	Бл, всего	36	21	58,3	
	в том числе	Бл I	15	10	66,7
		Бл II	15	8	53,3
		Бл III	6	3	50,0
		Бл IV	-	-	-
Бл V		-	-	-	
Итого		146	78	53,4	
удовлетворительное	Мо II	81	28	34,6	
	Бл, всего	30	16	53,3	
	в том числе	Бл I	9	7	77,8
		Бл II	12	6	50,0
		Бл III	7	3	42,9
		Бл IV	1	-	-
Бл V		1	-	-	
Итого		111	44	39,6	

Примечание: *Мо II- морула поздняя, Бл I – бластоциста ранняя, Бл II – бластоциста поздняя, Бл III – бластоциста экспандированная, Бл IV – бластоциста сильно экспандированная, Бл V – бластоциста вышедшая из зоны пеллюцида.

Приживляемость морул отличного качества превышала приживляемость морул хорошего качества на 4,9 п. п., а морул удовлетворительного качества – на 22,1 п. п. Среди бластоцист в среднем более низкий показатель оказался у бластоцист удовлетворительного качества, который составил 53,3 %, что на 6,2 ниже по сравнению с бластоцистами отличного качества и на 5 п. п. по сравнению с бластоцистами хорошего качества. Среди бластоцист разных стадий развития и качества

наиболее высокий результат приживляемости отмечен у экспандированных blastocyst отличного качества с показателем 71,4 % и ранних blastocyst удовлетворительного качества с уровнем приживляемости 77,8 %, что выше по сравнению с другими стадиями развития и качеством на 4-46,4 и 11,1-52,8 п.п. соответственно.

Как было установлено hfytt, на эффективность метода оказывает влияние ряд факторов, как внутреннего характера, связанного непосредственно с самим животным, его физиологией и эмбрионом, так и внешнего, связанного с окружающей средой и так или иначе влияющих на физиологию животного [6].

Климатические условия на уровнях, выходящих за пределы комфортного состояния животного, дестабилизируют его физиологические параметры и приводят к тепловому стрессу [7], а следовательно, к снижению продуктивности и оплодотворяемости. В ряде исследований сообщалось о сильном сезонном влиянии на выход и качество эмбрионов у крупного рогатого скота [6, 8, 9].

Анализ полученных нами данных исследований показывает, что более низкие результаты по приживляемости эмбрионов были получены зимой – 46,7 % против 57,7 %, 51,6 и 55,8 % весной летом и осенью соответственно. Самый высокий уровень стельности отмечен в сентябре – 73,9 % (34/46). Выше пятидесяти процентов получен результат в апреле, мае, июне и октябре – 66,7 % (6/9), 57,1 % (8/14), 58,4 % (45/77) и 56,4 % (22/39) соответственно. Трансплантация эмбрионов в марте снизила их имплантацию на 8,6-40,6 п.п. Весной наиболее успешными были пересадки в апреле и мае (66,7 и 57,1 %), летом – в июне (58,4 %), осенью – в сентябре и октябре (73,9 и 56,4 %), зимой – в декабре (47,9 %).

Разработка метода долговременного хранения зародышей при низких температурах открыла новые аспекты в технологии трансплантации эмбрионов, а именно: расширила возможности использования лучших мировых генетических ресурсов, представила возможность при отсутствии реципиентов на некоторое время (до их появления) сохранять эмбрионы в криобанке, появилась возможность сохранения генофонда редких и исчезающих пород, внесла в работу по трансплантации элемент планирования, устранила необходимость в содержании больших стад или групп реципиентов [10, 11].

В таблице 3, приведённой ниже, представлены результаты криоконсервации эмбрионов на разных стадиях развития. Анализ представленных данных показывает, что уровень приживляемости заморожено-оттаянных морул снижается по сравнению со свежими на 8,4 п. п., а заморожено-оттаянных blastocyst по сравнению со свежими – на 27 п.п.

Приживляемость заморожено-оттаянных морул была на 6,5 п.п. выше по сравнению с заморожено-оттаянными бластоцистами. Среди бластоцист наиболее высокие показатели приживляемости показали ранние бластоцисты (БлI) – 50,0 %, что выше по сравнению с поздними бластоцистами (БлII) на 11,9 п.п. и экспандированными (БлIII) на 37,5 п.п. По сравнению со свежими заморожено оттаянные бластоцисты снизили приживляемость следующим образом: ранние бластоцисты – на 17,7 п.п., поздние – на 24,9, экспандированные – на 62,5 п.п.

Таблица 3 – Сравнительная эффективность трансплантации свежих и заморожено-оттаянных эмбрионов

Показатели		Количество пересадок, п	Стельных реципиентов, п	Уровень стельности, %	
Морулы поздние					
свежие		238	120	50,4	
заморожено-оттаянные		61	26	42,6	
Бластоцисты					
свежие, всего		141	89	63,1	
заморожено-оттаянные, всего		36	13	36,1	
из них	Бл I	свежие	31	21	67,7
		заморожено-оттаянные	6	3	50,0
	Бл II	свежие	54	34	63,0
		заморожено-оттаянные	21	8	38,1
	Бл III	свежие	40	30	75,0
		заморожено-оттаянные	8	1	12,5

Заключение. Пересадка эмбрионов отличного качества позволяет повысить уровень стельности на 4,6 и 18.4 п.п. по сравнению с эмбрионами хорошего и удовлетворительного качества. Уровень приживляемости бластоцист на 9,4 п.п. выше по сравнению с морулами.

Пересадка эмбрионов в зимний период снижала уровень стельности на 11,0 п.п., 4,9 и 9,2 п.п. по сравнению с весной, летом и осенью соответственно. Наиболее эффективным оказался сентябрь месяц, уровень стельности в котором составил 73,9 %.

Уровень приживляемости свежих эмбрионов оказался на 14,9 п.п. выше по сравнению с пересадкой заморожено-оттаянных – 55,1 %

против 40,2 %. Имплантация деконсервированных морул снижается по сравнению со свежими на 8,4 п.п., а бластоцист – на 27,0 п.п. Уровень стельности после трансплантации заморожено-оттаянных морул повышается по сравнению с бластоцистами на 6,5 п.п.

Литература

1. Development of bovine embryos derived from reproductive techniques / M. L. V. Alberto [et al.] // *Reproduction fertility and development*. – 2013. – Vol. 25(6). – P. 907-917. DOI: 10.1071/RD12092.
2. Gadisa, M. Review on embryo transfer and its application in animal production / M. Gadisa, W. Furgasa, M. Duguma // *Asian Journal of Medical Science Research*. – 2019. – Vol. 1(1). – P. 4-12.
3. Gordon, I. *Reproductive technologies in farm animals* / I. Gordon ; University College. – 2nd Edition. – Dublin, 2017. – 350 p.
4. Viana, J. H. M. Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. The main trends for the world embryo industry still stand / J. H. M. Viana // *Embryo Technology Newsletter*. – 2023. – Vol. 41(4).
5. Bó, G. A. Strategies to increment in vivo and in vitro embryo production and transfer in cattle / G. A. Bó, A. Cedeño, R. J. Mapletoft // *Anim. Reprod.* – 2019. – Vol. 16. – P. 411–422. DOI: 10.21451/1984-3143-AR2019-0042
6. The effect of internal and external factors on bovine embryo transfer results in a tropical environment / B. Béneyei [et al.] // *Anim. Reprod. Sci.* – 2006. – Vol. 93. – P. 268–279. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2005.07.012
7. Molina-Coto, R. El estrés calórico afecta el comportamiento reproductivo y el desarrollo embrionario temprano en bovinos / R. Molina-Coto // *Nutr. Anim. Trop.* – 2017. – Vol. 11(1):1. DOI: 10.15517/nat.v11i1.28280
8. Bastidas, P. Seasonal effects on embryo transfer results in Brahman cows / P. Bastidas, R. D. Randel // *Theriogenology*. – 1987. – Vol. 28. – P. 531–540. DOI: 10.1016/0093-691X(87)90258-5
8. Seasonal effect on zebu embryo quality as determined by their degree of apoptosis and resistance to cryopreservation / Y. C. Marquez [et al.] // *Reprod. Domest. Anim.* – 2005. – Vol. 40. – P. 553–558. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2005.00632.x.
10. Arav, A. Cryopreservation of oocytes and embryos / A. Arav // *Theriogenology*. – 2014. – Vol. 81(1). – P. 96–102. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.09.011.
11. Gordon, I. *Reproductive technologies in farm Animals* / I. Gordon // *In vitro embryo production*. – 2nd ed. – Cambridge : CABI Pub, 2017. – P. 100–101.

Поступила 19.02.2024

Л.В. ГОЛУБЕЦ¹, Ю.А. ЯКУБЕЦ², А.С. ДЕШКО², Е.Л. ГАЙСЕНОК³,
В.В. КАСНИЦКИЙ³

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ЭМБРИОНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КАТЕГОРИИ ДОНОРА И БЫКА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОСЕМЕНЕНИЯ

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

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

³*ОАО «Гастелловское», а.г. Сеница, Республика Беларусь*

Одной из задач трансплантации эмбрионов является размножение потомства выдающихся родителей с целью отбора среди них и последующего размножения потомков ещё более высокого качества. В представленном материале изложены результаты исследований по изучению влияния категории донора (корова или телка) и быка-производителя на эффективность трансплантации эмбрионов. Установлено, что уровень приживляемости эмбрионов, полученных от коров и тёлочек, практически не отличался и составил 51,7 и 50 % соответственно. В отличие от коров, у которых уровень стельности не зависел от стороны пересадки, трансплантация эмбрионов у тёлочек оказалась более эффективной при их переносе в правый рог по сравнению с левым на 16,6 п. п. Приживляемость эмбрионов на стадии морулы от коров была выше при их пересадке в левый рог на 4,7 п. п., в то время как у тёлочек она была на 14,7 п. п. выше в правом роге. Приживляемость blastocyst, полученных как от коров, так и от тёлочек, оказалась выше при их трансплантации в правый рог. Уровень приживляемости эмбрионов снижался по мере снижения их качества независимо ни от донора, ни от рога, в который они пересаживались. В целом уровень стельности в зависимости от быка колебался от 20 до 80 %. Отмечена достаточно высокая вариабельность по приживляемости эмбрионов от доноров, которые осеменялись одними и теми же быками.

Ключевые слова: донор, реципиент, морула, blastocyst, качество, приживляемость, бык, рог, телка, корова.

L.V. GOLUBETS¹, Y.A. YAKUBETS², A.S. DESHKO²,
E.L. GAYSENOK³, V.V. KASNITSKY³

EFFICIENCY OF TRANSFER OF EMBRYOS OBTAINED DEPENDING ON THE CATEGORY OF DONOR AND BULL, USED FOR INSEMINATION

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

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

³*JSC "Gastellovskoe", Senitsa agro-town, Republic of Belarus*

One of the objectives of embryo transfer is to reproduce the offspring of outstanding parents in order to select among them and subsequently reproduce offspring of even higher quality. The presented material contains the results of research on the influence of the category of donor (cow or heifer) and stud bull on the efficiency of embryo transfer. It was found that the survival rate of embryos obtained from cows and heifers was practically the same and amounted to 51.7 and 50%, respectively. In contrast to cows, in which the pregnancy rate did not depend on the side of transfer, embryo transfer in heifers was more effective when transferred to the right horn compared to the left one by 16.6 p.p. The survival rate of embryos at the morula stage from cows was 4.7 p.p. higher when transferred to the left horn, while in heifers it was 14.7 p.p. higher in the right horn. The survival rate of blastocysts obtained from both cows and heifers was higher when transferred to the right horn. The survival rate of embryos decreased as their quality declined, regardless of either the donor or the horn into which they were transferred. Overall, pregnancy rates ranged from 20 to 80% depending on the bull. There was quite a high variability in the survival rate of embryos from donors inseminated by the same bulls.

Keywords: donor, recipient, morula, blastocyst, quality, survival rate, bull, horn, heifer, cow.

Введение. Одним из аспектов, имеющих решающее влияние на рост продуктивности молочного скота за счёт генетического фактора, является качество используемых при искусственном осеменении быков. В свою очередь высокое качество быков обеспечивается подбором родителей и последующим отбором лучших по продуктивности дочерей. Как правило, для получения одного быка с требуемыми качественными характеристиками необходимо провести до 20 целенаправленных спариваний. С помощью же трансплантации эмбрионов необходимое количество приплода для отбора бычков можно получить от одной коровы-донора, тем самым увеличивая селекционное давление среди матерей быков в 20 и более раз. Поэтому одной из задач трансплантации эмбрионов является размножение потомства выдающихся

родителей с целью отбора среди них и последующего размножения потомков ещё более высокого качества. Таким образом, пересадка эмбрионов является системным биотехническим методом ускорения селекционного процесса по совершенствованию скота в ряде поколений.

В мировом научном сообществе большое внимание уделяется изучению эффективности рассматриваемой технологии, однако научные исследования до настоящего времени не привели к её ощутимому улучшению. Как правило, на гормональную обработку не реагирует до 15-20 % животных, выход качественных эмбрионов в расчёте на донора по-прежнему не превышает 5-6, а уровень приживляемости после их пересадки реципиенту – 55-60 %. Для рождения живого здорового телёнка необходимы следующие условия: овуляция яйцеклетки, способной к оплодотворению; наличие в половых путях сперматозоида, способного её оплодотворить; формирование эмбриона с признаками, наследуемыми от сперматозоида и яйцеклетки, которые позволяют ему развиваться; репродуктивного тракта, способного поддерживать транспорт гамет, зачатие и развитие эмбриона. Отсутствие хотя бы одного из этих составляющих приводит или к прохолосту, или же к эмбриональной смертности. Так, по данным ряда авторов [1, 2, 3], в результате ановуляции или ранней эмбриональной смертности потеря стельности у молочных коров колебалась от 3,4 до 6,7 %, а в условиях температурного стресса это показатель увеличивался до 12,4 % [4]. Анализ результатов исследований по данной проблеме разных авторов, проведенный М.С. Wiltbank et.al., показал, что по не установленным до конца причинам в термонейтральных условиях не оплодотворяется до 18 % яйцеклеток лактирующих коров, а эмбриональная смертность к 6-8 дню развития оценивается в 39 % [5]. Казалось бы, что пересадка эмбрионов в возрасте 7-8 дней поможет устранить проблемы, ответственные за прохолост и эмбриональную смертность, свойственные для искусственного осеменения или случки, в том числе вызванными врожденными дефектами гамет или эмбрионов. Однако, как показывает практика, около 25–40 % эмбриональных потерь приходится на первые несколько дней после пересадки [6], что характеризовалось перегулом тёлоч-реципиентов в пределах полового цикла, через 20–22 дня. Считается, что эмбриональная смертность происходит между 7 и 17 днями [2, 7]. Также отмечается потеря стельности между 28 и 98 днями после пересадки. Её величина может достигать от 7 до 33 % [4, 8]. В ряде исследований [9, 10, 11] пристальное внимание уделялось влиянию категории донора эмбрионов (корова или телка) как потенциальному фактору, влияющему на сохранение беременности реципиентов, особенно при работе с самками голштинской породы. По результатам исследований установлено, что у

реципиентов, получавших эмбрионы от коров-доноров, наблюдались лучшие результаты стельности по сравнению с эмбрионами, полученными от тёлочек. Эти данные контрастируют с другими исследованиями, в которых не было установлено различий в выживаемости эмбрионов между эмбрионами, полученными от лактирующих и не лактирующих доноров [11, 12]. Вышесказанное определяет необходимость и актуальность проведения исследований, направленных на выработку целостного, системного подхода к совершенствованию технологии на основании изучения вопросов, связанных с применением отдельных технологических приемов, опирающихся на современные научные знания, позволяющие в итоге достигать максимально возможных значений результативности и тем самым решать задачи повышения эффективности технологии трансплантации эмбрионов крупного рогатого скота в целом.

Целью настоящих исследований явилось изучение влияния на эффективность трансплантации эмбрионов категории донора (корова или тёлка) и быка-производителя, используемого для осеменения.

Материалы и методы исследований. В качестве доноров использовались лактирующие полновозрастные коровы и тёлки голштинской породы в возрасте 11-12 месяцев. Суперовуляцию вызывали путём внутримышечной инъекции фолликулостимулирующего гормона «Плюсет» на протяжении 5 дней дважды в день с 12-часовым интервалом между инъекциями в сочетании с аналогом простагландина $F_{2\alpha}$ эстрофан на третий день гормональной обработки. Извлекали эмбрионы на 6-8 дни после первого осеменения с использованием катетеров «Нойштадт» и фосфатно-солевого буфера Дюльбекко с добавлением 50 мкг/мл гентомицина и 1%-ной эмбриональной сыворотки крупного рогатого скота. Поиск, оценку качества и стадию развития эмбрионов проводили под микроскопом Olympus 61Z при 20- и 90-кратном увеличении соответственно. Пересадку проводили тёлкам-реципиентам в возрасте 14-16 месяцев с синхронизированным половым циклом по отношению к донорам.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В таблице 1 отражены результаты исследований по изучению эффективности трансплантации эмбрионов в зависимости от донора, стадии развития и рога, в который пересажен эмбрион. Как показывает анализ представленных данных, результаты пересадки эмбрионов у коров практически не зависели от стороны пересадки: 51,1 % стельностей в левом роге и 52,2 % в правом. В то же время у тёлочек пересадки эмбрионов в левый рог оказались на 16,6 п. п. эффективней. Сравнительный анализ уровня приживляемости между коровами и тёлками показал, что пересадка эмбрионов в левый рог у коров оказалась на 10,5 п. п. выше по сравнению с аналогично

пересадкой тёлкам, в то время как при трансплантации эмбрионов в правый рог уровень стельности оказался выше у тёлочек на 4,9 п. п. Уровень приживляемости морул у коров оказался выше на 4,7 п. п. в левом роге по сравнению с правым, в то время как у тёлочек уровень стельности в левом рогу оказался на 14,4 п. п. ниже по сравнению с правым. При трансплантации blastocyst более успешной, как у коров так и у тёлочек, оказалась трансплантация зародышей в правый рог – 56,1 % против 46,1 % у коров и 66,7 % против 45,4 % у тёлочек.

Таблица 1 – Эффективность пересадки эмбрионов в зависимости от донора и стадии их развития

Донор	Рог пересадки	Стадия развития	Количество пересадок, п	Стельных реципиентов, п	Уровень стельности, %	
Корова	левый	всего	100	51	51,0	
		из них	Мо	61	33	54,1
			Бл	39	18	46,1
	правый	всего	136	71	52,2	
		из них	Мо	79	39	49,4
			Бл	57	32	56,1
Итого			236	122	51,7	
Тёлка	левый	всего	37	15	40,5	
		из них	Мо	26	10	38,5
			Бл	11	5	45,4
	правый	всего	49	28	57,1	
		из них	Мо	34	18	52,9
			Бл	15	10	66,7
Итого			86	43	50,0	

Таким образом, в целом эффективность трансплантации эмбрионов, полученных от коров, не зависела от того, в какой рог они пересаживались, в то время как от тёлочек эмбрионы приживлялись лучше в правом роге. Морулы от коров оказались более жизнеспособными в левом роге, а blastocyst – в правом. От тёлочек наоборот уровень приживляемости морул была выше в правом роге, а blastocyst – в левом.

В таблице 2 представлены результаты исследований по изучению взаимовлияния качества эмбрионов, рога, в который они пересаживались, и донора, от которого они получены. Представленные данные говорят о том, что уровень приживляемости эмбрионов, независимо от донора, от которого они получены и в какой рог они переносились, снижался по мере снижения качества зародышей: у коров их приживляемость при пересадке в левый рог снижалась с 54,8 (отличные) до 42,8 %

(удовлетворительные), при пересадке в правый – с 58,2 до 44,4 % соответственно. У тёлоч при пересадке в левый рог приживляемость снижалась с 55,5 до 0 %. При пересадке в правый рог эмбрионы отличного и хорошего качества показали примерно одинаковый результат – 62,5 и 63,6 %, а приживляемость эмбрионов удовлетворительного качества снижалась до 42,9 %. В целом эмбрионы, удовлетворительные по качеству, независимо от того, в какой рог они пересажены и от какого донора они получены, оказались ниже по сравнению на с эмбрионами отличного и хорошего качества – 0-44,4 против 50,0-63,6 % соответственно.

Таблица 2 – Эффективность пересадки эмбрионов в зависимости от донора и их качества

Донор	Рог пересадки	Качество эмбрионов	Количество пересадок	Стельных реципиентов, п	Уровень стельности, %
Корова	левый	отличные	42	23	54,8
		хорошие	30	16	53,3
		удовлетворительные	28	12	42,8
	правый	отличные	55	32	58,2
		хорошие	53	28	52,8
		удовлетворительные	28	11	44,4
Тёлка	левый	отличные	18	10	55,5
		хорошие	10	5	50
		удовлетворительные	9	-	-
	правый	отличные	24	15	62,5
		хорошие	11	7	63,6
		удовлетворительные	14	6	42,9

Результат пересадки эмбрионов, полученных от коров, не изменялся от того, в какой рог они пересаживались, в то время как эмбрионы, полученные от тёлоч, показали более высокую приживляемость при их пересадке в правый рог на 7,0-42,9 п. п. Анализ уровня приживляемости проводился среди быков-производителей, спермой которых было оплодотворено не менее пяти доноров. Данные таблиц 3 и 4 показывают, что уровень приживляемости колебался в зависимости от быка от 20 % (бык № 750782) до 80 % (бык 400840). Среди быков, спермой которых было осеменено свыше 10 доноров, уровень стельности составил от 28,6 % (бык № 750811) до 72,7 % (бык 750749).

Таблица 3 – Влияние быка-производителя на уровень стельности

№ п/п	бык	Количество пересадок, п	Стельных реципиентов, п	Уровень стельности, %
1	750749	11	8	72,7
2	750808	25	17	68,0
3	750783	15	10	66,7
4	750873	14	9	64,3
5	750763	46	29	63,0
6	750717	39	20	51,3
7	750746	61	31	50,8
8	500781	65	32	49,2
9	750810	54	26	48,1
10	750871	23	11	47,8
11	750880	16	7	43,8
12	750809	14	5	35,7
13	750701	34	10	29,4
14	750811	14	4	28,6
15	400840	5	4	80,0
16	750875	9	7	77,8
17	750874	5	3	60,0
18	750718	9	3	33,3
19	750870	6	2	33,3
20	750757	9	3	33,3
21	500727	8	2	25,0
22	750782	5	1	20,0

Таблица 4 – Влияние быка-производителя на приживляемость эмбрионов, полученных от коров и тёлки

Инд. номер быка	Доноры эмбрионов					
	коровы			телки		
	количество пересадок	стельных реципиентов	уровень стельности	количество пересадок	стельных реципиентов	уровень стельности
750746	40	21	52,5	20	10	50,0
750763	38	23	60,5	4	4	100
750812	37	21	56,8	11	4	36,4
750757	13	5	38,5	4	2	50,0
750871	15	12	80,0	26	9	34,6
750873	9	6	66,7	6	4	66,7

Таким образом, разница составляла от 44,1 до 60 п. п. Два быка (750746 и 75083) показали практически одинаковые результаты как у

коров, так и у тёлочек, - 52,5 %, 50,0 и 66,7 %. У двух быков 750763 и 750757 отмечено снижение уровня приживляемости эмбрионов, полученных от коров, по сравнению с эмбрионами, полученными от тёлочек, на 33,6 и 11,5 п. п. соответственно. И два быка показали более высокую приживляемость эмбрионов, полученных от коров, по сравнению с эмбрионами, полученными от тёлочек. Разница составила 20,4 п. п. (бык № 750812) и 45,4 п. п. (бык № 750871).

Заключение. Таким образом, эффективность трансплантации эмбрионов, полученных от коров и тёлочек, практически не отличалась – 51,7 и 50,0 % соответственно. При этом пересадка эмбрионов, полученных от тёлочек, в правый рог, в отличие от коров, оказалась более эффективной по сравнению с пересадкой в левый на 16,6 п. п. Приживляемость эмбрионов на стадии морулы от коров была выше при их пересадке в левый рог на 4,7 п. п., в то время как у тёлочек она была на 14,7 п. п. выше в правом роге. Приживляемость blastocysts, полученных как от коров, так и от тёлочек, оказалась выше при их трансплантации в правый рог. Уровень приживляемости эмбрионов снижался по мере снижения их качества независимо ни от донора, ни от рога, в который они пересаживались. Уровень приживляемости эмбрионов от тёлочек, в отличие от коров, при пересадке в правый рог независимо от качества был более высоким.

Установлено влияние быка-производителя на уровень приживляемости эмбрионов. В целом уровень стельности в зависимости от быка колебался от 20 до 80 %.

Литература

1. Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows / A. Valenza [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2012. – Vol. **95**. – P. 7115–7127. – DOI: 10.3168/jds.2012-5639.
2. Donor category and seasonal climate associated with embryo production and survival in multiple ovulation and embryo transfer programs in Holstein cattle / L. M. Vieira [et al.] // *Theriogenology*. – 2014. – Vol. **82**(2). – P. 204-212. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2014.03.018.
3. Hansen, P. J. The incompletely fulfilled promise of embryo transfer in cattle – why aren't pregnancy rates greater and what can we do about it? / P. J. Hansen // *J. Anim. Sci.* – 2020. – Vol. **98**(11): skaa288. – DOI: 10.1093/jas/skaa288.
4. López-Gatius, F. Approaches to increase reproductive efficiency in artificially inseminated dairy cows / F. López-Gatius // *Anim. Reprod.* – 2013. – Vol. **10**, no 3. – P. 143-147.
5. Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows / M. C. Wiltbank [et al.] // *Theriogenology*. – 2016. – Vol. **86**(1). – P. 239-253. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.04.037.
6. Santos, J. The effect of embryonic death rates in cattle on the efficacy of estrus synchronization programs / J. Santos, W. Thatcher, R. Chebel // *Anim. Reprod. Sci.* – 2004. – Vol. **83**. – P. 513-535. – DOI: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.015.
7. Manipulation of ovarian and uterine function to increase conception rates in cattle / M. Binelli [et al.] // *Reprod. Dom Anim.* – 2012. – Suppl. 4. – P. 134–141. – DOI: 10.1111/j.1439-

0531.2012.02067.x.

8. Pregnancy losses in cattle: potential for improvement / M. G. Diskin [et al.] // *Reproduction, Fertility and Development*. – 2016. – Vol. 28. – P. 83–93. – DOI: 10.1071/RD15366.

9. Hasler, J. F. Factors affecting frozen and fresh embryo transfer pregnancy rates in cattle / J. F. Hasler // *Theriogenology*. – 2001. – Vol. 56(9). – P. 1401-1415. – DOI: 10.1016/s0093-691x(01)00643-4.

10. Effect of donor - embryo-recipient interactions on pregnancy rate in large-scale bovine embryo transfer program / J. F. Hasler [et al.] // *Theriogenology*. – 1987. – Vol. 27. – P. 139-168. – DOI:10.1016/0093-691X(87)90075-6

11. Chebel, R. C. Metzger Factors affecting success of embryo collection and transfer in large dairy herds / R. C. Chebel, D. G. B. Demétrio, J. Metzger // *Theriogenology*. – 2008. – Vol. 69. – P. 98-106. – DOI: 10.1016/j.theriogenology.2007.09.008.

12. Influence of lactation on metabolic characteristics and embryo development in postpartum Holstein dairy cows / V. Maillou [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2012. – Vol. 95. – P. 3865-3876. – DOI: 10.3168/jds.2011-5270.

Поступила 19.02.2024 г.

УДК 636.2.034:612.02

Л.Л. ЛЕТКЕВИЧ, В.П. СИМОНЕНКО, А.И. ГАНДЖА,
И.В. КИРИЛЛОВА, Е.Д. РАКОВИЧ, Н.В. ЖУРИНА,
М.А. КОВАЛЬЧУК

РАЗВИТИЕ ЯЙЦЕКЛЕТОК КОРОВ ПОСЛЕ ПРОЦЕДУРЫ ИКСИ

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

Метод ИКСИ (интрацитоплазматическая инъекция сперматозоида) – важный этап вспомогательной репродуктивной технологии для преодоления тех или иных причин бесплодия. Однако эффективность этой методики на сельскохозяйственных животных, в частности коров, остаётся низкой. В этой связи изучение способности яйцеклеток коров к дальнейшему развитию после процедуры ИКСИ актуально. Входе исследований установлено, что жизнеспособность клеток после проведения процедуры микроинъекции спермия обеспечивается введением сперматозоида непосредственно в оолему яйцеклетки с положением первого полярного тельца на 6 или 12 часов. Аспирация в микроиглу производится головкой вперед, а значит транспортировка в оолему после перфорации оболочки хвостовой частью мужской гаметы. Угол изгиба микропипетки в дистальной её части должен составлять 25-30 °. В целом из 52 яйцеклеток в опыте получено 6 дробящихся клеток, что составило 11,5 % от всех результатов микроинъекций. Соблюдение указанных технических параметров процедуры интрацитоплазматической инъекции сперматозоидов позволяет

сохранить жизнеспособность 19,2% прооперированных яйцеклеток, обладающих потенцией к оплодотворению и последующему дроблению.

Ключевые слова: ИКСИ (интрацитоплазматическая инъекция сперматозоида), микроигла, микроприсоска, микроманипулятор, микроинъекция, яйцеклетка, спермий, оплодотворение, дробление.

L.L. LETKEVICH, V.P. SIMONENKO, A.I. GANDZHA,
I.V. KIRILLOVA, E.D. RAKOVICH, N.V. ZHURINA,
M.A. KOVALCHUK

DEVELOPMENTAL POTENCY OF COW OOCYTES AFTER ICSI PROCEDURE

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

ICSI (intracytoplasmic sperm injection) is an important step in assisted reproductive technology to overcome the causes of infertility. However, the effectiveness of this technique on farm animals, particularly cows, remains low. In this regard, the study of developmental potency of cow oocytes after the ICSI procedure is relevant. Studies have revealed that cell viability after sperm microinjection procedure is ensured by injection of sperm directly into the oolemma of the oocyte with the position of the first polar body at 6 or 12 o'clock. Aspiration into the microneedle is performed with the head forward, hence transportation to the oolemma after perforation of the membrane is performed with the tail part of the male gamete. The bending angle of the micropipette in its distal part should be 25-30°. A total of 6 dividing cells were obtained from 52 oocytes in the experiment, representing 11.5% of all successful microinjections. Compliance with the specified technical parameters of the procedure of intracytoplasmic sperm injection allows preserving the viability of 19.2% of the operated oocytes with the potency for fertilization and subsequent division.

Keywords: ICSI (intracytoplasmic sperm injection), microneedle, microsuction cup, micromanipulator, microinjection, oocyte, sperm, fertilization, division.

Введение. Первое сообщение о формировании пронуклеусов после ИКСИ (интрацитоплазматическая инъекция сперматозоида) у млекопитающих получено в гаметях хомяков [1]. В 1992 году родился первый ребёнок, зачатый путём инъекции спермия в яйцеклетку [2]. С тех пор метод ИКСИ стал важным этапом вспомогательной репродуктивной технологии человека во всём мире для преодоления тех или иных причин бесплодия. После этого достижения метод ИКСИ начали использовать на других видах млекопитающих [3, 4, 5], включая крупный рогатый скот [4]. Однако, несмотря на усилия многих учёных по всему миру, эффективность этой методики на сельскохозяйственных животных остаётся низкой. Наименьшая степень оплодотворения после

процедуры ИКСИ была достигнута у коров по сравнению с другими видами сельскохозяйственных животных [6, 7]. Рядом учёных удалось достигнуть улучшения показателей оплодотворения после ИКСИ различными методами искусственной активации, как яйцеклеток, так и спермиев, но при этом уровень развития эмбрионов до преимплантационных стадий остался критически низким [8, 9]. Таким образом, важно определить критические моменты самой процедуры ИКСИ, условия и параметры активации половых клеток для улучшения показателей созревания ооцитов, их оплодотворения и дальнейшего развития. Также важно определить влияние отдельных условий и элементов выполнения процедуры на её эффективность.

В этой связи цель работы заключалась в изучении способности яйцеклеток коров к дальнейшему развитию после процедуры ИКСИ.

Материал и методика исследований. Исследования проведены в лаборатории молекулярной биотехнологии и ДНК-тестирования РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» в 2023 году.

Отбор ооцитов и сперматозоидов крупного рогатого скота для интрацитоплазматической инъекции проводили согласно разработанным нами критериям [10, 11]. В микроиглу, соединённую с микроманипулятором, через держатель помещали спермий. Инъекционную иглу, несущую сперматозоид, располагали в поле зрения инвертированного микроскопа напротив микроприсоски в положении 3 часов. Яйцеклетку фиксировали микроприсоской в капле среды под микроскопом. Инструмент, контактирующий с яйцеклеткой, располагали в положении 9 часов. Вводили сперматозоид в цитоплазму или под оболочку яйцеклетки с наличием полярного тела на 6 или 12 часов, после чего микроиглу убиралась, а яйцеклетка в среде для культивирования помещалась в CO₂-инкубатор. Эффективность проведенной процедуры определяли по наличию перетяжки или двух и более бластомеров.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Всего проведено 46 попыток микроинъекций, из них 33 технически результативных операций по пересадке спермия в яйцеклетку (таблица 1). Остальные операции оказались неэффективными, в процессе выполнения перфорации оболочки произошло её повреждение и вытекание ооплазмы в культуральную среду.

Пересадка спермия под оболочку в перивителлиновое пространство произведена 15 яйцеклеткам, а в центральную часть оолеммы через прокол оболочки – 18. Известно, что результативность интрацитоплазматической инъекции зависит от положения первого полярного тельца относительно оси координат. Нами проведены инъекции с положением

полярного тельца на 6 часов у 13 яйцеклеток, из них под оболочку – у 6 и в ооплазму – у 7 клеток. Проведено 20 инъекций в положении полярного тела на 12 часов, из них 9 – под оболочку и 11 – непосредственно в центр ооплазмы.

Таблица 1 – Количество проведенных операций в зависимости от места введения спермия в яйцеклетку

Под оболочку, n		В цитоплазму, n	
полярное тело на 6 ч	полярное тело на 12 ч	полярное тело на 6 ч	полярное тело на 12 ч
6	9	7	11

В ходе проведения исследований учитывали количество выполненных аспираций в зависимости от расположения спермия в микроигле и, как следствие, в зависимости от того, какой частью спермий принудительно внедряется в яйцеклетку (таблица 2).

Таблица 2 – Количество проведенных операций в зависимости от пространственного расположения спермия в микроигле

Под оболочку, n		В цитоплазму, n	
аспирация хвостом	аспирация головкой	аспирация хвостом	аспирация головкой
10	5	8	10

После перфорации оболочки перемещение спермия в яйцеклетку провели головкой вперед, т. е. аспирировали эти гаметы, наоборот хвостовой частью вперед у 18 клеток, из них у 10 клеток – под оболочку и у 8 клеток – в цитоплазму. Аспирация головкой вперед, а, соответственно, транспортировка в оолемму хвостовой частью проведена у 15 яйцеклеток, 5 клеткам произведена инъекция сперматозоида под оболочку клетки и 10 яйцеклеткам вглубь цитоплазмы.

Несмотря на простую суть ИКСИ, тонкости технологии очень сложны. Например, среди технологических особенностей принципиальное значение имеет внешний и внутренний диаметр пипеток, и даже такой, казалось бы, неощутимый фактор, как угол изгиба микропипеток в её дистальной части. Для проведения технических манипуляций в процедуре ИКСИ, как говорилось выше, применяли 2 типа микроинструментов: фиксационную пипетку, которая используется для удержания ооцита в нужном положении во время проведения процедуры ИКСИ (внешний диаметр фиксационной пипетки составляет 75-150 мкм, внутренний диаметр – 15-25 мкм) и инъекционную микропипетку/иглу – применяется для аспирации и инъекции сперматозоида (внешний

диаметр иглы составляет 7-8 мкм, внутренний диаметр – 5-5,5 мкм). Оба типа микроинструментов были изогнуты под углом, который составлял от 20 до 35 градусов в дистальном конце.

Нами проведён анализ жизнеспособности яйцеклеток после процедуры ИКСИ. После выполнения инъекции сперматозоида в яйцеклетку женские гаметы помещали в среду для культивирования зародышей в условиях CO₂-инкубатора. Через 20-24 часа после оплодотворения осуществляли контроль эффективности произведенной процедуры. В таблице 3 приведены данные по жизнеспособности прооперированных яйцеклеток в зависимости от места введения спермия в зрелый ооцит (под оболочку или непосредственно в цитоплазму) и в зависимости от положения первого полярного тела в перивителлиновом пространстве (на 6 или 12 часов).

Таблица 3 – Жизнеспособность проинъецированных яйцеклеток в зависимости от места расположения спермия в клетке после инъекции и положения первого полярного тела в перивителлиновом пространстве

Под оболочку				В цитоплазму			
полярное тело на 6 ч		полярное тело на 12 ч		полярное тело на 6 ч		полярное тело на 12 ч	
инъ- ециро- ван- ных кле- ток, n	дробя- щихся кле- ток, n-%						
9	-	15	1-6,7	10	2-20,0	18	3-16,7

Всего проведены 52 технически результативные операции по пересадке спермия в яйцеклетку. Пересадка спермия под оболочку в перивителлиновое пространство произведена 24 зрелым ооцитам, а в центральную часть оолеммы через прокол оболочки – 28 клеткам. Проведены инъекции в положении полярного тельца на 6 часов 19 яйцеклеткам, из них под оболочку – у 9 и в ооплазму – у 10 клеток. Проведены 33 инъекции в положении полярного тела на 12 часов, из них 15 – под оболочку и 18 – непосредственно в центр ооплазмы. Дробящихся клеток после инъекции спермия под оболочку с полярным телом на 6 часов не было получено, а под оболочку с полярным телом на 12 часов составило 6,7 %. Инъекция спермиев в ооплазму яйцеклеток, которые имели полярное тело на 6 часов, позволила получить 20,0 % дробящихся клеток, а с полярным телом на 12 часов – 16,7 % подробившихся клеток. Всего после инъекции под оболочку подробилось 4,2 % яйцеклеток, после

проведения процедуры ИКСИ в ооплазму – 19,2 % зрелых ооцитов. В целом из 52 яйцеклеток в опыте получено 6 дробящихся клеток, что составило 11,5 % от всех результативных микроинъекций. Представленный результат с учётом эксперимента на начальном этапе можно считать вполне удовлетворительным, хотя необходимо продолжение исследований по изучению дальнейшего развития зародышей до преимплантационных стадий, их имплантации и постимплантационного развития.

Учитывали также количество жизнеспособных зародышей после выполненных аспираций в зависимости от расположения спермия в микропипетке/игле и, как следствие, в зависимости от того, какой частью спермий принудительно внедряется в яйцеклетку (таблица 4). Жизнеспособность проинъецированных яйцеклеток определяли, как говорилось выше, по количеству дробящихся клеток.

Таблица 4 – Жизнеспособность проинъецированных яйцеклеток в зависимости от пространственного расположения спермия в микроигле

Под оболочку				В цитоплазму			
аспирация хвостом		аспирация головкой		аспирация хвостом		аспирация головкой	
инъецированных клеток, п	дробящихся клеток, п-%						
11	-	13	1-7,7	12	1-8,3	16	4-25,0

После перфорации оболочки перемещение спермия в яйцеклетку провели головкой вперед, т. е. аспирировали эти гаметы в микропипетку наоборот хвостовой частью вперед у 23 клеток, из них у 11 клеток под оболочку и у 12 клеток – в цитоплазму. Лишь у одной клетки замечена перетяжка после аспирации вглубь цитоплазмы, что составило 8,3 % в этой группе из 12 гамет или 4,3 % в группе яйцеклеток аспирированных хвостовой частью. Дробления после аспирации под оболочку яйцеклетки хвостовой частью не наблюдалось. Аспирация головкой вперед в микропипетку/иглу, а, соответственно, транспортировка в оолемму хвостовой частью проведена 29 яйцеклеткам. Инъекция сперматозоида под оболочку клетки произведена 13 яйцеклеткам и 16 клеткам вглубь цитоплазмы, из них 5 подробилось, что составило 17,2 %: 7,7 % после аспирации под оболочку клетки и 25 % после аспирации в оолемму.

Немаловажное влияние на эффективность производимых

манипуляций с гаметами оказывают технические характеристики используемых микроинструментов. К техническим характеристикам микропипеток относятся материал, из которого они изготовлены, внутренний и внешний диаметр, угол изгиба в дистальном конце. Необходимо отметить, что угол изгиба дистального конца микроприсоски составил во всех процедурах 25°. А критерием оценки эффективности на начальном этапе разработки технологии, как указывалось выше, является уровень дробления аспирированных яйцеклеток вне организма. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Количество проведённых операций в зависимости от угла изгиба микропипетки в дистальном конце

Под оболочку, n				В цитоплазму, n			
угол изгиба микропипетки (°)							
20	25	30	35	20	25	30	35
4	6	8	6	5	7	5	9

Под оболочку яйцеклетки произведены инъекции спермиев микроиглами с разными углами изгиба: 20, 25, 30, 35° в количестве 4, 6, 8 и 6 инъекций соответственно. Следует отметить, что лишь одна микрооперация оказалась успешной, что характеризовалось началом дробления. При этом угол изгиба составил 30°. Непосредственно в цитоплазму яйцеклетки произведено 26 инъекций спермиев: 5, 7, 5 и 9 введений. Инъекции проведены при использовании углов изгиба кончика микроиглы 20, 25, 30, 35° соответственно. В данной серии опытов успешными оказались 5 микроинъекций: 3 с углом изгиба 25° и 2 с углом изгиба кончика пипетки 30°.

Проведён анализ жизнеспособности яйцеклеток коров после проведения процедуры ИКСИ в зависимости от угла изгиба микропипетки в дистальном конце. Дробящихся клеток после инъекции спермия под оболочку с полярным телом на 6 часов не было получено, а под оболочку с полярным телом на 12 часов составило 6,7%. Инъекция спермиев в ооплазму яйцеклеток, которые имели полярное тело на 6 часов, позволила получить 20,0% дробящихся клеток, а с полярным телом на 12 часов – 16,7% подробившихся клеток. Всего после инъекции под оболочку подробилось 4,2% зрелых ооцитов, после проведения процедуры ИКСИ в ооплазму – 19,2% зрелых ооцитов. В целом из 52 яйцеклеток в опыте получено 6 дробящихся клеток, что составило 11,5% от всех результирующих микроинъекций. Аспирация головкой вперёд в микропипетку/иглу, а, соответственно, транспортировка в оолемму после перфорации оболочки хвостовой частью оказалась наиболее

результативной. Инъекция сперматозоида под оболочку клетки произведена 13 яйцеклеткам и 16 – вглубь цитоплазмы, из них 5 подробилось, что составило 17,2 %: 7,7 % после аспирации под оболочку клетки и 25 % после аспирации в оолему. Непосредственно в цитоплазму яйцеклетки произведено 26 инъекций спермиев с углом изгиба кончика микропипетки 20, 25, 30, 35 °. В данной серии опытов успешными оказались 5 микроинъекций (19,2 %): 3 с углом изгиба 25 ° и 2 с углом изгиба кончика пипетки 30 °.

Заключение. Таким образом, жизнеспособность клеток после проведения процедуры микроинъекции спермия обеспечивается введением сперматозоида непосредственно в оолему яйцеклетки с положением первого полярного тельца на 6 или 12 часов. Аспирация в микроиглу производится головкой вперед, а, соответственно, транспортировка в оолему после перфорации оболочки хвостовой частью мужской гаметы. Угол изгиба микропипетки в дистальной её части должен составлять 25-30 °. В целом из 52 яйцеклеток в опыте получено 6 дробящихся клеток, что составило 11,5 % от всех результативных микроинъекций. Соблюдение указанных технических параметров процедуры интрацитоплазматической инъекции сперматозоидов позволяет сохранить жизнеспособность 19,2 % прооперированных яйцеклеток, обладающих потенцией к оплодотворению и последующему дроблению.

Литература

1. Can apoptosis and necrosis coexist in ejaculated human spermatozoa during in vitro semen bacterial infection? / M. Fraczek [et al.] // *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*. – 2015. – Vol. 32, № 5. – P. 771-779. – DOI: 10.1007/s10815-015-0462-x.–2015.
2. Лабораторная диагностика мужского бесплодия / В. В. Долгов [и др.]. – Москва-Тверь, 2006. – 145 с.
3. Kolbe, T. Birth of a piglet derived from an oocyte fertilized by intracytoplasmic sperm injection (ICSI) / T. Kolbe, W. Holtz // *Animal Reproduction Science*. – 2000. – Vol. 64(1-2). – P. 97–101. – DOI: 10.1016/s0378-4320(00)00204-9.
4. Fauvel, C. Evaluation of fish sperm quality / C. Fauvel, M. Suquet, J. Cosson // *Journal of Applied Ichthyology*. – 2010. – Vol. 26(5). – P. 636–643. – DOI: **10.1111/J.1439-0426.2010.01529.X**
5. Uehara, T. Microsurgical injection of spermatozoa into hamster eggs with subsequent transformation of sperm nuclei into male pronuclei / T. Uehara, R. Yanagimachi // *Biology of Reproduction*. – 1976. – Vol. 15. – P. 467–470. – DOI: 10.1095/biolreprod15.4.467.
6. Pregnancies after intracytoplasmic injection of single spermatozoon into an oocyte / G. Palermo [et al] // *Lancet*. – 1992. – Vol. 340. – P. 17–18. – DOI: 10.1016/0140-6736(92)92425-f.
7. Fertilization of bovine oocytes by the injection of immobilized, killed spermatozoa / K. Goto [et al.] // *Veterinary Research*. – 1990. – Vol. 139. – P. 494–495.
8. Kolbe, T. Birth of a piglet derived from an oocyte fertilized by intracytoplasmic sperm injection (ICSI) / T. Kolbe, W. Holtz // *Animal Reproduction Science*. – 2000. – Vol. 64. – P. 97–101. – DOI: 10.1016/s0378-4320(00)00204-9.
9. The in vitro and in vivo development of goat embryos produced by intracytoplasmic

sperm injection using tail-cut spermatozoa / B. Wang [et al] // *Zygote*. – 2003. – Vol. 11. – P. 219–227. – DOI: 10.1017/s0967199403002260.

10. Условия подготовки ооцитов крупного рогатого скота к проведению микроманипуляций вне организма / А. И. Ганджа [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси* : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1 : Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. Технология кормов и кормления, продуктивность. – С. 60-68. – DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-60-68.

11. Условия подготовки сперматозоидов быков для проведения интрацитоплазматической инъекции / Л. Л. Леткевич [и др.] // *Зоотехническая наука Беларуси* : сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1 : Генетика, разведение, селекция, биотехнология размножения и воспроизводство. Технология кормов и кормления, продуктивность. – С. 102-110.

Поступила 8.02.2024 г.

УДК 636.4.082.12:004

К.В. НЕВАР

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ ПОПУЛЯЦИИ ПЛЕМЕННЫХ СВИНЕЙ

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

В статье представлены материалы исследований, целью которых было разработать биометрические модели и провести расчёт селекционно-генетических параметров селекционируемых признаков популяции племенных свиней. На основании дисперсионного анализа системных факторов среды разработаны оптимальные уравнения прогноза (биометрические модели) развития селекционируемых признаков племенных свиней. В ходе дисперсионного анализа фиксированных факторов репродуктивных признаков свиноматок материнских пород установлено, что средние значения всех признаков в разрезе факторов имели значительные различия по всем исследуемым вариантам моделей. На основе разработанных оптимальных статистических моделей, описывающих развитие селекционируемых признаков, определены компоненты общей дисперсии, а также наследуемая (аддитивная) генетическая часть общей фенотипической изменчивости – коэффициенты наследуемости.

Ключевые слова: дисперсионный анализ, племенная ценность, биометрические модели, BLUP, племенное свиноводство.

**BIOMETRIC MODELS AND SELECTION-GENETIC
PARAMETERS OF SELECTABLE TRAITS OF BREEDING
PIG POPULATION**

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

The article contains the materials of research, the purpose of which was to develop biometric models and to carry out the calculation of selection-genetic parameters of selectable traits of breeding pig population. Based on variance analysis of systemic environmental factors, optimal forecast equations (biometric models) for the development of selectable traits of breeding pigs were elaborated. In the course of variance analysis of fixed factors of reproductive traits of maternal breed sows, it was found that the average values of all traits in the context of factors had significant differences in all studied variants of models. On the basis of the developed optimal statistical models describing the development of selectable traits, the components of the total variance, as well as the inherited (additive) genetic part of the total phenotypic variability - inheritance coefficients - were determined.

Keywords: variance analysis, breeding value, biometric models, BLUP, pedigree pig breeding.

Введение. Расчёт племенной (генетической) ценности свиней является неотъемлемой частью селекционных программ генетического улучшения популяции. Любое животное в популяции имеет абсолютную фенотипическую ценность (y), которая может быть выражена как отклонение от популяционной средней μ и обозначена условным символом P :

$$P = y - \mu$$

Фенотипическое проявление признака у животного определяется генетическими факторами и факторами окружающей среды и может быть описано следующей моделью [1]:

Фенотип (P) = генетические эффекты (G) + средовые эффекты (U)

Генетические эффекты (G) включают аддитивные эффекты генов (A), эффекты доминирования (D) и эпистаза (I), средовые эффекты (U) – систематические факторы внешней среды (B) и случайные средовые факторы (E).

Принимая во внимание составляющие генетических и средовых факторов, модель фенотипической ценности животного по признаку y можно записать следующим образом:

$$y = \mu + A + D + I + B + E$$

Аддитивная генетическая ценность A (или a) или средний эффект генов, полученных от родителей, является истинной племенной ценностью. В практическом животноводстве селекция проходит по рассчитанным оценкам племенной генетической ценности (EBV – estimating breeding values), которые могут быть получены из различных источников информации (собственной продуктивности, продуктивности предков и (или) потомков и др.) [2].

Henderson C.R. разработал методологию, названную лучшим линейным несмещенным прогнозом (BLUP), позволяющую оценивать фиксированные эффекты и племенную ценность одновременно [3]. Если родственные связи между оцениваемыми животными включены в процедуру расчёта, то метод BLUP эквивалентен селекционному индексу с дополнительной способностью эффективно оценить и стандартизировать данные оценки признаков племенной ценности на фиксированные эффекты. В отсутствие фиксированных эффектов BLUP идентичен селекционному индексу, используемому для прогноза все известные родственные связи пробанда [4].

На основе данных, полученных при расчёте уравнения смешанной модели (Mixed Model Equations, ММЕ), можно проводить селекцию (отбор) в оцениваемой популяции. Разработка смешанной модели оценки животных методом BLUP проводится с учётом условий, характерных для страны, отдельных регионов и даже племенных ферм, может быть отдельно по каждому блоку признаков (репродуктивные, откормочные, мясные), так и с одновременным учетом всех селекционируемых признаков. Поэтому нельзя использовать в селекции (отборе) животных, оценка которых получена на другой популяции [3].

Следует различать статистический метод BLUP и модель, которая используется для описания данных. Метод представляет собой способ расчёта, учитывающий в оцениваемых значениях влияние причинных факторов. Модель причинные факторы, оказывающие влияние на продуктивность [5].

Для расчёта племенной ценности животного на основе BLUP используются различные модели. Старейшей формой учёта является так называемая отцовская модель (BLUP SM), в которой племенная ценность рассчитывается только для хряков, имеющих потомков. В оценке племенной ценности используются данные о продуктивности всех потомков одного отца. Недостатком данного способа является отсутствие учёта влияния матерей потомков. Если каждый хряк спаривается со случайными свиноматками, это не так существенно. Однако если хряк спаривается только с лучшими свиноматками, то доля свиноматок в продуктивности потомства будет приписываться исключительно хряку,

следствием чего могут быть искажённые значения племенной ценности [5].

Более совершенной формой учета явилась отцовская модель с матрицей родства, в которой при расчёте племенной ценности хряка учитывается информация о его отце, братьях и других родственниках в соответствии со степенью родства. Это привело к существенному повышению точности оценки племенной ценности, прежде всего для животных, имеющих мало потомков. Кроме того, такая модель позволила существенно снизить влияние уровня спаривания, так как доля собственных потомков в полученном значении племенной ценности стала несколько ниже.

Наиболее современной и эффективной формой BLUP оценки племенной ценности является так называемая модель животного (BLUPAM). В такой модели для каждого животного, будь то хряк или свиноматка, или потомок, решается уравнение. Так как каждое животное представлено своим собственным уравнением, не происходит потери информации. Кроме того, уровень спаривания перестаёт играть роль [5].

Эволюция метода BLUP для расчёта истинной племенной (генетической ценности) обусловлена устойчивым увеличением вычислительной мощности и развилась от простых моделей, например основанной на прогнозировании по данным родителей, к более сложным моделям, таким как BLUP AM, материнские, многомерные и случайные модели регрессии.

Метод наилучшего линейного несмещённого прогноза (BLUP) по настоящее время считается наиболее теоретически обоснованным методом, позволяющим с минимальной ошибкой оценить племенные (генетические) качества оцениваемых животных. Данная методология прошла целый ряд усовершенствований от модели «отцов» BLUP SM, к модели «животного» BLUP AM и в настоящее время является традиционным методом оценки племенной (генетической) ценности сельскохозяйственных животных в большинстве стран мира [2, 3, 5, 6, 7].

Цель работы – разработать биометрические модели и провести расчёт селекционно-генетических параметров селекционируемых признаков популяции племенных свиней.

Материал и методика исследований. Расчёты проведены на основе сформированной на предыдущем этапе исследований базы данных оценки по собственной продуктивности отцовских и материнских пород и репродуктивных признаков материнских пород по следующим признакам продуктивности: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг, количество сосков, толщина шпика, содержание

постного мяса, многоплодие, многоплодие скорректированное, живая масса гнезда при рождении, количество поросят при отъёме, вес гнезда при отъёме.

Дисперсионный анализ выполнен с использованием статистической среды R для определения значимости фиксированных эффектов методом ANOVA [8].

Цель дисперсионного анализа – разложить общую фенотипическую изменчивость признака на компоненты: изменчивость, вызванную воздействием учтенных в биометрической модели факторов, и остаточную изменчивость, возникшую под влиянием всех неучтенных факторов.

Каждое наблюдение используется для одновременной оценки всех факторов и их взаимодействий. Влияние фактора признаётся значимым, если соответствующая ему выборочная дисперсия значимо отличается от дисперсии воспроизводимости, обусловленной случайными ошибками [9].

Для оценки компонентов дисперсии определяется оптимальная статистическая модель, описывающая развитие селекционируемых признаков для конкретной популяции в конкретной среде, так как влияние среды уникально в конкретном времени и месте, а генетическая изменчивость для признака может различаться в разных популяциях.

Информационные критерии (AIC, BIC) используются как меры относительного качества статистических моделей с учётом используемого количества оцениваемых параметров и основаны на компромиссе между точностью и сложностью модели [9]. Критерий выбора оптимальной модели – информационный критерий Акаике (AIC), согласно которому выбирается модель, минимизирующая значение статистики. Минимальное значение Байесовского информационного критерия (BIC) соответствует наилучшей модели. Информационные критерии рассчитывались в среде R.

Исследуемые фиксированные факторы: «Пол», «Порода», «Хозяйство (страна) рождения», «Хозяйство собственник», «Год теста», «Хозяйство-Год-Сезон», «Хозяйство-Год» для признаков собственной продуктивности; «Порода», «Хозяйство», «Номер опороса», «Год опороса», «Хозяйство-Год-Сезон», «Хозяйство-Год». Фактор «Хозяйство-Год-Сезон» для признаков продуктивности создан путём объединения хозяйства (страны) рождения, года и сезона тестирования, для репродуктивных признаков сформирован путём объединения хозяйства, года и сезона опороса. Рассматривались четыре сезона тестирования или опороса: зима (декабрь-февраль), весна (март-май), лето (июнь-август), осень (сентябрь-ноябрь).

Для расчёта генетической и случайной изменчивости и

наследуемости селекционируемых признаков материнских пород свиней на основе оптимальных смешанных линейных моделей использована программа для оценки компонентов дисперсии AIREMLF90 пакета программ BLUPF90 [10].

Алгоритм AI (AI REML) – это итерационный метод, для которого требуются начальные значения компонентов дисперсии. В первом раунде алгоритм создаёт новые значения на основе начальных. В последующем раунде новые значения берутся из предыдущих. Ожидается, что после нескольких итераций значения будут достаточно близки к оценкам компонентов дисперсии. AIREMLF90 принимает тот же файл параметров, что и BLUPF90.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Проведён дисперсионный анализ системных факторов среды, разработаны оптимальные уравнения прогноза (биометрические модели) развития селекционируемых признаков племенных свиней.

В результате выполненного дисперсионного анализа (ANOVA) по признакам собственной продуктивности отцовских пород (таблица 1) установлено, что фактор «Порода» и «Год теста» не повлияли на признак количество сосков и фактор «Порода» не оказал влияние на признак содержание постного мяса: $p\text{-value}=0,3594$. По остальным признакам все исследуемые факторы значимо влияли на фенотипическое проявление всех признаков продуктивности (таблица 1).

Таблица 1 – Дисперсионный анализ влияния факторов среды на формирование признаков собственной продуктивности отцовских пород

Факторы модели	Среднесуточный прирост				Количество сосков			
	df	SSq	F-критерий	P (>F)	df	SSq	F-критерий	P (>F)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пол	1	22408	4,889	0,027	1	58,72	184,852	0,0001
Порода	1	316650	69,091	0,0001	1	0,11	0,348	0,5548
Хозяйство (страна) рождения	4	117446	6,407	0,0001	5	7,51	4,725	0,0001
Хозяйство собственник	1	45642	9,9588	0,001	2	6,46	10,171	0,0001
Год теста	11	3504927	69,523	0,0001	11	4,97	1,422	0,1559
Хозяйство-Год-Сезон	33	689577	4,5594	0,0001	72	28,06	1,227	0,1
ХозяйствоГод	-	-	-	-	10	5,58	1,747	0,1
Факторы модели	Толщина шпика				Содержание постного мяса			
	df	SSq	F-критерий	P (>F)	df	SSq	F-критерий	P (>F)

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пол	1	14851	8563,247	0,0001	1	69,35	55,881	0,0001
Порода	1	2352	779,771	0,0001	1	1,04	0,841	0,3594
Хозяйство (страна) рождения	4	57679	8314,489	0,0001	3	365,57	98,189	0,0001
Хозяйство собственник	2	57333	16529,366	0,0001	1	73,06	58,870	0,0001
Год теста	11	209	10,969	0,0001	11	186,40	13,654	0,0001
Хозяйство-Год-Сезон	72	395	3,161	0,0001	33	173,47	4,236	0,0001
Хозяйство-Год	10	92	4,973	0,0001	-	-	-	-

Таблица 2 – Дисперсионный анализ влияния факторов среды на формирование признаков собственной продуктивности материнских пород

Факторы модели	Среднесуточный прирост				Количество сосков			
	df	SSq	F-критерий	P (>F)	df	SSq	F-критерий	P (>F)
Пол	1	4137237	1882,42	0,0001	1	50,9	107,108	0,0001
Порода	4	17659367	2008,73	0,0001	4	521,1	273,988	0,0001
Хозяйство (страна) рождения	14	10813233	351,426	0,0001	15	2344,2	328,653	0,0001
Хозяйство собственник	3	183524	27,834	0,0001	3	0,006	0,0035	1
Год теста	14	4853867	157,749	0,0001	14	311,6	46,802	0,0001
Хозяйство-Год-Сезон	187	12708582	30,922	0,0001	239	1323,1	11,642	0,0001
Факторы модели	Толщина шпика				Содержание постного мяса			
	df	SSq	F-критерий	P (>F)	df	SSq	F-критерий	P (>F)
Пол	1	59234	23272,265	0,0001	1	10254	4632,233	0,0001
Порода	3	1996117	261417,28	0,0001	2	22314	5040,162	0,0001
Хозяйство (страна) рождения	13	91698	2771,306	0,0001	12	88889	3346,323	0,0001
Хозяйство собственник	2	126	24,773	0,0001	2	23	5,2033	0,001
Год теста	14	13172	369,639	0,0001	14	13898	448,454	0,0001
Хозяйство-Год-Сезон	183	42432	91,100	0,0001	137	30378	100,171	0,0001

Проведённый дисперсионный анализ фиксированных факторов репродуктивных признаков свиноматок материнских пород показал, что средние значения всех признаков в разрезе факторов имели значительные различия по всем исследуемым вариантам моделей.

На основе расчёта информационных критериев по различным вариантам выбраны оптимальные варианты моделей, имеющие

минимальный критерий. Для выбора оптимальной модели протестировано для каждого признака собственной продуктивности отцовских и материнских пород 12 статистических моделей с различными комбинациями фиксированных факторов. Для репродуктивных признаков проанализировано 20 моделей с различными комбинациями факторов и регрессии на номер опороса. Модели с комбинированным фактором «Хозяйство-Год-Сезон» оказались предпочтительней моделей с фактором «Хозяйство-Год».

Для признаков собственной продуктивности отцовских пород среднесуточный прирост, толщина шпика, содержание постного мяса определена следующие регрессионная модель – формула (4):

$$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp} \quad (4)$$

Модель для признака количество сосков – формула (5):

$$y_{ijklmn} = S_j + B_k + H_l + F_m + Y_n + a_i + e_{ijklmn} \quad (5)$$

где $y_{ijklmnp}$ – продуктивность i -ого животного, j -ого пола, k -ой породы, l -ого хозяйства (страны) рождения, m -ого хозяйства собственника, n -го года тестирования, p -го хозяйство-год-сезон

S_j – эффект пола (фиксированный);

B_k – эффект породы (фиксированный);

H_l – эффект хозяйства (страны) рождения (фиксированный);

F_m – эффект хозяйства собственника (фиксированный);

Y_n – эффект года теста (фиксированный);

HYS_p – фиксированный эффект хозяйство-год-сезон

a_i – эффект i -ого животного (рандомизированный);

e_{ijklmn} – эффект неучтенных факторов.

Для признаков собственной продуктивности материнских пород среднесуточный прирост, толщина шпика, содержание постного мяса определены регрессионные модели – уравнение (6):

$$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp} \quad (6)$$

Для признака количество сосков – формула (7):

$$y_{ijklp} = S_j + B_k + H_l + HYS_p + a_i + e_{ijklp} \quad (7)$$

где $y_{ijklmnp}$ – продуктивность i -ого животного, j -ого пола, k -ой породы, l -ого хозяйства (страны) рождения, m -ого хозяйства собственника, n -го года тестирования, p -го хозяйство-год-сезон;

S_j – эффект пола (фиксированный);

B_k – эффект породы (фиксированный);

H_l – эффект хозяйства (страны) рождения (фиксированный);

F_m – эффект хозяйства собственника (фиксированный);

Y_n – эффект года теста (фиксированный);

HYS_p – фиксированный эффект хозяйство-год-сезон

a_i – эффект i -ого животного (рандомизированный);

e_{ijklmn} – эффект неучтённых факторов.

Для всех репродуктивных признаков материнских пород определена следующая оптимальная модель – формула (8):

$$y_{ikmnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmnp} \quad (8)$$

где y_{ikmnp} – продуктивность i -ого животного, k -ой породы, m -ого хозяйства, n -ого года опороса, p -ого фактора хозяйство-год-сезон;

B_k – эффект породы (фиксированный);

F_m – эффект хозяйства собственника (фиксированный);

R_t – эффект номера опороса (фиксированный);

Y_n – эффект года опороса (фиксированный);

HYS_p – фиксированный эффект хозяйство-год-сезон;

a_i – эффект i -ого животного (рандомизированный);

e_{ikmnp} – эффект неучтённых факторов.

На основе разработанных моделей будут рассчитаны общая генотипическая и средовая изменчивость, а затем выполнена генетическая оценка BLUP AM.

По установленной для каждого признака оптимальной модели проведен расчет аддитивной и случайной вариансы, и на их основе рассчитан коэффициент наследуемости (таблица 3).

Таблица 3 – Селекционно-генетические параметры и коэффициенты наследуемости селекционируемых признаков

Признак	Однопризнаковая биометрическая модель	σ_a^2	σ_e^2	h^2
1	2	3	4	5
признаков собственной продуктивности отцовских пород				
Среднесуточный прирост	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp}$	1600,7	3091,2	0,34
Количество сосков	$y_{ijklmn} = S_j + B_k + H_l + F_m + Y_n + a_i + e_{ijklmn}$	0,03472	0,26915	0,11
Толщина шпика	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp}$	0,0506	1,6355	0,03
Содержание постного мяса	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp}$	0,25924	0,97263	0,21
собственной продуктивности материнских пород				
Среднесуточный прирост	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp}$	550,38	1727,4	0,24
Количество сосков	$y_{ijklp} = S_j + B_k + H_l + HYS_p + a_i + e_{ijklp}$	0,07523	0,3724	0,17
Толщина шпика	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijkl}$	0,34671	2,0942	0,14
Содержание постного мяса	$y_{ijklmp} = S_j + B_k + H_l + F_m + HYS_p + a_i + e_{ijklmp}$	0,89684	1,4062	0,39

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
репродуктивных признаков материнских пород				
Многоплодие, гол	$y_{ikmtnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmtnp}$	0,49592	7,5888	0,06
Многоплодие корр., гол	$y_{ikmtnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmtnp}$	0,48734	7,5726	0,06
Масса гнезда, кг	$y_{ikmtnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmtnp}$	2,1061	10,335	0,17
Кол-во к отъёму, гол.	$y_{ikmtnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmtnp}$	0,012027	1,1089	0,01
Масса гнезда к отъёму пересч., кг	$y_{ikmtnp} = B_k + F_m + R_t + Y_n + HYS_p + a_i + e_{ikmtnp}$	10,054	151,07	0,06

Установлено, что наибольшими коэффициентами наследуемости характеризуются признаки среднесуточного прироста – 0,34 и 0,24 для отцовских и материнских пород, а также признак содержания постного мяса у материнских пород – 0,39.

Коэффициенты наследуемости репродуктивных признаков были низкими до 0,06, исключение составил признак массы гнезда, величина которого составила 0,17.

Заключение. Проведён дисперсионный анализ системных факторов среды, разработаны оптимальные уравнения прогноза (биометрические модели) развития селекционируемых признаков племенных свиней.

В результате дисперсионного анализа (ANOVA) по признакам собственной продуктивности отцовских пород установлено, что фактор «Порода» и «Год теста» не повлияли на признак количество сосков и фактор «Порода» не оказал влияние на признак содержание постного мяса: $p\text{-value}=0,3594$. По остальным признакам все исследуемые факторы значимо влияли на фенотипическое проявление всех признаков продуктивности. Для признаков собственной продуктивности материнских пород только фактор «Хозяйство собственник» не оказал влияние на признак «количество сосков». По остальным факторам установлено их значимое влияние на все признаки продуктивности.

В ходе дисперсионного анализа фиксированных факторов репродуктивных признаков свиноматок материнских пород установлено, что средние значения всех признаков в разрезе факторов имели значительные различия по всем исследуемым вариантам моделей.

На основе расчёта информационных критериев по различным вариантам выбраны оптимальные варианты моделей, имеющие минимальный критерий. Для признаков собственной продуктивности отцовских

пород среднесуточный прирост, толщина шпика, содержание постного мяса в модели вошли фиксированные эффекты пола, породы, хозяйства (страны) рождения, хозяйства собственника, хозяйство-год-сезон. Для признака количество сосков – эффект пола, породы, хозяйства (страны) рождения, хозяйства собственника, года теста. Для признаков собственной продуктивности материнских пород среднесуточный прирост, толщина шпика, содержание постного мяса определены регрессионные модели со следующими фиксированными факторами: пол, порода, хозяйство (страна) рождения, хозяйство собственника, хозяйство-год-сезон. Для признака количество сосков – пол, порода, хозяйство (страна) рождения, хозяйство-год-сезон. Для всех репродуктивных признаков материнских пород в модель вошли следующие фиксированные факторы: порода, хозяйство собственник, номер опороса, год опороса, хозяйство-год-сезон.

На основе разработанных оптимальных статистических моделей, описывающих развитие селекционируемых признаков, определены компоненты общей дисперсии, а также наследуемая (аддитивная) генетическая часть общей фенотипической изменчивости – коэффициенты наследуемости.

Литература

1. Кузнецов, В. М. Основы научных исследований в животноводстве / В. М. Кузнецов. – Киров, 2006. – 568 с.
2. Mrode, R. A. Linear models for the prediction of animal breeding values / R. A. Mrode ; CABInternational. – 2nd ed. – Wallingford, 2005. – 368 p.
3. Henderson, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model / C. R. Henderson // *Biometrics*. – 1975. – Vol. 31. – P. 423–447.
4. Dekkers, J. C. M. Design and optimization of animal breeding programmes / J. C. M. Dekkers, J. P. Gibson // *Semantic Scholar [Electronic Resource]*. – 2005. – Access mode: <https://www.semanticscholar.org/paper/DESIGN-AND-OPTIMISATION-OF-ANIMAL-BREEDING-Dekkers-Gibson/591bcf6478161ffe40c3596d7f831a42fa0c5b00>
5. Современные генетические методы в селекции свиней / Н. А. Зиновьевой [и др.]. – Дубровицы : ВИЖ, 2011. – 72 с.
6. Schaeffer L.R. Estimation of Variance Components in Animal Breeding / L. R. Schaeffer [et al.] // *Short Course, July 19-23, Iowa State University, USA, 2004*.
7. Кузнецов, В. М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP / В. М. Кузнецов. – Киров, 2003. – 358 с.
8. Кабаков, Р. И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / Р. И. Кабаков ; пер. с англ. П. А. Волковой. – Москва : ДМК Пресс, 2014. – 588 с.
9. Мاستицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков. – Москва : ДМК-пресс, 2015. – 496 с.
10. Masuda, Y. Introduction to BLUPF90 suite programs / Y. Masuda. – Access mode: https://masuday.github.io/blupf90_tutorial/index.html

Поступила 20.03.2024 г.

С.Н. ПАЙТЕРОВ, Д.М. БОГДАНОВИЧ, С.А. САПСАЛЁВ,
Ю.К. КИРИКОВИЧ, О.В. ПАЙТЕРОВА

**ВЛИЯНИЕ КВАНТОВ СВЕТА СИНЕГО И КРАСНОГО
ВИДИМОГО СПЕКТРА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЭМБРИОТРАНСПЛАНТАЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

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

Проблема обеспечения нормального проявления воспроизводительной функции у животных актуальна. Одним из путей её решения является использование квантовой фотостимуляции, которая способствует улучшению клеточного иммунитета организма: отмечается рост продуктивности, нормализация функции органов репродуктивного тракта, протекание спермато- и овогенеза, повышается качество и количество половых гамет самца и самки, морфологический состав и приживляемость эмбрионов. В статье представлены материалы исследований, целью которых было изучить влияние квантов света синего и красного видимого спектра на эффективность эмбриотрансплантации крупного рогатого скота. Установлено, что воздействие квантов света синего и красного видимого спектра на коров-доноров вызывает в организме обработанных животных активизацию процессов оогенеза и повышает качество полученного эмбриоматериала, что способствует увеличению сохранности заморожено-оттаянных зародышей на 11,1 п. п., приживляемости свежеполученных и деконсервированных эмбрионов соответственно на 2,8 и 12,5 п. п.

Ключевые слова: корова-донор, оогенез, эмбрионы, приживляемость, кванты света.

S.N. PAITSERAU, D.M. BOGDANOVICH, S.A. SAPSALIOU,
U.K. KIRIKOVICH, O.V. PAITSERAVA

**INFLUENCE OF LIGHT QUANTA OF BLUE AND RED VISIBLE
SPECTRUM ON THE EFFICIENCY OF EMBRYO TRANSFER
IN CATTLE**

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

Ensuring the normal manifestation of reproductive function in animals is an urgent problem. One of the ways of its solution is the use of quantum photostimulation, which contributes to the improvement of cellular immunity of the organism, resulting

in increased productivity, normalization of the function of reproductive tract organs, spermatogenesis and oogenesis, increase in the quality and quantity of sexual gametes of male and female, improved morphological composition and survival rate of embryos. The article contains the materials of research, the purpose of which was to study the influence of light quanta of blue and red visible spectrum on the efficiency of embryo transfer in cattle. It has been established that exposure of donor cows to light quanta of blue and red visible spectrum causes activation of oogenesis processes in the organism of exposed animals and improves the embryo material obtained, increasing the viability of frozen-thawed embryos by 11.1 p.p., and the survival rate of freshly obtained and depreserved embryos by 2.8 and 12.5 p. p.p., respectively.

Keywords: donor cow, oogenesis, embryos, survival, light quanta.

Введение. Исследованиями, выполненными в последние годы, доказана перспективность использований лазерно-оптических, биофизических технологий для повышения важнейших свойств спермиев и эмбрионов. Эффекты фотобиомодуляции зарегистрированы при облучении спермы различного видового происхождения: млекопитающих (человека, хряка, лошади, быка, барана, кролика, собаки, мыши, птиц и гидробионтов (рыб) [1]. Преобразование функциональных характеристик спермиев и ответных репродуктивных реакций самок отмечается как при воздействии когерентного лазерного излучения, так и узкополосным и широкополосным излучением светодиодных источников, широкополосным белым или узкополосным светом ламп.

Стимулирующий эффект квантовой фототерапии основан на применении видимой синей и (или) красной областей спектра. Синее излучение избирательно поглощается молекулами пиридиновых нуклеотидов гематопарфирина. Последующая активация дыхательной цепи способствует усилению гликолиза и липолиза в клетках и ускоряет процессы фотодеструкции билирубина до веществ, легко выводимых из организма и не оказывающих нейротоксического действия. Кроме того, оно понижает возбудимость нервных проводников. Синее излучение показано к применению при заболеваниях центральной и периферической нервной системы, нарушениях пигментного обмена у новорождённых (гипербилирубинемия, гематопорфирия), заболеваниях ЛОР органов, кожи, хроническом вирусном гепатите. Синий свет возвращает в порядок сверхактивные, ускользающие и воспалительные процессы. Синий свет по своему действию является противоположным красному.

Проблема обеспечения нормального проявления воспроизводительной функции у животных актуальна и имеет несколько путей решения [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Широкое применение фармакологических препаратов, содержащих в своём составе антибиотики, гормональные, нейротропные и другие биологически активные вещества, приводит к их

кумуляции в организме, нарушению гормонального статуса и наиболее негативному явлению – бесплодию у животных. Как следствие, полученные от животных продукты питания содержат в себе остатки этих веществ, что является одной из причин появления реакции иммунной системы на отдельные медикаменты (аллергическая реакция).

Для поддержания жизнедеятельности всей биологической системы в организме животных на клеточном уровне происходит большое количество сложных физических, химических и структурных процессов. Для этого необходима энергия, которая поступает не только с питательными веществами кормов, но и при взаимодействии клеток с окружающей средой (свет, длина волны света, различные излучения и т. д.). Чувствительность к световой энергии является одной из основных характеристик или свойств живого организма. Ряд фактов, полученных в результате продолжительных исследований, неопровержимо свидетельствуют, что действие света оказывает мощное стимулирующее воздействие на активность тканевых ферментов, биосинтез белков, РНК и ДНК, в результате чего ускоряется метаболизм в тканях, повышается проницаемость цитоплазматических мембран и интенсивность пролиферации клеток. Происходит активация транспортных процессов и процессов тканевого дыхания, активизация микроциркуляции крови. Как следствие, использование квантовой фотостимуляции в лечебных целях способствует улучшению клеточного иммунитета организма: отмечается рост продуктивности, нормализация функции органов репродуктивного тракта, протекание спермато- и овогенеза, повышается качество и количество половых гамет самца и самки, морфологический состав и приживляемость эмбрионов [10]. Поэтому исследования в направлении улучшения качественных и количественных показателей спермо- и эмбриопродукции сельскохозяйственных животных с использованием фотостимуляции являются актуальными и перспективными.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области и лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В качестве доноров эмбрионов использовались клинически здоровые коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции в возрасте от 3 до 6 лет, живой массой 600 кг и более. Биофизическая обработка животных осуществлялась прибором АКФМ, позволяющим за счёт комбинации излучателей осуществлять биофизическое воздействие с определёнными частотами.

С целью изучения влияния фотобиомодуляции на количественный

выход и морфологический состав зародышей крупного рогатого скота было сформировано 2 группы животных – опытная и контрольная по 7 голов в каждой на 9-11 дни полового цикла. Животные контрольной группы воздействию квантов света синего и красного видимого спектра не подвергались. Для обработки животных опытной группы излучатели располагались на высоте 3 м, время обработки – по 30 мин. каждые 3 часа в утреннее, дневное и вечернее время (на основании ранее проведённых исследований) в течение 4 дней согласно схеме гормональных обработок.

Для вызывания суперовуляции коровам-донорам инъецировали гонадотропный препарат PLUSET (Франция) в дозе 250 М.Е. ФСГ с 250 М.Е. ЛГ в сочетании с простагландином эстрофан в дозе 750 мкг. Гонадотропин инъецировали на 9-11 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.

Осеменяли коров-доноров заморожено-оттаянной спермой ректоцервикальным способом дважды с интервалом 10-12 часов, используя сперму с активностью не ниже 4 баллов согласно методическим рекомендациям РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» [11].

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

Таблица 1 – Влияние квантов света синего и красного видимого света на показатели суперовуляции и эмбриопродукции коров-доноров

Показатель	Контроль	Опыт
Обработано коров, гол.	7	7
Положительных по извлечению доноров, гол./%	5/71,4	6/85,7
Реакция суперовуляции, желтых тел	7,20±0,45	8,50±0,43*
В среднем на донора извлечено эмбрионов, всего	5,80±0,31	6,83±0,39
в т. ч. пригодных к использованию	3,60±0,26	4,0 ± 0,23
непригодных к использованию	2,20±0,48	2,83±0,38
из них: дегенерированных и отставших в развитии	1,20±0,35	1,71±0,33
неоплодотворенных яйцеклеток	1,00±0,33	1,12±0,29
Оплодотворяемость, %	82,8	83,6

Примечание: здесь и далее * - P<0,05

Анализ представленных данных свидетельствует о

целесообразности воздействия квантами света синего и красного видимого спектра при гормональной обработке коров-доноров ввиду превосходства животных опытной группы над контрольной по числу овуляций (8,50 против 7,20, $p \leq 0,05$), а также по количеству пригодных зародышей в среднем на донора (4,0 против 3,6).

Таблица 2 – Морфологическая и качественная характеристика полученных зародышей

Показатель	Контроль	Опыт
Количество доноров, гол.	5	6
Получено эмбрионов пригодных к использованию	18	24
Качественная характеристика эмбрионов		
Отличные, п/%	7/38,9	12/50,0
Хорошие, п/%	7/38,9	8/33,3
Удовлетворительные, п/%	4/22,2	4/16,7
Морфологическая оценка зародышей		
Бластоциста поздняя, п/%	6/33,3	11/28,2
Бластоциста ранняя, п/%	7/38,9	9/23,1
Морула поздняя, п/%	5/27,8	12/30,8

Данные таблицы 2 указывают на положительное влияние фотобиомодуляции на выход эмбрионов, пригодных к трансплантации. В опытной группе клеток отличного и хорошего качества было на 5,5 п. п. больше, чем в контроле. При этом зародышей удовлетворительного качества получено на 5,5 п. п. меньше. Результаты исследований доказывают необходимость использования квантов света синего и красного видимого спектра совместно с гормональной обработкой коров-доноров при вызывании у них множественной овуляции. Данная биофизическая обработка не оказала отрицательного воздействия на качественные и морфологические показатели эмбриогенеза.

Результаты сохранности заморожено-оттаянных зародышей, полученных от коров-доноров, подвергавшихся воздействию квантов красного и синего света при вызывании суперовуляции представлены в таблице 3.

Полученные данные оттаивания эмбриоматериала свидетельствуют о положительном влиянии фотостимуляции на коров-доноров при вызывании у них суперовуляции. Пригодными к пересадке, в среднем, оказались 100,0 % эмбрионов опытной группы. В контроле данный показатель был на 11,1 п.п. ниже. Снижение сохранности произошло в группе поздних морул за счёт выбраковки непригодного к трансплантации зародыша.

Таблица 3 – Влияние фотостимуляции на сохранность заморожено-оттаянных эмбрионов

Показатели	Группы зародышей							
	контрольная				опытная			
	МО-II	BL-I	BL-II	Всего	МО-II	BL-I	BL-II	Всего
Заморожено зародышей, n	3	3	3	9	4	4	4	12
Оттаяно зародышей, n	3	3	3	9	4	4	4	12
Пригодных к пересадке, n	2	3	3	8	4	4	4	11
Сохранность эмбрионов, %	66,6	100,0	100,0	88,9±11,05	100,0	100,0	100,0	100,0

Одним из основных способов оценки качества зародышей после оттаивания в контрольной и опытной группах является их морфологическая оценка, результаты которой представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная оценка качества заморожено-оттаянных эмбрионов

Стадия развития эмбрионов	Качество эмбрионов	Количество эмбрионов, n/%			
		контроль		опыт	
		до заморозки	после оттаивания	до заморозки	после оттаивания
1	2	3	4	5	6
МО-II	Отличное	2/66,7	1/33,3	3/55,6	2/57,1
	Хорошее	1/33,3	0	1/44,4	2/14,3
	Удовлетворительное	–	1/33,3	–	0
	Неудовлетворительное	–	1/33,4	–	0
	Пригодных к пересадке	3/100,0	2/66,6	4/100,0	4/100,0
BL-I	Отличное	2/66,7	1/33,1	2/50,0	2/50,0
	Хорошее	1/33,3	1/33,3	2/50,0	2/50,0
	Удовлетворительное	–	1/33,4	–	0
	Неудовлетворительное	–	0	–	0
	Пригодных к пересадке	3/100,0	3/100,0	4/100	4/100,0

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
ВЛ-II	Отличное	2/66,7	1/33,3	3/75,0	1/66,7
	Хорошее	1/33,3	1/33,3	1/25,0	3/16,7
	Удовлетворительное	–	1/33,4	–	0
	Неудовлетворительное	–	0	–	0
	Пригодных к пересадке	3/100	3/100,0	4/100	4/100
Всего эмбрионов, пригодных к пересадке, n/%		9/100	8/88,9	12/100	12/100
Средний балл		4,67±0,29	3,78±0,36	4,67±0,20	4,42±0,15*
Снижение качества, балл			0,89		0,25

Так, на стадии развития поздней морулы в контрольной группе были признаны непригодными к пересадке 33,3 % зародышей, в опытной группе выбраковки по причине гибели эмбрионов установлено не было. На стадии ранней и поздней бластоцисты у эмбрионов подопытных групп также не выявлено существенных изменений в качественном составе. Общее количество пригодных к пересадке эмбрионов в контрольной группе составило 88,9 %, в опытной – 100,0 %, качество эмбриоматериала снизилось на 0,89 и 0,25 балла соответственно.

Таким образом, воздействие квантов красного и синего света при вызывании суперовуляции у коров-доноров оказывает положительное влияние на регенерационную активность полученных от них зародышей перед замораживанием и их последующую сохранность после оттаивания. Проведённые исследования характеризуются высокой сохранностью и морфологической оценкой заморожено-оттаянного эмбриоматериала.

Результаты исследований по определению влияния квантовой фотостимуляции синего и красного видимого спектра на приживляемость зародышей крупного рогатого скота при эмбриотрансплантации представлены в таблице 5.

Средний показатель частоты наступления стельности у реципиентов после пересадки им свежеполученных эмбрионов опытной группы на 2,8 п. п. превосходил аналогичный уровень её в контроле (58,3 против 55,5 %), причём значительное повышение приживляемости (16,7 п. п.) наблюдалось у зародышей опытной группы, находящихся на стадии ранней морулы – 66,7 % против 50,0 % в контрольной группе.

Таблица 5 – Влияние фотостимуляции коров-доноров на приживляемость свежеполученных и заморожено-оттаянных зародышей, полученных от них

Показатели	Контрольная группа				Опытная группа				
	Стадия развития			Всего	Стадия развития			Всего	
	МО- II	BL-I	BL-II		МО- II	BL-I	BL-II		
Количество пересадок свежеполученных эмбрионов, n	2	4	3	9	3	4	5	12	
Приживляемость	n	1	2	2	5	2	2	3	7
	%	50,0	50,0	66,7	55,5	66,7	50,0	60,0	58,3
Количество пересадок заморожено-оттаянных эмбрионов, n	2	3	3	8	4	4	4	12	
Приживляемость	n	0	1	2	3	2	2	2	6
	%	0	33,3	66,6	37,5	50,0	50,0	50,0	50,0

Уровень приживляемости заморожено-оттаянного эмбриоматериала в контрольной группе был в среднем на 12,5 п. п. меньше по сравнению с опытной – 37,5 и 50,0 % соответственно. При этом не отмечено достоверности в частоте наступления стельности после пересадки зародышей испытуемых групп. Можно заключить, что фотостимуляция коров-доноров квантами синего и красного видимого спектра при вызывании у них множественной овуляции позволяет повысить приживляемость свежеполученных и заморожено-оттаянных зародышей крупного рогатого скота в среднем на 2,8 и 12,5 п. п. соответственно.

Заключение. Использование квантов света синего и красного видимого спектра по 30 мин. каждые 3 часа в утреннее, дневное и вечернее время с расстояния в 3 метра на коров является оптимальным: в организме обработанных животных повышается активизация процессов оогенеза, выразившаяся в увеличении на 1,3 ($P < 0,05$) жёлтых тел, 1,03 эмбриона в среднем на донора и 0,4 эмбриона, пригодных к использованию; повышается качество полученного эмбриоматериала, что способствует увеличению сохранности заморожено-оттаянных зародышей на 11,1 п. п., приживляемости свежеполученных и деконсервированных эмбрионов соответственно на 2,8 и 12,5 п. п.

Литература

1. Dzuik, P. J. Occurrence, control and induction of ovulation in pigs, sheep and cows / P. J. Dzuik // Handbook of physiology, endocrinology. – Washington, 1993. – P. 151-157.
2. Хюн, У. Научно-технические рекомендации по технологии воспроизведения свиней / У. Хюн, И. Кенинг. – Думмерсторф, 1982. – 51 с.

3. Основные причины эмбриональной смертности и современные средства по увеличению многоплодия маток / В. П. Хлопицкий [и др.] // Свиноводство. – 2009. – № 4. – С. 51-54.

4. Валошкин, К. Д. Акушерство, гинекология и биотехника размножения животных : учебник / К. Д. Валошкин, Г. Ф. Медведев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 2001. – 869 с.

5. Пат. 2239389 RU, С2 МПК А 61 D 19/02. Способ санации спермы хряков-производителей / Филатов А. В., Конопельцев И. Г., Черных Е. В. ; заявитель и патентообладатель : Вятская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2002113592/13 ; заявл. 24.05.2002 ; опубл. 10.11.2004, Бюл. № 31. – 5 с.

6. Применение медицинского озона в акушерстве, гинекологии и неонатологии. – Москва, 2006. – 27 с. – Режим доступа: <https://www.medozone.ru/materials/method/method7.pdf>.

7. Филатов, А. В. Научные основы и практические методы применения озона и БАВ для повышения воспроизводительной способности свиноматок и хряков-производителей : автореф. дис. ... д-ра вет. наук / Филатов А.В. – Саратов, 2005. – 38 с.

8. Primate recombinant zona pel-lucida protein expressed in Escherichia coli bind to spermatozoa / G. K. Gahlay [et al.] // J. Reprod. Immunol. – 2002. – Vol. 53. – P. 67-77. DOI: 10.1016/s0165-0378(01)00083-3.

9. Сравнительная характеристика методов подготовки спермиев к программе искусственной инсеминации / В. А. Питыко [и др.] // Жіночый лікар. – 2007. – № 4. – С. 30.

10. Получение и подготовка сперматозоидов для искусственного оплодотворения // Jofo.me [Электрон. ресурс]. – 2007-2024. – Режим доступа: <https://beremennost.jofo.me/462957.html>. – Дата доступа: 10-02-2015

11. Биотехнология активизации процессов размножения крупного рогатого скота : (методические рекомендации) / А. И. Будевич [и др.]. - Жодино, 2010. - 14 с.

Поступила 15.03.2024 г.

УДК 636.2.082.4:591.564

О.В. ПАЙТЕРОВА¹, А.И. БУДЕВИЧ¹, Ю.К. КИРИКОВИЧ¹,
Н.Ф. ЖУК²

СОХРАННОСТЬ И ПРИЖИВЛЯЕМОСТЬ ЗАМОРОЖЕННО-ОТТАЯННЫХ ЭМБРИОНОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ L-КАРНИТИНА В СОСТАВЕ СРЕДЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗАРОДЫШЕЙ

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

²*Брестплемпредприятие, г. Брест, Республика Беларусь*

Одним из важнейших этапов практического применения трансплантации эмбрионов является возможность длительного сохранения зародышей вне организма в глубокозамороженном состоянии с целью их наиболее эффективного

использования для получения потомков от высокоценных животных в программах селекции и разведения крупного рогатого скота. В связи с этим использование в эмбриотрансплантации биологически активных соединений, обладающих липолитическим действием, представляет интерес с точки зрения изучения возможности снижения влияния негативных факторов внешней среды и воздействия низких температур на биоматериал в процессе его нахождения вне организма. В статье представлены материалы исследований влияния L-карнитина в составе среды для извлечения зародышей на сохранность и приживляемость заморожено-оттаянных эмбрионов крупного рогатого скота. Установлено, что применение L-карнитина в вымывной среде не приводило к существенным изменениям в морфологии эмбрионов после их оттаивания по сравнению с контролем. При добавлении в среду для извлечения эмбрионов у коров-доноров липолитического вещества L-карнитина обозначилась тенденция качественного улучшения заморожено-оттаянных зародышей и повышения результативности пересадок дефростированного эмбриоматериала.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, эмбрион, криоконсервирование, L-карнитин, приживляемость, сохранность.

O.V. PAITSERAVA¹, A.I. BUDZEVICH¹, U.K. KIRIKOVICH¹,
N.F. ZHUK²

VIABILITY AND SURVIVAL OF FROZEN-THAWED BOVINE EMBRYOS WHEN L-CARNITINE IS USED IN THE EMBRYO EXTRACTION MEDIUM

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

²Brestplempredpriyatie, Brest, Republic of Belarus

One of the most important stages of practical application of embryo transplantation is the possibility of long-term preservation of embryos outside the body in deep-frozen state in order to use them most effectively to obtain offspring from high-value animals in cattle selection and breeding programs. In this regard, the use of biologically active compounds with lipolytic action in embryo transplantation is of interest in the context of studying the possibility of reducing the influence of negative environmental factors and the impact of low temperatures on biomaterial while it is outside the body. The article presents the materials of the study of the effect of L-carnitine as part of the embryo extraction medium on the viability and survival of frozen-thawed bovine embryos. It was found that the use of L-carnitine in the washout medium did not lead to significant changes in the morphology of embryos after thawing compared to the control group. When adding the lipolytic substance L-carnitine to the medium for extracting embryos from donor cows, there was a tendency of qualitative improvement of frozen-thawed embryos and an increase in the efficiency of transfer of defrosted embryo material.

Keywords: cattle, embryo, cryopreservation, L-carnitine, survival, viability.

Введение. Одним из важнейших этапов практического применения трансплантации эмбрионов является возможность длительного сохранения зародышей вне организма в глубоком замороженном состоянии с целью их наиболее эффективного использования для получения потомков от высокоценных животных в программах селекции и разведения крупного рогатого скота. Вместе с тем, использование технологии криоконсервирования биоматериала сталкивается с проблемой снижения жизнеспособности эмбрионов. Одной из основных причин потери качества биоматериала после низкотемпературного хранения является разрушающее действие физико-химических факторов на эмбрионы в процессе замораживания-оттаивания, что, в свою очередь, отрицательно сказывается на метаболизме зародышей, приводит к деструкции мембраносвязанных компонентов блестящей оболочки и органелл клеток, которые являются наиболее чувствительными структурами к понижению температуры и особенно замораживанию [1, 2].

Использование различных приёмов и методов для сохранения мембран и улучшения их биохарактеристик, связанных с проницаемостью, является одной из приоритетных задач технологии криоконсервирования эмбрионов [3, 4] и ооцитов [5]. Существует ряд подходов для снижения деструкции оболочек, в их числе механические, химические, биофизические и др. [6, 7, 8], при этом одним из перспективных является использование различных биологически активных веществ, позволяющих повысить адаптивность и биодоступность мембран без потери их основных свойств.

По данным некоторых авторов [9], существует корреляция между наличием жировых капель в клетках и их криорезистентностью. Удаление указанных включений с помощью липолитических агентов в ооцитах и эмбрионах крупного рогатого скота повышало их устойчивость к процессам замораживания и оттаивания. Одним из веществ, обладающих способностью к деструкции жира, является L-карнитин, который снижал уровень липидов в ооцитах крупного рогатого скота, мышей и свиней [10, 11, 12]. В дополнение к своей метаболической функции L-карнитин является мощным антиоксидантом [13], уменьшающим накопление активных форм кислорода (АФК) и частоту апоптоза в клетках животных [14, 15]. Антиоксидантный эффект L-карнитина был подтверждён на ооцитах и эмбрионах свиней [10, 16]. Установлено [17], что введение данного вещества в дозе 0,6 мг/мл в среду для созревания ооцитов крупного рогатого скота позволило существенно повысить потенциал развития клеток до стадии бластоцисты (34 % против 20 % в контроле, без заморозки – 44 %), при этом не было обнаружено значительных изменений в скорости созревания ядра, содержании АТФ, времени

первого деления и качестве эмбрионов указанной стадии развития, а отмечалось смещение липидных капель из периферической области во внутреннюю цитоплазму ооцитов. В то же время T. Phongnimitr et al. [18] сообщалось об отсутствии влияния L-карнитина на криоустойчивость ооцитов: использование препарата на невитрифицированных ооцитах значительно увеличило скорость созревания ядер (78 % против 68 %) и достижение клетками стадии бластоцисты на 7-й день культивирования (31 % против 24 % в контроле), но не способствовало повышению криотолерантности ооцитов (выход бластоцист составил 11 % против 13 % в контроле). Исследователями Dias et al. [8] предложено комплексное применение делипидирующих агентов L-карнитина и транслинолевой кислоты в процессе культивирования клеток *in vitro*, что обеспечивало снижение накопления триацилглицеринов в их оболочке и позволило достигнуть лучшей проницаемости зоны пеллюцида для криопротекторов.

Таким образом, использование в эмбриотрансплантации биологически активных соединений, обладающих липолитическим действием, представляет интерес с точки зрения изучения возможности снижения влияния негативных факторов внешней среды и воздействия низких температур на биоматериал в процессе его нахождения вне организма.

Материал и методика исследований. Исследования проводились в лаборатории воспроизводства, трансплантации эмбрионов и трансгенеза животных РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и племенном хозяйстве «Литвиново» РСУП «Брестплемпредприятие».

В качестве доноров эмбрионов использовались клинически здоровые коровы голштинской породы молочного скота отечественной селекции в возрасте от 3 до 6 лет живой массой 650 кг и более. В опытной группе извлечение эмбрионов у доноров осуществлялось нехирургическим способом на 7-й день после первого осеменения животных с использованием сбалансированного солевого раствора Рингера-Локка с добавлением 1 мг/мл сывороточного альбумина крупного рогатого скота (БСА), 12 мкг/мл гентамицина и 0,6 мг/мл L-карнитина («Sigma-Aldrich», Germany). В контрольной группе указанное делипидирующее вещество в составе вымывной среды не применялось.

Поиск клеток в промывной жидкости осуществлялся при 16-кратном, а оценка их качества – при 56-63-кратном увеличении микроскопов NIKON и OPTON. Для манипуляций с эмбрионами и их временного культивирования применялся фосфатно-солевой раствор Дюльбекко с добавлением 1 мг/мл БСА и гентамицина (12 мкг/мл).

В процессе замораживания зародыши насыщались 1,5М раствором

этиленгликоля. Их криоконсервирование проводилось в охлаждающей камере программируемого замораживателя CL-5500 («CryoLogic», Australia) со скоростью снижения температуры 0,5 °С/мин до -40 °С, после чего пайетты с биоматериалом переносились для хранения в жидкий азот при температуре -196 °С. После оттаивания содержимое соломинок помещалось в чашки Петри для проведения процедуры замещения криопротектора в деконсервированных клетках питательной среды.

Сохранность эмбрионов оценивалась визуально по следующим морфологическим признакам: возраст или соответствие уровня развития стадии развития, целостность мембран, прозрачность цитоплазмы, форма и связь между бластомерами, их цвет и размеры. После оценки качества оттаянные эмбрионы, пригодные к трансплантации, заправлялись в пайетты, затем в катетеры и пересаживались тёлкам-реципиентам. Основные элементы технологии трансплантации эмбрионов осуществлялись согласно методическим рекомендациям [19].

Результаты эксперимента и их обсуждение. В таблице приведены данные исследований по сохранности и приживляемости криоконсервированных эмбрионов крупного рогатого скота с использованием в среде для вымывания биоматериала делипидирующего вещества L-карнитина.

Таблица – Влияние липолитического агента L-карнитина в составе среды для извлечения на качество заморожено-оттаянных зародышей коров и их приживляемость

Качество эмбрионов	Количество эмбрионов, n/%			
	Контрольная группа		Опытная группа	
	до заморозки	после оттаивания	до заморозки	после оттаивания
1	2	3	4	5
Всего зародышей, n/%	23/100,0	23/100,0	24/100,0	24/100,0
Отличное, n/%	14/60,9±10,2	3/13,1±7,0**	14/58,4±10,06	4/16,7±7,61**
Хорошее, n/%	5/21,7	15/65,2	5/20,8	15/62,5
Удовлетворительное, n/%	4/17,4	3/13,0	5/20,8	3/12,5
Неудовлетворительное, n/%	0/0,0	2/8,7	0/0,0	2/8,3
Пригодные к пересадке, n/%	23/100,0	21/91,3±5,9	24/100,0	22/91,7±5,5
Средний балл	4,50±0,16	3,83±0,16	4,38±0,17	3,88±0,16
Снижение качества после оттаивания, на балл	0,67		0,50	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Количество пересадок, n/%	21/100,0		22/100,0	
Приживляемость на 50 день, n/%	9/42,9		10/45,5	

Примечание: **P<0.01

Полученные данные свидетельствуют о том, что у коров-доноров опытной группы применение L-карнитина в вымывной среде не приводило к существенным изменениям в морфологии эмбрионов после их оттаивания по сравнению с контролем. Так, после дефростации в опытной группе было получено 91,7 % клеток, пригодных к трансплантации, в контроле указанный показатель составил 91,3 % (разница – 0,4 п. п.). Как в контрольной, так и в опытной группе зародышей было отмечено достоверное (P<0.01) снижение качества эмбрионов, оценённых как «отличные» до криоконсервирования, с разницей в 6,1 п. п. соответственно на 47,8 и 41,7 п. п. Количество «удовлетворительных» и «неудовлетворительных» зародышей в опыте составило 12,5 и 8,3 %, что на 0,5 и 0,4 п. п. было меньше, чем в контроле. Средний балл оттаянных эмбрионов оказался на уровне 3,83 в контрольной группе и был аналогичен результатам в опытной – 3,88, при этом снижение качества эмбриоматериала после его криоконсервирования составило 0,67 и 0,5 балла, а общее количество зародышей отличного и хорошего качества и приживляемость эмбрионов у реципиентов было сопоставимо в обеих группах – 78,3 и 79,2 % и 42,9 и 45,5 % соответственно.

Заключение. Таким образом, при добавлении в среду для извлечения эмбрионов у коров-доноров липолитического вещества L-карнитина обозначилась тенденция качественного улучшения заморожено-оттаянных зародышей и повышения результативности пересадок дефростированного эмбриоматериала, что требует проведения дополнительных исследований в плане изучения действия указанного выше биологически активного агента на других этапах технологии криоконсервирования зародышей крупного рогатого скота.

Литература

1. Lane, M. Addition of ascorbate during cryopreservation stimulates subsequent embryo development / M. Lane, J. M. Maybach, D. K. Gardner // Human Reproduction. – 2002. – Vol. 17(10). – P. 2686–2693. DOI: 10.1093/humrep/17.10.2686.
2. Is the zona pellucida an efficient barrier to viral infection? / A. Van Soom [et al.] // Reprod. Fertil. Dev. – 2010. – Vol. 22(1). – P. 21–31. DOI: 10.1071/RD09230
3. Hershlag, A. Effect of prefreeze assisted hatching on post thaw survival of mouse embryos / A. Hershlag, H. L. Feng // Fertility and Sterility. – 2005. – Vol. 84. – P. 1752–1754. DOI:

10.1016/j.fertnstert.2005.05.065.

4. A prospective randomized study to assess the benefit of partial zona pellucida digestion before frozen-thawed embryo transfers / C. Sifer [et al.] // *Hum. Reprod.* – 2006. – Vol. 21(9). – P. 2384–2389. DOI: 10.1093/humrep/del149.

5. Application of laser-assisted zona drilling to in vitro fertilization of cryopreserved mouse oocytes with spermatozoa from a subfertile transgenic mouse / M. Anzai [et al.] // *J. Reprod. Dev.* – 2006. – Vol. 52(5). – P. 601–606. DOI: 10.1262/jrd.18040.

6. Montag, M. Use of a laser to evaluate zona pellucida hardness at different stages of mouse embryonic development in vitro and in vivo / M. Montag, B. Kol, H. van der Ven // *J. Assist. Reprod. Genet.* – 2000. – Vol. 17(3). – P. 178–181. doi: 10.1023/a:1017257824215.

7. Effect of zona incision by piezo-micromanipulator (ZIP) on in vitro fertilization in 21 transgenic mice lines / Y. Kawase [et al.] // *Exp. Anim.* 2009. – Vol. 58(4). – P. 415–419. DOI: 10.1538/expanim.58.415.

8. Effect of delipidant agents during in vitro culture on the development, lipid content, gene expression, and cryotolerance of bovine embryos. / O. Dias [et al.] // *Reproduction in Domestic Animals.* – 2020. – Vol. 55(1). – P. 11–20. DOI: 10.1111/rda.13579.

9. Crucial surviving aspects for vitrified in vitro-produced bovine embryos / M. J. Sudano [et al.] // *Zygote.* – 2014. – Vol. 22. – P. 124–31. DOI: 10.1017/S0967199412000196.

10. Enhancement of lipid metabolism with L-carnitine during in vitro maturation improves nuclear maturation and cleavage ability of follicular porcine oocytes / T. Somfai [et al.] // *Reprod. Fertil. Dev.* – 2011. – Vol. 23. – P. 912–920. DOI: 10.1071/RDv10339.

11. Yamada, T. Beneficial effects of acetyl-L-carnitine treatment during IVM on post-fertilization development of bovine oocytes in vitro / T. Yamada, H. Imai, M. Yamada // *Reprod. Fertil. Dev.* – 2006. – Vol. 18. – P. 280–281. DOI: 10.1071/RDv18n2Ab346.

12. Beta-oxidation is essential for mouse oocyte developmental competence and early embryo development / K. R. Dunning [et al.] // *Biol. Reprod.* – 2010. – Vol. 83. – P. 909–918. DOI: 10.1095/biolreprod.110.084145.

13. Gülçin, I. Antioxidant and antiradical activities of L-carnitine / I. Gülçin, // *Life Sci.* – 2006. – Vol. 78. – P. 803–811. DOI: 10.1016/j.lfs.2005.05.103.

14. Pillich, R. T. Reduction of apoptosis through the mitochondrial pathway by the administration of acetyl-L-carnitine to mouse fibroblasts in culture / R. T. Pillich, G. Scarsella, G. Risuleo // *Exp. Cell Res.* – 2005. – Vol. 306. – P. 1–8. DOI: 10.1016/j.yexcr.2005.01.019.

15. L-carnitine attenuates oxidant injury in HK-2 cells via ROS-mitochondria pathway / J. Ye [et al.] // *Regul. Pept.* – 2010. – Vol. 161. – P. 58–66. DOI: 10.1016/j.regpep.2009.12.024.

16. L-carnitine enhances oocyte maturation and development of parthenogenetic embryos in pigs / G. Q. Wu [et al.] // *Theriogenology.* – 2011. – Vol. 76. – P. 785–793. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2011.04.011.

17. Supplementation of maturation medium with L-carnitine improves cryo-tolerance of bovine in vitro matured oocytes / V. Chankitisakul [et al.] // *Theriogenology.* – 2013. – Vol. 79(4). – P. 590–598. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2012.11.011.

18. Effect of L-carnitine on maturation, cryo-tolerance and embryo developmental competence of bovine oocytes / T. Phongnimitr [et al.] // *Animal Science Journal.* – 2013. – Vol. 84(11). – P. 719–725. DOI: 10.1111/asj.12067.

19. Усовершенствованная технология трансплантации эмбрионов в молочном и мясном скотоводстве : методические рекомендации / А. И. Будевич [и др.]. – Жодино, 2010. – 17 с.

Поступила 26.02.2024 г.

А.Н. РУДАК, А.И. ГЕРМАН, Ю.И. ГЕРМАН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМРФИЗМА STR-ЛОКУСОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПОРТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛОШАДЕЙ

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

Потенциал верховой лошади можно определить по её спортивным показателям. В целом, работоспособность лошадей принадлежит к признакам сложной полигенной природы и имеет достаточно низкий коэффициент наследуемости (0,11-0,13), что побуждает к поиску наиболее эффективных (в экономическом и селекционном плане) путей раннего прогнозирования данного признака. В статье представлены результаты оценки работоспособности лошадей верховых пород в зависимости от наличия определенных аллелей в 17 локусах микросателлитов ДНК. Установлено, что наиболее высокие результаты спортивных качеств показали лошади с наличием в генотипе аллелей K (AHT5), Q (ASB2), J (ASB23), I (CA425), M (CA425), H (HMS2), M (HMS2), J (HMS3) в соответствующих микросателлитных локусах. Выявленные особенности рекомендуется использовать для прогнозирования спортивной работоспособности лошадей в раннем возрасте, отбора в саморемонт при отсутствии возможности проведения заводских испытаний в хозяйствах, выранныхжировки и продажи неперспективного для разведения и спорта молодняка.

Ключевые слова: лошади верховых пород, работоспособность, микросателлитные локусы, ДНК, аллели.

A.N. RUDAK, A.I. HERMAN, Y.I. HERMAN

USE OF STR LOCI POLYMORPHISM FOR PREDICTING EQUINE ATHLETIC PERFORMANCE

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

The potential of a riding horse can be determined by its athletic performance. In general, horse performance belongs to the traits of complex polygenic nature and has a fairly low inheritance coefficient (0.11-0.13), which prompts the search for the most effective (in economic and breeding terms) ways of early prediction of this trait. This paper contains the results of evaluation of performance of riding horses depending on the presence of certain alleles in 17 microsatellite DNA loci. Horses with alleles K

(AHT5), Q (ASB2), J (ASB23), I (CA425), M (CA425), H (HMS2), M (HMS2), J (HMS3) in the corresponding microsatellite loci showed the best athletic performance. The revealed peculiarities are recommended to be used for predicting the athletic performance of horses at an early age, replacement selection in the absence of the possibility of conducting factory tests in farms, culling and sale of unpromising for breeding and sport young stock.

Keywords: riding horses, performance, microsatellite loci, DNA, alleles.

Введение. Вопросы прогнозирования спортивной работоспособности в раннем возрасте всегда интересовали учёных и практиков в области коннозаводства. Потенциал каждой верховой лошади можно определить по её спортивным показателям. Следует отметить, что работоспособность лошадей принадлежит к признакам сложной полигенной природы и имеет достаточно низкий коэффициент наследуемости (0,11-0,13) [1]. Это обуславливает необходимость поисков наиболее эффективных (в экономическом и селекционном плане) путей определения данного признака.

Достижения в области генетических технологий постепенно объясняют роль конкретных генов, обуславливающих работоспособность лошадей, и позволяют по-новому взглянуть на разработку новых методов прогнозирования их спортивных задатков на ранних этапах онтогенеза [2, 3]. Маркерная селекция представляет собой перспективное направление в животноводстве, основанное на применении знаний о генетических маркерах, ассоциированных с хозяйственно-полезными признаками для улучшения селекционной работы [4]. Уже очевидно, что изучение и выявление полиморфизма ДНК позволяет оценить генетический потенциал любой породы по селекционируемым признакам, в том числе и по спортивной работоспособности [5]. В связи с указанным исследованием по раннему прогнозированию качества лошадей являются весьма актуальными.

Целью исследований являлось определить показатели спортивной работоспособности лошадей в зависимости от наличия наиболее распространённых аллелей в 17 локусах микросателлитов ДНК.

Материал и методика исследований. Исследования выполнялись в Учреждении «Республиканский центр олимпийской подготовки конного спорта и коневодства» (пос. Ратомка Минского района). Объектом исследований являлись лошади верховых пород, предметом – показатели оценки спортивной работоспособности, а также аллели в локусах микросателлитов ДНК.

Спортивная работоспособность определялась по результатам протоколов оценки лошадей на проводимых ежегодно заводских испытаниях. Для проведения ДНК-анализа в качестве биоматериала

использовались волосяные луковицы из гривы в области холки. 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 [6].

Наличие в генотипах определённых аллелей определялось на основании данных генетического сертификата каждой лошади.

Результаты исследований обработаны биометрически по методике П.Ф. Рокицкого на ПК с применением Microsoft Excel.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Для выявления предпочтительных генов-маркеров проанализированы показатели оценки спортивных качеств, обуславливающие работоспособность, лошадей верховых пород У «РЦОПКС и К» в зависимости от наличия определённых аллелей в генотипах по 17 STR-локусам.

Данные таблицы 1 показывают, что наиболее высокую оценку спортивных качеств получили лошади с наличием в микросателлитном локусе АНТ4 аллелей О (7,68±0,09 балла) и Н (7,62±0,16 балла), в локусе АНТ5 аллелей К (7,72±0,10 балла) и J (7,69±0,13 балла). Лошади, имеющие в генотипе аллели Q и N по локусу ASB2, также показали значительные результаты на заводских испытаниях – 7,83±0,14 и 7,68±0,13 балла соответственно. Высокой оценкой спортивных качеств отличались лошади с наличием аллелей М (7,72±0,13 балла), N (7,79±0,10 балла) в генотипе по локусу ASB17, аллелей J (7,86±0,08 балла) и U (7,76±0,16 балла) в локусе ASB23, а также с наличием аллеля I в локусе СА425 (7,91±0,10 балла).

Таблица 1 – Работоспособность лошадей верховых пород в зависимости от наличия определенных аллелей в генотипе по локусам АНТ4, АНТ5, ASB2, ASB17, ASB 23, СА425 микросателлитов ДНК

Локус	Аллель	Кол-во голов	Оценка спортивных качеств, баллов
1	2	3	4
АНТ4	О	39	7,68±0,09
	Н	21	7,62±0,16
	J	33	7,57±0,09
АНТ5	К	37	7,72±0,10
	N	13	7,47±0,18
	М	18	7,35±0,12
	J	20	7,69±0,13
	О	12	7,62±0,12

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
ASB2	K	30	7,65±0,10
	N	22	7,68±0,13
	Q	16	7,83±0,14
	M	21	7,58±0,12
ASB17	G	22	7,56±0,11
	N	32	7,79±0,10
	M	16	7,72±0,13
	R	30	7,57±0,09
ASB23	J	26	7,86±0,08
	U	13	7,76±0,16
	K	29	7,54±0,10
	L	27	7,54±0,10
	S	10	7,51±0,25
CA425	N	42	7,53±0,08
	I	12	7,91±0,10
	J	12	7,74±0,18
	M	13	7,78±0,16

Незначительно ниже оценку спортивных качеств получили лошади, имеющие в генотипе аллель J (7,57±0,09 балла) в локусе АНТ4, аллели М (7,35±0,12 балла) и N (7,47±0,18) в локусе АНТ5, аллель М (7,58±0,12) в локусе ASB2. Несколько хуже показали результаты и были оценены лошади с наличием в локусе ASB17 аллелей G (7,56±0,11 балла) и R (7,57±0,09 балла), в локусе ASB23 аллелей K, L (7,54±0,10 балла) и S (7,51±0,25 балла), в локусе CA425 аллеля N (7,53±0,08 балла). Выявленные в указанных локусах аллели могут являться генетическими маркерами спортивной работоспособности лошадей и в перспективе использованы при их отборе.

В таблице 2 представлены показатели оценки спортивных качеств лошадей в зависимости от наличия определенных аллелей в генотипе по локусам HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7 микросателлитов ДНК. Анализ полученных данных позволил установить, что наиболее высокие результаты на заводских испытаниях показали лошади, имеющие аллели H (8,06±0,23 балла) и M (7,81±0,13 балла) в локусе HMS2, аллели I (7,68±0,16 балла) и J (7,80±0,17 балла) в локусе HMS3, аллели L (7,71±0,10 балла) и M (7,71±0,11 балла) в локусе HMS7 и аллель K (7,73±0,23 балла) в локусе HMS6.

Немного ниже оценку спортивных качеств получили лошади с наличием в генотипе аллелей O (7,37±0,14 балла) и P (7,48±0,16 балла) в локусе HMS3, аллеля N (7,26±0,23 балла) в локусе HMS7.

Таблица 2 – Работоспособность лошадей верховых пород в зависимости от наличия определенных аллелей в генотипе по локусам HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7 микросателлитов ДНК

Локус	Аллель	Ко-во голов	Оценка спортивных качеств, баллов
HMS1	J	24	7,51±0,15
	M	56	7,59±0,08
HMS2	H	8	8,06±0,23
	K	30	7,63±0,13
	L	45	7,56±0,08
	M	12	7,81±0,13
HMS3	I	17	7,68±0,16
	N	18	7,53±0,08
	J	11	7,80±0,17
	P	18	7,48±0,16
	M	15	7,64±0,20
	O	16	7,37±0,14
HMS6	P	40	7,64±0,10
	K	10	7,73±0,23
	M	30	7,54±0,09
	O	19	7,65±0,14
HMS7	J	18	7,50±0,18
	L	34	7,71±0,10
	M	16	7,71±0,11
	O	20	7,53±0,12
	N	11	7,26±0,23

Аналогичный анализ был проведён по микросателлитным локусам HTG4, HTG6, HTG7, HTG10, VHL20, LEX3 (таблица 3).

Таблица 3 – Работоспособность лошадей верховых пород в зависимости от наличия определенных аллелей в генотипе по локусам HTG4, HTG6, HTG7, HTG10, VHL20, LEX3 микросателлитов ДНК

Локус	Аллель	Кол-во голов	Оценка спортивных качеств, баллов
1	2	3	4
HTG4	K	46	7,76±0,08
	L	4	7,56±0,42
	M	36	7,48±0,10
HTG6	G	41	7,61±0,09
	J	31	7,62±0,13
	R	11	7,69±0,11
	O	24	7,59±0,13

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
HTG7	N	21	7,69±0,14
	O	49	7,68±0,08
	K	26	7,72±0,10
HTG10	O	23	7,70±0,11
	I	11	7,54±0,21
	K	34	7,56±0,10
	R	19	7,52±0,14
VHL20	N	20	7,64±0,13
	L	16	7,69±0,15
	M	32	7,59±0,09
	I	21	7,44±0,12
LEX3	L	20	7,74±0,15
	M	9	7,64±0,24
	P	20	7,64±0,10
	H	22	7,58±0,10
	O	18	7,53±0,12

В результате анализа данных таблицы 3 установлено, что наилучшую работоспособность показали лошади с наличием аллеля К (7,76±0,08 балла) в локусе HTG4, аллеля R (7,69±0,11 балла) в локусе HTG6, аллелей N (7,69±0,14 балла) и К (7,72±0,10 балла) в локусе HTG7, аллеля О (7,70±0,11 балла) в локусе HTG10, L (7,69±0,15 балла) – в локусе VHL20 и аллеля L (7,74±0,15 балла) в локусе LEX3.

Неперспективными по спортивным качествам оказались лошади с наличием в генотипе аллелей в следующих микросателлитных локусах: М (7,48±0,10 балла) в локусе HTG4, I (7,54±0,21 балла) и R (7,52±0,14 балла) в локусе HTG10, I (7,44±0,12 балла) в локусе VHL20.

Выявленные особенности рекомендуется использовать для прогнозирования спортивной работоспособности лошадей в раннем возрасте, отбора в саморемонт при отсутствии возможности проведения заводских испытаний в хозяйствах, выранных и продажи неперспективного для разведения и спорта молодняка.

Заключение. В ходе проведенных исследований установлено, что высокие результаты оценки спортивных качеств показали лошади с наличием в генотипе аллелей К (АНТ5), Q (ASB2), J (ASB23), I (CA425), М (CA425), Н (HMS2), М (HMS2), J (HMS3) в соответствующих микросателлитных локусах. Неperспективными по результатам оценок спортивных качеств оказались лошади с наличием в генотипе аллелей N (АНТ5), М (АНТ5), Р (HMS3), О (HMS3), N (HMS7), М (HTG4), I (VHL20).

Таким образом, определены наиболее предпочтительные аллели в микросателлитных локусах ДНК лошадей верховых пород, взаимосвязанные с показателями их спортивной работоспособности, которые можно использовать в качестве маркеров при их отборе.

Полученные данные могут являться важным инструментом для раннего прогнозирования спортивной работоспособности верховых лошадей, обеспечивающих высокий уровень их производительных качеств.

Литература

1. Будревич, О. Л. Взаимосвязь гена СОХ412 со спортивными качествами лошадей траккененской и ганноверской пород / О. Л. Будревич, А. В. Вишневец // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства: сб. тр. науч.-практ. конф. – Брянск, 2022. – С.178-183.
2. Analysis of competition performance in dressage and show jumping of Dutch Warm blood horses / G. Rovere [et al.] // Journal Animal Breeding and Genetics. – 2016. – Vol. 133(6). – P. 503-512. – DOI: 10.1111/jbg.12221.
3. Wilkin, T. Equine performance genes and the future of doping in horseracing / T. Wilkin. T., A. Baoutina, N. Hamilton // Drug Test Anal. – 2017. – Vol. 9(9). – P. 1456-1471. – DOI: 10.1002/dta.2198. 4..
4. Ертай, А. Б. Хозяйственно-полезные признаки и генетический полиморфизм по микросателлитам ДНК овец эдильбаевской породы : автореф. дис... канд. с.-х. наук / А. Б. Ертай. – Москва, 2023. – 24 с.
5. Храброва, Л. А. Теоретические и практические аспекты генетического мониторинга в коневодстве : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.02.07 / Л. А. Храброва ; ВНИИК. – Дивово, 2011. – 38 с.
6. Технология генотипирования лошадей по микросателлитным локусам ДНК: мет. рекомендации / И. П. Шейко [и др.]. – Жодино, 2016. – 18 с.

Поступила 7.05.2024 г.

УДК 636.4.082:025.4

Н.М. ХРАМЧЕНКО¹, К.В. НЕВАР², Т.Н. САДОВСКАЯ³

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ ИНДЕКСОВ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ В СВИНОВОДСТВЕ

¹*Белллемживобъединение, г. Минск, Республика Беларусь*

²*Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

³*Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Республика Беларусь*

Целью представленной работы было установить взаимосвязь индексной оценки животных с величинами измерений селекционируемых признаков,

входящими в индексную оценку. Исследования проведены на популяции свиной двух плановых пород ландрас и йоркшир, обладающих достаточным количеством животных с измеренными значениями селекционируемых признаков собственной продуктивности и имеющимися в государственной информационной системе в области племенного свиноводства на 31.12.2022 года в количестве 2915 основных свиноматок и 76 основных хряков-производителей. Установлено, что все селекционируемые признаки, входящие в комплексные индексы свиноматок и хряков-производителей, имеют положительные значения корреляции средней и высокой степени: для свиноматок: среднесуточный прирост – 0,915-0,835, многоплодие – 0,179-0,487, масса гнезда к отъёму – 0,482-0,377; для хряков-производителей: толщина шпика – 0,297 – (- 0,225) для пород ландрас и йоркшир, соответственно, среднесуточный прирост - 0,999, что свидетельствует о возможности использования разработанных индексов в селекционно-племенной работе.

Ключевые слова: селекционный индекс, агрегатный генотип, экономическая ценность, свиньи.

N.M. KHRAMCHENKO, K.V. NEVAR, T.N. SADOVSKAYA

USE OF ECONOMIC COMPLEX INDICES OF BREEDING VALUE IN PIG PRODUCTION

¹*Belplemzhivodobnenie, Minsk, Republic of Belarus*

²*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

³*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus*

The aim of the presented work was to establish the relationship between the index assessment of animals and the measurement values of the selected traits included in the index assessment. The research was conducted on the population of pigs of two planned breeds, Landrace and Yorkshire, having a sufficient number of animals with measured values of selected traits of their own productivity and available in the state information system in the field of pedigree pig breeding as of December 31, 2022 in the number of 2,915 main sows and 76 main stud boars. It was found that all selected traits included in the complex indices of sows and stud boars had positive correlation values of medium and high degree: for sows: average daily gain – 0.915-0.835, prolificacy – 0.179-0.487, litter weight at weaning – 0.482-0.377; for stud boars: backfat thickness – 0.297 – (- 0.225) for Landrace and Yorkshire breeds, respectively, average daily gain - 0.999, which indicates the possibility of using the developed indices in selection and breeding work.

Keywords: selection index, aggregate genotype, economic value, pigs.

Введение. Широкое использование индексов, объединяющих несколько селекционируемых признаков, впервые началось с разработки

Hazel L.N. в 1943 году методики определения комплексного генотипа как линейной комбинации племенной ценности селекционируемого признака, взвешенного на его ценность, выраженной в весовых коэффициентах. Эта методика, позволяющая объединить для одновременного отбора племенную ценность животных по нескольким признакам, получила название теории селекционного индекса и является наиболее теоретически обоснованной в настоящее время. Данная теория объединяет методы, которые позволяют решить проблему объединения информации из разных источников, чтобы получить максимально точный прогноз общей генетической ценности для заранее определённой комбинации селекционируемых признаков, племенная ценность которых может быть рассчитана разными методами: по фенотипу, генотипу, геному [1]. При её использовании для расчёта весовых коэффициентов селекционируемых признаков, включённых в комплексный индекс, необходима информация об их экономической ценности и генетических и фенотипических ковариационно-вариационных матрицах. Экономическая ценность может быть определена из прибыли или экономической эффективности, полученной предприятием за счёт совокупной племенной ценности животного. В настоящее время целью большинства коммерческих программ селекции является увеличение прибыли, или экономической эффективности производства. Предпочтения селекционеров, которые не имеют под собой прямого экономического обоснования и основаны на желании развивать подконтрольную популяцию в определённом направлении, также могут быть целью селекции, данный подход зачастую используется при селекции домашних питомцев. В конечном счёте оба подхода направлены на экономическую целесообразность разведения животных, поэтому обобщённо, независимо от способа определения, будем использовать термин «экономическая ценность». Экономическая ценность может быть выражена как в денежном выражении, единицах измерения и относительных величинах, в частности, так и в долях единицы или процентах селекционируемых признаков [2, 3, 4, 5].

Фенотипические и генотипические ковариационно-вариационные матрицы могут быть получены напрямую из данных фенотипических измерений и величин племенной ценности популяции или быть рассчитаны из селекционно-генетических параметров (наследуемости, генетических и фенотипических корреляций). Их использование при расчёте весовых коэффициентов позволяет учесть влияние взаимосвязи между признаками и колебаний в уровнях наследуемости и изменчивости, тем самым оптимизируя влияние каждого признака на величину комплексного индекса согласно заданной экономической ценности.

Согласно теории селекционного индекса, весовые коэффициенты b

являются результатом решением следующей системы уравнений (формула 1):

$$b = P^{-1} G v \quad (1)$$

где:

b – вектор весовых коэффициентов признаков входящих в комплексный индекс;

P – матрица фенотипических (ко)вариаций в комплексный индекс;

G – матрица генетических (ко)вариаций признаков входящих в комплексный индекс;

v – вектор экономических весов признаков.

Несмотря на то, что на теории селекционного индекса, разработанной Hazel L.N., основаны большинство комплексных индексов программ селекции сельскохозяйственных животных стран с развитым животноводством, она практически не используется для разработки комплексных индексов в современном животноводстве республики, в частности в свиноводстве.

В настоящее время при расчёте комплексных индексов, в качестве весовых коэффициентов используются экономические веса признаков, выраженные в долях единицы. Данный подход вполне допустим при объединении частных индексов, стандартизированных по единой методике в комплексный индекс племенной ценности, но недопустим для комплексных индексов, в основе которых лежит племенная (генетическая) ценность группы селекционируемых признаков (молочная продуктивность, воспроизводство, экстерьер и др.). При этом необходимость использования теории селекционного индекса для разработки комплексной индексной оценки закреплена в Решении Коллегии Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 24 ноября 2020 г. № 149 «Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах – членах Евразийского экономического союза» [6]. В целях широкого внедрения в практику селекции и имплементации решения ЕЭК в 2021 году начаты исследования, направленные на разработку методических рекомендаций по конструированию и использованию комплексных индексов на примере свиноводства, включающие разработку программного обеспечения, которое позволит значительно облегчить использование в практической селекции данной теории и будет универсально для применения в селекции любого вида сельскохозяйственных животных.

Целью представленной работы является установление взаимосвязи индексной оценки животных с величинами измерений селекционируемых признаков входящими в индексную оценку.

Материал и методика исследований. Для расчёта чистой стоимости селекционируемых признаков на одну единицу селекционируемого признака разработана биоэкономическая модель, предложенная DeVries [7], для имитации жизненного цикла группы свиноматок и их потомства.

Экономическая ценность признака рассчитывается как отношение изменения прибыли (или эффективности) к изменению генетического уровня признака.

Предельная экономическая ценность признака i (v_i) [8]:

$$v_i = \frac{P * (\mu_i + d_i) - P * (\mu_i - d_i)}{2d_i} = \frac{\Delta P}{\Delta i}$$

где μ_i – среднее значение признака i . d_i – изменение признака, P – чистая прибыль для заданного значения признака i , ΔP – разница в чистой прибыли; Δi – разница в признаке i .

Расчёт весовых коэффициентов комплексных индексов проведён согласно формуле 1. В комплексный индекс вошли: для хряков-производителей – два признака: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг (ССП) и толщина шпика (ТШ); для свиноматок – три признака: среднесуточный прирост от рождения до живой массы 100 кг, многоплодие (М), средняя масса поросёнка при отъёме (МПГ). В качестве селекционно-генетические параметров, необходимых для расчёта весовых коэффициентов комплексных индексов, использованы фактические данные стандартного отклонения и корреляции между признаками пород ландрас и йоркшир (таблица 1). После расчёта весовых коэффициентов комплексные индексы (y) приняли вид:

- для хряков-производителей: $y = 3,547 \times \text{ССП} + (-6,041) \times \text{ТШ}$

- для свиноматок: $y = 3,9 \times \text{ССП} + 27,5 \times \text{М} + 7,35 \times \text{МПГ}$

Таблица 1 – Экономический вес селекционируемых признаков и селекционно-генетические параметры популяции свиней пород ландрас и йоркшир

При- знак	Эконом вес (v) руб.	h ²	σ	Корреляция над диагональю ге- нотипическая, под диагональю фенотипическая		
				ССП	ТШ	
Хряки-производители				ССП	ТШ	
ССП	5,12	0,71	50,9	-		0,15
ТШ	-9,23	0,26	2,96	0,15		-
Свиноматки				ССП	М	МПГ
ССП	5,12	0,71	50,9	-	0,246	-0,184
М	400,6	0,11	3,23	0,246	-	-0,882
МПГ	80,07	0,10	20,0	-0,184	-0,882	-

Исследования взаимосвязи индексной оценки с селекционируемыми

признаками проведены в популяции свиней двух плановых пород: ландрас и йоркшир, обладающих достаточным количеством животных с измеренными значениями селекционируемых признаков собственной продуктивности имеющимися в государственной информационной системе в области племенного свиноводства следующих хозяйств: СК репродуктор первого порядка «Рассошное», «Нуклеус» Минской области, КХ «Тодрика Б.С.», СПК «им. Черняховского» Гродненской области, КФХ «Прибужское» Брестского района, ОАО «Василишки» Щучинского района, СК «Мышанка» Гомельской области, филиал «СГЦ «Заднепровский» ОАО «Оршанский КХП» Оршанского района, в количестве 2915 основных свиноматок и 76 основных хряков-производителей.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Проведена комплексная индексная оценка племенной ценности хряков-производителей и свиноматок. Ввиду 100 % совпадения рейтинга оценённых животных нами не проводилась Z-стандартизация индексной оценки, которая показывает, сколько стандартных отклонений составляет разброс индекса относительного среднего значения (данная стандартизация применяется в используемой системе индексной оценки, в которой одно стандартное отклонение приравнивается к 12 баллам при среднем равным 100). Таким образом, мы использовали фактические значения комплексных индексов. При необходимости можно использовать данный метод, что обеспечит возможность сравнения неоднородных значений разных индексов и облегчит определение рейтинга животного в популяции.

В таблице 2 представлены усреднённые данные индексной оценки 2915 основных свиноматок пород йоркшир и ландрас. В абсолютном выражении средняя величина индекса составила 3254 балла. В среднем свиноматки породы йоркшир имели выше показатели индексной оценки в сравнении с породой ландрас на 55 баллов.

Таблица 2 – Средние фенотипические значения селекционируемых признаков репродуктивных качеств свиноматок и их индексная оценка

Порода	n	Фенотипические показатели			Индексная оценка	
		среднесуточный прирост, г	многоплодие, голов	Масса гнезда к отъёму, кг	среднее	σ
Ландрас	1783	569	12,2	91,9	3233	240
Йоркшир	1132	581	12,4	92,6	3288	194
Две породы	2915	574	12,3	92,2	3254	222

В таблице 3 представлены усредненные данные индексной оценки 76 основных хряков-производителей пород йоркшир и ландрас. В абсолютном выражении величина индекса составила 2242 балла. Хряки-

производителей породы ландрас имели выше показатели индексной оценки породы йоркшир на 21 балл.

Таблица 3 – Средние фенотипические значения селекционируемых признаков оценки собственной продуктивности хряков-производителей и их индексная оценка

Порода	n	Фенотипические показатели		Индексная оценка	
		среднесуточный прирост, г	толщина шпика, мм	среднее	σ
Ландрас	35	649	7,73	2253	285
Йоркшир	41	643	8,07	2232	287
Две породы	76	646	7,91	2242	286

Одним из главных параметров оценки качества разработанного индекса является наличие положительной взаимосвязи комплексной индексной оценки с фактическими значениями признаков входящих в него. Расчётные величины взаимосвязи в последующем используются для моделирования селекционного процесса на основе индексной селекции.

Анализ взаимосвязи фенотипических значений селекционируемых признаков с комплексной индексной оценкой свиноматок представлен в таблице 4. Установлено, что все признаки, входящие в индекс, имеют положительные значения корреляции средней и высокой степени: среднесуточный прирост – 0,915-0,835, многоплодие – 0,179-0,487, масса гнезда к отъёму –0,482-0,377 для пород ландрас и йоркшир соответственно, что свидетельствует о возможности использования разработанных индексов в селекционно-племенной работе.

Таблица 4 – Взаимосвязь индексной оценки с фенотипическими значениями селекционируемых репродуктивных признаков свиноматок

	Среднесуточный прирост, г	Многоплодие, голов	Масса гнезда к отъёму, кг
Ландрас			
Комплексный индекс	0,915	0,179	0,482
Йоркшир			
Комплексный индекс	0,835	0,487	0,377

Относительно невысокая взаимосвязь многоплодия с величиной индекса связана с достаточно высоким показателем взаимосвязи среднесуточного прироста и многоплодия – 0,246.

Коэффициенты корреляции среднесуточного прироста и комплексного индекса хряков-производителей (таблица 5) находились на очень высоком уровне – 0,999, в то время как по толщине шпика – близком к среднему значению -0,297- (-0,225) для пород ландрас и йоркшир соответственно, что соответствует вкладу данных признаков при разработке индекса. Отрицательные значения корреляции связаны с тем, что предпочтительными величинами данного признака являются минимальные.

Таблица 5 – Взаимосвязь индексной оценки с фенотипическими значениями селекционируемых признаков собственной продуктивности хряков-производителей

	Среднесуточный прирост, г	Толщина шпика, мм
Ландрас		
Комплексный индекс	0,999	-0,297
Йоркшир		
Комплексный индекс	0,999	-0,225

Закключение. Проведена комплексная индексная оценка племенной ценности свиноматок и хряков-производителей. В абсолютном выражении величины индексов свиноматок составили в среднем 3254 балла, хряков-производителей – 2242 балла. Установлено, что все селекционируемые признаки, входящие в комплексные индексы свиноматок и хряков-производителей, имеют положительные значения корреляции средней и высокой степени: для свиноматок: среднесуточный прирост – 0,915-0,835, многоплодие – 0,179-0,487, масса гнезда к отъёму – 0,482-0,377; для хряков-производителей: толщина шпика – -0,297 – (-0,225), для пород ландрас и йоркшир, соответственно, среднесуточный прирост - 0,999, что свидетельствует о возможности использования разработанных индексов в селекционно-племенной работе.

Литература

1. Hazel, L. N. The Genetic Basis for Constructing Selection Indexes / L. N. Hazel // *Genetics*. – 1943. – Vol. 28(6). – P. 476-490. DOI: 10.1093/genetics/28.6.476.
2. Dekkers, J. C. M. Design and optimization of animal breeding programmes / J. C. M. Dekkers, J. P. Gibson // *Semantic Scholar* [Electronic. Resource]. – 2005. – Access mode: <https://www.semanticscholar.org/paper/DESIGN-AND-OPTIMISATION-OF-ANIMAL-BREEDING-Dekkers-Gibson/591bcf6478161ffe40c3596d7f831a42fa0c5b00>
3. Hirooka, H. Economic selection index in the genomic era / H. Hirooka // *J. Anim. Breed. Genet.* – 2019. – Vol. 136: 151-152. DOI: 10.1111/jbg.12390
4. Oldenbroek, K. Textbook Animal Breeding: Animal Breeding and Genetics for BSc Students / K. Oldenbroek, L. van der Waaij ; Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group, Wageningen University and Research Centre. – 2014. – 311 p.
5. Wellmann, R. Selection index theory for populations under directional and stabilizing

selection / R. Wellmann // Genet. Sel. Evol. – 2023. – Vol. 55(10). DOI: 10.1186/s12711-023-00776-4

6. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах-членах Евразийского экономического союза
https://eec.eaunion.org/upload/medialibrary/ae3/Reshenie-Kollegii_-149-ot-24-noyabrya-2020-g.-_metodiki_.pdf

7. DeVries, A. G. A model to estimate economic values of traits in pig breeding / A. G. DeVries // Livest. Prod. Sci. – 1989. – Vol. 21. – P. 49-66.

8. Houska, L. Economic weights for production and reproduction traits of pigs in the Czech Republic / L. Houska, M. Wolfova, J. Jaromir // Livestock Production Science. – 2004. – Vol. 85. – P. 1209-1221.

Поступила 25.03.2024 г.

УДК 636.424.033(476)

И.П. ШЕЙКО, Н.В. ПРИСТУПА, Е.А. ЯНОВИЧ,
И.В. АНИХОВСКАЯ, М.А. КАСКАСИАН

ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ ПОРОДЫ ЛАНДРАС В ПЛЕМЕННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ БЕЛАРУСИ

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

Прогнозирование будущей продуктивности животных – один из главных факторов, определяющих темпы селекционного процесса. Индексный метод – самый распространенный метод оценки племенной ценности животных, так как отбор по селекционным индексам предусматривает максимализацию комплексной оценки. В статье приведены результаты исследований по повышению племенных и продуктивных качеств свиней в зависимости от методов отбора и подбора. Установлено, что показатели многоплодия, молочности, количества поросят и массы гнезда при отъеме в 35 дней у маток были выше внутривидовых показателей на 1,6-16,9 % и свидетельствует о высоких воспроизводительных способностях животных.

Ключевые слова: свиньи, продуктивные качества, свиноматки, хряки-производители, ремонтный молодняк, индексы племенной ценности.

I.P. SHEIKO, N.V. PRISTUPA, E.A. YANOVICH,
I.V. ANIKHOVSKAYA, M.A. KASKASIAN

PRODUCTION ABILITIES OF LANDRACE PIGS AT BREEDING FARMS OF BELARUS

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

Forecasting future animal productivity is one of the main factors determining the pace of the selection process. The index method is the most common method for assessing the breeding value of animals, as selection by breeding indices provides for the maximization of complex evaluation. The article presents the results of research on improvement of breeding and production abilities of pigs depending on the methods of selection and matching. It was found that the prolificacy rate, milk yielding capacity, number of piglets and litter weight at weaning at 35 days in sows exceeded the intrabreed indicators by 1.6-16.9%, suggesting high reproductive ability of animals.

Keywords: pigs, production abilities, sows, stud boars, replacements, estimated breeding values.

Введение. Для удовлетворения спроса населения на мясную свинину уже несколько десятилетий применяются селекционные программы, направленные на разведение свиней с хорошим развитием спинной части и окорока и одновременным уменьшением содержания жира в туше. За эти годы в мире создан и апробирован целый ряд новых типов, линий, пород свиней. Необходимо отметить, что при выведении новых отечественных мясных типов свиней в той или иной мере использован генофонд зарубежных супермясных пород (пьетрен, дюрок, ландрас и йоркшир) [1, 2].

Прогнозирование будущей продуктивности животных является одним из главных вопросов, определяющих темпы селекционного процесса. Метод отбора по селекционным признакам эффективнее осуществлять с применением индексов, разрабатываемых с учетом генетических факторов и экономического веса каждого признака. В зарубежной литературе он называется «методом селекции зависимых уровней» на том основании, что величины частных коэффициентов регрессии, определяющих вес каждого признака, измеряются так, что корреляция между селекционным индексом и общей племенной ценностью животных достигает максимального значения. Индексный метод - самый распространенный метод оценки племенной ценности животных. Важность задачи состоит в том, чтобы выразить показатели продуктивности

животного через экономически важные показатели, т.е. через выход товарной продукции [3,4].

Считается, что селекционный индекс является показателем общей оценки животного, а поэтому эффективность отбора в этом случае в меньшей мере зависит от количества признаков. Отбор по селекционным индексам предусматривает максимализацию комплексной оценки животных [5,6,7].

Для получения конкурентоспособной продукции в животноводстве наряду с применением традиционных методов (разведение, селекция и воспроизводство сельскохозяйственных животных, кормопроизводство и организация полноценного кормления, обеспечение биологической защиты животных) необходима разработка инновационных решений в области биотехнологии. Основные мероприятия по решению указанной задачи базируются на использовании методов молекулярной биотехнологии и генетики и включают оценку достоверности происхождения сельскохозяйственных животных, ДНК-маркирование количественных и качественных признаков продуктивности, ДНК-диагностику наследственных и инфекционных заболеваний, работы по генному конструированию и получению трансгенных животных с заданными свойствами [8].

Целью проведенных исследований является изучение различных селекционных приемов и методов с целью получения конкурентоспособных племенных стад свиней в породе ландрас.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательская работа по разведению и совершенствованию животных породы ландрас проводилась в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской, с/х филиал «СГЦ «Заднепровский» ОАО «Оршанский КХП» Витебской, ЧУП «Полесье-Агроинвест» Гомельской, ОАО «Василишки» Гродненской областей, РУСП «Минское племпредприятие» (Несвижская станция искусственного осеменения).

Исследования проводились на ремонтном молодняке, хряках, свиноматках и откормочном поголовье свиней породы ландрас.

Основным методом работы с породой является чистопородное разведение.

Определение продуктивности у исходных генотипов осуществляли в соответствии с Зоотехническими правилами о порядке определения продуктивности племенных животных, племенных стад, оценки фенотипических и генотипических признаков племенных животных. Оценку животных по собственной продуктивности проводили согласно ОСТ 102-86 «Свины. Метод оценки ремонтного молодняка по собственной продуктивности» по следующим показателям: возраст достижения

живой массы 100 кг (дней), среднесуточный прирост живой массы (г), длина туловища (см), толщина шпика (мм). Длину туловища измеряли мерной лентой по средней линии спины от затылочного гребня до корня хвоста, толщину шпика и высоту длиннейшей мышцы спины – с помощью прибора Piglog – 105 в двух точках (точке 1 между третьим и четвертым позвонками поясничного отдела позвоночника в семи сантиметрах от средней линии спины, точке 2 на уровне третьего – четвертого ребра (в семи сантиметрах от средней линии спины) [9].

Репродуктивные качества свиноматок изучали общепринятыми методами по многоплодию (голов), крупноплодности поросят (кг), молочности (кг), количеству поросят при отъеме (голов), массе гнезда при отъеме в 35 дней (кг), сохранности (%). Для характеристики воспроизводительной способности хряков определяли объем эякулята (мл), подвижность сперматозоидов (в баллах), концентрацию спермиев (млн/мл), общее количество спермиев в эякуляте (млрд.).

Для изучения откормочных и мясных качеств молодняка использовали традиционные методы исследований по следующим показателям: возраст достижения живой массы 100 кг (дней), среднесуточный прирост (г), затраты корма на 1 кг прироста за период откорма (к. ед.).

Морфологический и биохимический состав крови изучали у молодняка в возрасте 4-6 месяцев. В исследованиях использовалась как цельная стабилизированная кровь, так и ее сыворотка. Гематологические и биохимические показатели крови изучали на приборах «Medonic CA 620» и «СормайЛумен» [10].

Биометрическая обработка материалов исследований проводилась общепринятыми методами вариационной статистики по П.Ф. Рокицкому на персональном компьютере с использованием пакета программы «Microsoft Excel».

Результаты исследования. В результате деятельной селекционной работы по адаптации и акклиматизации свиней породы ландрас различных генотипов, в Беларуси созданы высокопродуктивные племенные стада, позволяющие получить конкурентноспособную свинину. Наибольшая эффективность использования свиней породы ландрас достигается в системах промышленного скрещивания и гибридизации.

Рациональное использование генетического потенциала сельскохозяйственных животных позволяет ускорить селекцию на повышение их репродуктивных и откормочных качеств.

Уровень воспроизводительных качеств свиноматок в значительной степени определяет эффективность работы племенных и товарных хозяйств, так как предопределяет объемы выращивания ремонтного молодняка и поголовья свиней на откорме. Поэтому большое значение

приобретает усовершенствование методов оценки воспроизводительных качеств свиноматок. На основе анализа данных, полученных по первому и двум и более опоросам установлено, что свиноматки породы ландрас имеют достаточно высокий уровень воспроизводительной способности (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели продуктивности свиноматок породы ландрас в племенных предприятиях

Показатель	СГЦ «Задне- пров- ский»	ЧУП «Поле- сье-Аг- роин- вест»	ГП «Жоди- ноАгро- ПлемЭ- лита»	ОАО «Васи- лишки»	В сред- нем
<i>Свиноматки с 1 опоросом, голов</i>	40	111	121	44	316
Многоплодие, голов	10,7± 0,29	11,7± 0,25	11,2± 0,16	11,6± 0,38	11,4± 0,13
Молочность, кг	67,9± 1,38*	63,4± 1,48	57,8± 0,63	66,2± 1,24	62,2± 0,66
Отнято поросят, голов	10,2± 0,18	10,5± 0,18	10,8± 0,14	11,0± 0,50	10,7± 0,11
Масса гнезда в 35 дней, кг	116,5± 2,35**	108,4± 1,69	95,5±1 ,13	96,3± 1,95	102,8± 0,94
<i>Свиноматки с 2 и более опоросами, гол.</i>	59	448	377	163	1047
Многоплодие, голов	11,9± 0,20	12,9± 0,08*	11,8± 0,08	12,8± 0,14*	12,4± 0,05
Молочность, кг	67,7± 1,36	73,9±0 ,46**	59,9± 0,20	68,4± 0,74	67,7± 0,32
Отнято поросят, голов	10,3± 0,09	11,3± 0,05	11,0± 0,05	11,7±0 ,05**	11,2± 0,04
Масса гнезда в 35 дней, кг	112,9± 1,66	119,2± 0,51	96,8± 0,43	99,3±0,5	107,7± 0,44
<i>Всего маток, голов</i>	99	559	498	207	1363
Многоплодие, голов	11,4±0,1 8	12,7± 0,08*	11,7± 0,07	12,8± 0,15	12,3± 0,05
Молочность, кг	67,7± 0,98	71,8± 0,5**	59,4± 0,22	67,9± 0,64	66,4± 0,29
Отнято поросят, голов	10,2± 0,09	11,1± 0,05	10,9± 0,05	11,6± 0,05	11,0± 0,03
Масса гнезда в 35 дней, кг	114,2± 1,36**	117,1± 0,56**	96,5± 0,43	98,7± 0,55	106,6± 0,41

При анализе репродуктивных качеств маток-первоопоросок, маток с 2-мя и более опоросами породы ландрас установлено, что показатели многоплодия в среднем по всем хозяйствам составили – 11,4-12,4 поросят на опорос, молочности – 62,2-67,7 кг, количества поросят при отъеме – 10,7-11,2 голов, массы гнезда при отъеме – 102,8-107,7 кг, соответственно.

Лучшими показателями многоплодия отличались свиноматки ЧУП «Полесье-АгроИнвест». Величина данного признака у первоопоросок данного хозяйства составила – 11,7 кг, у маток с 2-мя и более опоросами – 12,9 голов. Однако более высокий показатель сохранности поросят к отъему имели свиноматки как с одним, так и с двумя и более опоросами, находящиеся в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» – 96,4 и 93,2 % соответственно. Лучшими по молочности оказались полновозрастные свиноматки в ЧУП «Полесье-АгроИнвест» (73,9 кг).

Получение высокоценного в племенном отношении ремонтного молодняка возможно при системной целенаправленной селекционной работе в стаде. Комплексная оценка животных наиболее полно характеризует их продуктивные и племенные качества, а оценка молодняка по собственной продуктивности является важным ее элементом. Очень важно в раннем возрасте оценить наследственные качества хрячков и свинок и отобрать из них лучших для дальнейшего воспроизводства стада.

Оценка молодняка по собственной продуктивности позволяет иметь достаточно полную информацию о возможности получать потомство с хорошими производственными показателями с наименьшими затратами. Основным достоинством этого метода оценки является его массовость, что позволяет ужесточить отбор, выбраковывать больше животных с низкой и средней продуктивностью, оставляя лучших.

Важным моментом в селекции свиней является количество хрячков, отобранных после оценки для собственного воспроизводства. Использован жесткий подход при отборе молодняка. При этом в стадо вводился очень низкий процент из числа отобранных для оценки и оцененных животных, т. е. использовалось высокое селекционное давление. Решающее значение при отборе хрячков для саморемонта придавали величинам показателей трех признаков: скорости роста, энергии роста и длине туловища. На основании комплексной оценки для селекционных целей было отобрано в СГЦ «Заднепровский» 12 хрячков и 90 свинок, ОАО «Василишки» – 10 хрячков и 120 свинок, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» – 18 хрячков и 189 свинок (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка ремонтного молодняка свиней породы ландрас по собственной продуктивности

Половозрастная группа	п	Оценка в 100 кг			
		возраст достижения, дней	среднесуточный прирост, г	толщина шпика, мм	длина туловища, см
СГЦ «Заднепровский»					
Хрячки	12	172,1±3,2	603±24	8,4±1,2	120,3±0,5
Свинки	90	185,3±1,2	530±18	10,8±0,19	121,4±0,12
В среднем	102	183,8±1,2	539±16	10,5±0,23	121,3±0,13
ОАО «Василишки»					
Хрячки	10	153,8±1,9	652±32	9,8±0,2	121,8±0,39
Свинки	120	160,4±1,6	623±19	10,4±0,5	122,0±0,21
В среднем	130	159,9±1,5	625±18	10,4±0,5	121,9±0,20
ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита»					
Хрячки	18	169,7±2,3	586±21	9,3±0,4	124,7±0,35
Свинки	189	176,4±9,1	541±46	11,2±0,2	122,9±0,7
В среднем	207	175,5±8,3	545±4	11,0±0,2	123,1±0,64
В среднем по хозяйствам					
Хрячки	40	166,5±1,87	608±15	9,2±0,4	122,7±0,39
Свинки	439	173,6±4,36	563±23	10,9±0,2	122,3±0,34

Установлено, что лучшими показателями собственной продуктивности характеризовался ремонтный молодняк в ОАО «Василишки». Возраст достижения живой массы 100 кг у хрячков составил 153,8 суток, у свинок – 160,4 суток при среднесуточном приросте 652 г и 623 г, соответственно. Однако животные в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» отличались наиболее высокими показателями по длине туловища, что и характерно для животных европейской селекции. Данный показатель у хрячков составил 124,7 см, у свинок – 122,9 против 120,3 – у хрячков, 121,4 у свинок в КСУП СГЦ «Заднепровский».

В современной племенной работе распространение получили так называемые селекционные индексы. Селекция проводится одновременно по всем необходимым признакам, объединенным в единый индекс, где каждому признаку присваивается определенный экономический вес. Селекционный индекс отражает отклонение показателей признака от некоторого среднего значения, которое устанавливается по каждой породе индивидуально.

Для данной популяции животных рассчитаны индексы по каждому селекционируемому признаку в отдельности (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка ремонтного молодняка породы ландрас по собственной продуктивности отобранных для саморемонта с использованием селекционных индексов, балл

Половозрастная группа	n	Индекс количества сосков	Индекс среднесуточного прироста	Индекс многоплодия матери
СГЦ «Заднепровский»				
Хрячки	10	104	100	103
Свинки	58	100	98	102
ОАО «Василишки»				
Хрячки	10	103	101	103
Свинки	85	101	100	101

На основании полученных данных был рассчитан комплексный индекс племенной ценности хрячков и свинок:

Комплексный индекс племенной ценности у ремонтных хрячков в СГЦ «Заднепровский составил 101,4%, в ОАО «Василишки» – 102%.

Комплексный индекс племенной ценности у ремонтных свинок в СГЦ «Заднепровский составил 100,6%, в ОАО «Василишки» – 100,8%.

Разработана программа, которая позволит создать собственное производство высокоценных животных в виде внутривидового типа свиней в породе ландрас с продуктивностью: многоплодие – 12 гол., толщина шпика – 10 мм, содержание мяса в тушах – 63-65%, хорошо приспособленного к технологическим условиям племенных и промышленных комплексов, обеспечивающих общую потребность свиноводства в получении высококачественной свинины; экономию валютных средств на импорт; возможность экспорта готовой продукции в страны СНГ.

Заключение. Путем углубленной целенаправленной селекционно-племенной работы на основе применения современных методов – ДНК-технологий (маркер-зависимой селекции) в селекционных стадах ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Минской, ЧУП «Полесье-Агроинвест» Гомельской, СЦГ «Заднепровский» Витебской областей созданы племенные стада свиней в породе ландрас, отличающийся высокими воспроизводительными качествами, адаптированный к интенсивному использованию в племенном и промышленном свиноводстве в качестве материнской и отцовской формы, обеспечивающий производство конкурентноспособной свинины, численностью 546 гол. свиноматок и 51 гол. хрячков производителей.

Показатели многоплодия, молочности, количества поросят и массы гнезда при отъеме в 35 дней у маток составили 12,5 гол., 65,5 кг, 11,6 гол., 91,6 кг соответственно. Результаты оценки показателей

изменчивости и среднеквадратического отклонения находятся в пределах нормы для выборочной совокупности, что свидетельствует о выравниваемости животных по основным признакам продуктивности.

Животные внутривидового типа превосходят средние показатели по породе по многоплодию на 4,2%, молочности – 1,6%, массе гнезда при отъеме – 0,8%, что свидетельствует о высоких воспроизводительных способностях животных.

Литература

1. Шейко, И.П. Свиноводство в Республике Беларусь. Современное состояние и перспективы развития / И.П. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 8. – С. 12-15.
2. Казаровец, И. Н. Оценка племенных качеств животных различных пород и сочетаний с использованием селекционных индексов / И. Н. Казаровец // Агротрансформация. – 2019. – № 4. – С. 37-41.
3. Шейко, Р. И. Адаптационная способность свиней мясных генотипов при использовании их на промышленных комплексах / Р. И. Шейко // Экология и животный мир. – 2009. – № 2. – С. 42-48.
4. Шейко, И. П. Адаптация свиней высокоценных мясных генотипов в условиях промышленной технологии / И. П. Шейко, Л. А. Федоренкова, Р. И. Шейко // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 10-12.
5. Шейко, Р. И. Теоретические и практические приемы и методы в селекции свиней, обеспечивающие высокий эффект гетерозиса в системах гибридизации : автореф. дисс... д-ра с.-х. наук / Шейко Р.И. – Жодино, 2011. – 44 с.
6. Янович, Е. А. Адаптация импортных хряков породы ландрас к условиям Беларуси и их использование при совершенствовании белорусской мясной породы свиней : автореф. дисс... канд. с.-х. наук / Янович Е.А. – Жодино, 2008. – 23с.
7. Шейко, И. П. Особенности формирования адаптации свиней высокоценных мясных генотипов / И. П. Шейко // Свиноводство. – 2014. – № 5-6. – С. 60-63.
8. Использование полиморфизма генов RYR1, ESR и H-FABP в селекции свиней / В. В. Семенов [и др.] // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 65-67.
9. ОСТ 102-86. Свины. Метод оценки ремонтного молодняка по собственной продуктивности – Москва : Агропромиздат, 1988.

Поступила 21.06.2024 г.

ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ И КОРМЛЕНИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ

УДК 636.2.083.37:633.15

И.В. БОГДАНОВИЧ

ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В МОЛОЧНЫЙ ПЕРИОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

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

Получение высокой продуктивности от сельскохозяйственных животных во многом определяется уровнем и сбалансированностью кормления, как в молочный, так и в послемолочный периоды. Именно эти периоды в жизни телят являются наиболее эффективными для формирования у них типа пищеварения и обмена веществ, что обязательно проявляется в желаемом типе их телосложения. Целью проведённой научной работы было изучить физиологическое состояние и продуктивность телят в послемолочный период в зависимости от вида скормливаемого зерна кукурузы в молочный период. Установлено, что выращивание животных в молочный период на комбикормах с вводом цельного и дроблёного зерна кукурузы в количестве 30 % по массе позволяет в послемолочный период получить среднесуточные приросты на уровне 888 и 871 г или на 5,5 и 3,5 % выше контроля при снижении себестоимости прироста на 4,8 и 2,7 %.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, зерно кукурузы, рационы, продуктивность, эффективность.

I.V. BOGDANOVICH

RAISING YOUNG CATTLE IN THE PRE-WEANING PERIOD USING CORN GRAIN

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

Obtaining high productivity of farm animals is largely determined by the level and balance of feeding, both in the pre- and post-weaning periods. These periods in the life of calves are the most effective with respect to the formation of their type of digestion and metabolism, which necessarily manifests itself in the desired type of their constitution. The purpose of the conducted scientific work was to study the physiological state and productivity of calves in the post-weaning period depending on the type of corn grain fed during the pre-weaning period. It was found that feeding

animals in the pre-weaning period with mixed fodders containing whole and crushed corn grain in the amount of 30 % by weight allowed in the post-weaning period to obtain average daily gains at the level of 888 and 871 g or by 5.5 and 3.5 % above the control value with a decrease in the cost of gain by 4.8 and 2.7%.

Keywords: young cattle, corn grain, diets, productivity, efficiency.

Введение. Важной задачей, стоящей перед скотоводством, является получение здорового, хорошо развитого молодняка, имеющего высокие темпы роста, способного эффективно использовать кормовые средства [1, 2, 3, 4, 5].

Продуктивные качества скота обусловлены его генотипом. Однако проявление его потенциала находится в прямой зависимости от условий выращивания, кормления и содержания молодняка, которые обеспечивают его нормальный рост и развитие. Получение высокой продуктивности от сельскохозяйственных животных во многом определяется уровнем и сбалансированностью кормления, как в молочный, так и в послемолочный периоды [6, 7, 8, 9, 10].

Первые шесть месяцев жизни телят отличаются наибольшей интенсивностью их роста. Вместе с тем, это период становления рубцового пищеварения. Поэтому именно в этом возрасте требования к полноценности кормления особенно высокие. Телята должны быть обеспечены необходимым количеством энергии, полноценного белка, минеральных веществ, витаминов. Правильно составленный рацион ускорит рост молодняка, быстро укрепит здоровье, а также заложит основу будущей высокой продуктивности [11, 12, 13, 14, 15]. В связи с этим технология выращивания телят должна строго соответствовать биологическим особенностям изменения параметров интерьера и экстерьера животного. Соблюдение этих требований создаст предпосылки для формирования нужного типа телосложения животного и направления их продуктивности [16, 17, 18, 19, 20]. Поэтому во всех схемах выращивания телят в первые 6 месяцев предусмотрено раннее приучение к поеданию растительных кормов (зерновых и грубых), что ускоряет у них морфологическую и функциональную зрелость преджелудков, а в последующем и потребление ими и лучшее переваривание большого количества объемистых кормов. Следовательно, этот период в жизни телят является наиболее эффективным для вмешательства человека в направленное их выращивание, то есть формирование у них желательного типа пищеварения и обмена веществ, что обязательно проявляется в желаемом типе их телосложения [21, 22, 23, 24, 25].

Определяя тип кормления телят, надо стремиться не к увеличению объёма рубца, а стимулировать развитие в нём папил, от которых

зависит уровень всасывания продуктов ферментации и продуктивность животных [26, 27, 28, 29, 30, 31].

Цель исследований – установить физиологическое состояние и продуктивность телят в послемолочный период в зависимости от вида скармливаемого зерна кукурузы в молочный период.

Материал и методика исследований. Для подтверждения результатов научно-хозяйственных опытов по установлению зависимости развития пищеварительной системы телят от количества скармливаемого цельного и дроблёного зерна в молочный период на продуктивность молодняка в послемолочный период проведена производственная проверка на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 116-180 дней с начальной живой массой 120,2-125,1 кг.

Согласно схеме опыта, молодняк контрольной и опытных групп с основным рационом получал базовый комбикорм КР-3, принятый в хозяйстве (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Живая масса на начало опыта, кг	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	50	120,2	65	Основной рацион (ОР) – силосно-сенажная смесь, комбикорм КР-3
II опытная	50	125,1	65	Основной рацион (ОР) – силосно-сенажная смесь, комбикорм КР-3
III опытная	50	122,8	65	Основной рацион (ОР) – силосно-сенажная смесь, комбикорм КР-3

Различия в кормлении подопытного молодняка заключались в том, что в молочный период телятам контрольной группы скармливали комбикорм КР-1, КР-2, а аналогам опытных групп – комбикорм КР-1, КР-2 с включением зерна кукурузы (II группа – цельное, III – дроблёное) в соотношении 70:30 %.

В ходе исследований изучены следующие показатели: химический состав, питательность и поедаемость кормов, морфо-биохимический состав крови, интенсивность роста животных, экономическая эффективность выращивания телят.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В кормлении

животных производственной проверки использовали корма, имеющиеся в хозяйстве. В период проведения опыта молодняк всех групп потреблял практически одинаковое количество кормов. Незначительные различия отмечены в потреблении грубого корма. Концентрированный корм поедали животные без остатка. Рационы представлены средними показателями (таблица 2).

В структуре рациона сочные корма занимали 58,5-58,9 %, концентрированные – 41,1-41,6 %. Отмечена несущественная разница в потреблении травяных кормов между группами.

Таблица 2 – Среднесуточный рацион подопытных телят (по фактически съеденным кормам)

Корма и питательные вещества	Группа					
	I		II		III	
	кг	%	кг	%	кг	%
Комбикорм КР-3	2,00	41,1	2,00	41,5	2,00	41,4
Силосно-сенажная смесь (1:1)	7,52	58,9	7,64	58,5	7,60	58,6
В 1 кг рациона содержится:						
Кормовых единиц	4,11		4,14		4,13	
Обменной энергии, МДж	41,21		41,51		41,41	
Сухого вещества, кг	3,79		3,83		3,81	
Сырого протеина, г	447,10		449,92		448,98	
Переваримого протеина, г	317,03		318,64		318,11	
Сырого жира, г	115,13		116,05		115,74	
Сырой клетчатки, г	738,11		748,03		744,72	
Крахмала, г	994,26		998,79		997,28	
Сахара, г	212,41		214,11		213,54	
Кальция, г	33,41		33,69		33,59	
Фосфора, г	16,20		16,30		16,27	
Магния, г	6,96		7,02		7,00	
Калия, г	68,29		69,12		68,84	
Серы, г	6,38		6,44		6,42	
Железа, мг	674,32		680,74		678,60	
Меди, мг	41,44		41,68		41,60	
Цинка, мг	203,61		204,26		204,04	
Марганца, мг	314,64		3,43		3,43	
Кобальта, мг	3,43		316,98		316,20	
Йода, мг	3,03		3,04		3,04	
Витамина Е, мг	243,11		245,87		244,95	

На основании полученных результатов проведенных контрольных кормлений животных, определена питательность рационов – 4,11-4,14

к. ед., а концентрация в сухом веществе была на уровне 1-1,1 %. Концентрация обменной энергии в сухом веществе находилось в уровне 10,7-10,8 МДж. В расчёте на 1 кормовую единицу во всех группах приходилось 77,0-77,1 г переваримого протеина.

Потребление сырого жира на СВ находилось на уровне 3,03 % в контроле, 3,03 и 3,04 % во II и III опытных. Содержание сырой клетчатки в 1 кг СВ рациона телят контрольной группы составило 19,47 %, в опытных – 19,23 и 19,55 %. Содержание сахара в сухом веществе в контрольной группе составило 5,59 %, в опытных – 5,58 и 5,62 %.

По составу крови можно объективно оценить жизненные процессы и все изменения, протекающие в организме, охарактеризовать условия кормления. Все исследуемые показатели крови находились в пределах физиологической нормы (таблица 3).

Таблица 3 – Морфо-биохимический состав крови телят

Показатель	Группа		
	I	II	III
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,21±0,33	5,52±0,07	5,3±0,14
Гемоглобин, г/л	100,67±3,48	109,33±0,88	104,0±3,05
Лейкоциты, $10^9/л$	10,9±0,78	9,57±0,45	9,43±0,48
Общий белок, г/л	70,6±0,71	76,43±0,49	74,87±0,76
Глюкоза, ммоль/л	3,7±0,14	4,22±0,16	3,84±0,08
Мочевина, ммоль/л	4,17±0,238	3,76±0,267	4,04±0,287
Кальций, ммоль/л	2,35±0,139	2,61±0,257	2,45±0,084
Фосфор, ммоль/л	1,98±0,082	2,1±0,187	2,05±0,154

На основании результатов исследований крови животных контрольной и опытных групп не отмечено существенной разницы между показателями (в пределах физиологических норм с незначительными колебаниями), что позволяет судить о безвредном действии зерна на организм животных.

При скармливании цельного и дроблёного зерна кукурузы телятам в молочный период выращивания содержание общего белка в сыворотке крови у животных II и III опытных групп отмечен его рост на 8,2 и 6,0 % по отношению к контрольному значению. Так, в крови животных опытных групп, получавших с рационом комбикорм КР-2 с включением цельного и дроблёного зерна кукурузы в молочный период выращивания, отмечалась тенденция к повышению содержания гемоглобина, эритроцитов при снижении концентрации мочевины по отношению данных показателей крови молодняка контрольной группы.

Полученные данные свидетельствуют о том, что значения некоторых показателей повысились с включением цельного и дроблёного

зерна 30 % по массе в составе комбикорма.

При невысоких приростах животных их кровь менее насыщена белками, что и получено в наших исследованиях. По содержанию общего белка в сыворотке крови можно судить о способности животных перерабатывать протеин корма в животные белки.

Мочевина является конечным продуктом азотистого обмена, синтезируется, главным образом, в печени, а у жвачных, кроме того, в стенке рубца из азота аммиака, аминокислот и амидов. Понижение уровня мочевины в крови растущего молодняка указывает на улучшение трансформации аммиака в рубце.

На основании динамики роста животных установлено, что скармливание в молочный период комбикормов с включением цельного и дроблёного зерна кукурузы в количестве 30 % по массе позволило увеличить показатель живой массы опытного молодняка по отношению к контрольным аналогам в послемолочный период (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика живой массы и среднесуточный прирост

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса, кг:			
в начале опыта	120,2±0,76	125,1±1,42	122,8±1,05
в конце опыта	174,9±1,39	182,8±1,69	179,4±0,70
Валовой прирост, кг	54,7±1,45	57,7±1,95	56,6±1,14
Среднесуточный прирост за опыт, г	842±22,24	888±30,08	871±17,54
% к контролю	100	105,5	103,5

Использование в рационе телят молочного периода выращивания цельного и дробленого зерна кукурузы в составе комбикормов позволило получить среднесуточный прирост живой массы телят на уровне 842-888 г. Наибольшей энергией роста обладали телята, потреблявшие в молочный период цельное зерно кукурузы в количестве 30 % от массы комбикорма (II группа) – 888 г, что выше на 5,5 % по отношению к контрольной группе. Включение в молочный период выращивания дробленого зерна кукурузы в состав комбикорма для телят III опытной группы способствовало увеличению среднесуточного прироста на 3,5 %. Следовательно, сравнивая эффективность использования комбикорма с 30 % ввода цельного и дробленого зерна в рационах животных в молочный период, установили больший эффект от их скармливания по сравнению с контрольным вариантом.

Экономическая эффективность выращивания молодняка в послемолочный период при использовании цельного и дроблёного зерна

кукурузы в комбикормах для телят молочного периода характеризует практическую значимость полученных результатов и позволяет определить целесообразность дальнейшего его использования в рационах молодняка.

На основе результатов контрольных кормлений, взвешивании подопытных животных, производственной проверки, определял экономическая эффективность (таблица 5).

Таблица 5 – Экономическая эффективность выращивания телят в послемолочный период

Показатель	Группа		
	I	II	III
Затраты кормов за период опыта, к. ед.	267,2	269,1	268,5
Стоимость суточного рациона, руб./гол.	1,523	1,534	1,532
Прирост живой массы за период опыта, кг	54,7	57,7	56,6
Стоимость кормов за период опыта, руб./гол.	98,8	99,5	99,5
Затраты кормов на 1кг прироста, к. ед.	4,88	4,66	4,74
Стоимость 1 к. ед., руб.	0,37	0,37	0,37
Стоимость кормов на 1 кг прироста, руб.	1,81	1,72	1,76
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	2,91	2,77	2,83

На основании результатов производственной проверки по установлению влияния скармливания цельного и дроблёного зерна телятам молочного периода на переваримость и использование питательных веществ рационов молодняка в послемолочный период установлено, что скармливание молодняку крупного рогатого скота в возрасте 10-65 и 66-115 дней комбикормов с вводом 30 % цельного и дроблёного зерна кукурузы по массе позволило получить эффективность их применения, выразившуюся в снижении стоимости кормов на 1 кг прироста на 5,0 и 2,8 % при увеличении прироста на 5,5 и 3,5 %, что привело к снижению себестоимости прироста на 4,8 и 2,7 %.

Заключение. Установлено, что выращивание животных в молочный период на комбикормах с вводом цельного и дроблёного зерна кукурузы в количестве 30 % по массе позволяет в послемолочный период получить среднесуточные приросты на уровне 888 и 871 г или на 5,5 и 3,5 % выше контроля при снижении себестоимости прироста на 4,8 и 2,7 %.

Литература

1. 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.

2. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, О. Ф. Ганущенко, С. А. Ярошевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2014. – Вып. 17, ч. 1. – С. 114-123.
3. Радчиков, В. Повышение эффективности использования зерна / В. Радчиков // Комбикорма. – 2003. - № 7. – С. 30
4. Кормовые добавки с сапропелем в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. И. Передня, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. К. Гурин, А. Н. Кот, В. Н. Куртина // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. тем. сб. – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 150-155.
5. Экструдированный обогатитель на основе льносемени и ячменной крупки в рационах телят / В. Ф. Радчиков, О. Ф. Ганущенко, В. К. Гурин, С. Л. Шинкарёва, В. А. Люндышев // Весці НАН Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2015. – № 1. – С. 92-97.
6. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук, С. А. Линкевич, Е. Г. Кот, С. П. Воронин, Д. С. Воронин, В. В. Фесина // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. - № 3. – С. 80-86.
7. 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 ВГАВМ. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 205-206.
8. 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. Бульга, А. В. Кузьменко, Н. В. Пиллок. – Жодино, 2015. – 92 с.
9. 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.
10. Важный источник протеина для молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва, Д. В. Гурина, Л. А. Возмитель, В. В. Букас // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно : ГГАУ, 2016. – Т. 35: Зоотехния. – С. 151-157.
11. 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. – Жодино, 2021. – 21 с.
12. Эффективность включения в рацион телят заменителя сухого обезжиренного молока / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, М. В. Джумкова, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, О. Ф. Ганущенко, В. Г. Микуленок // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии : сб. Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2021. – С. 263-271.
13. 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. – Жодино, 2002. – Т. 37. – С. 173-176.
14. 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, В. П. Цай, Е. Л. Шнитко // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно, 2014. – Т. 26 : Зоотехния. – С. 246-257.
15. Использование в рационах бычков силоса, заготовленного с концентратом-обогатителем / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, В. А. Медведский, В. Г. Стояновский // Актуальні питання технології продукції тваринництва : зб. ст. за результатами II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 26-27 жовтня 2017 року. – Полтава, 2017. – С. 78-84.
16. Микроэлементные добавки в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва,

С. А. Ярошевич, В. А. Люндышев // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно, 2011. – Т. 1: Зоотехния. Ветеринария. – С. 159-163

17. Радчиков, В. Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 71 с.

18. Переваримость кормов и продуктивность телят в зависимости от скармливаемого зерна / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, В. А. Медведский, О. Ф. Ганущенко, И. В. Сучкова, В. Н. Куртина, В. В. Букас // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : материалы 83-й Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2018. – С. 103-111.

19. Радчиков, В. Ф. Скармливаем жом деньги бережем / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. К. Гурин // Бел. сельское хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 58-59.

20. Конверсия энергии рационов бычками в продукцию при использовании органических микроэлементов / В. К. Гурин, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. А. Люндышев // Известия Горского ГАУ. – 2015. – Т. 52, № 4. – С. 83-88.

21. 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. Сложеникина // Аграрно-пищевые инновации. – 2020. – № 2 (10). – С. 50-61.

22. 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. – Гродно, 2018. – С. 161-163.

23. Использование энергии рационов бычками при включении хелатных соединений микроэлементов в состав комбикормов / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, Н. И. Масолова, А. М. Глинкова, И. В. Сучкова, В. В. Букас, Л. А. Возмитель // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогиена, содержание. – С. 43-52.

24. Влияние скармливания комбикорма КР-1 с селеном телятам на конверсию энергии рационов в продукцию / И. В. Сучкова, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, Н. А. Яцко, В. В. Букас // Учёные записки ВГАВМ. – 2012. – Т. 48, вып. 1. – С. 299-304.

25. Особенности рубцового пищеварения нетелей при скармливании рационов в летний и зимний периоды / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, А. Н. Кот, А. М. Глинкова, В. М. Будько // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2015. – Т. 1: Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов. – С. 300-303.

26. Экструдированный пищевой концентрат в рационах молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, В. П. Цай, О. Ф. Ганущенко, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва. – Жодино, 2017. – 118 с.

27. 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., 15-17 мая 2013 г. – Краснодар, 2013. – Ч. 2. – С. 151-155

28. Протеиновое питание молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Ю. Ю. Ковалевская, В. К. Гурин, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глинкова, В. О. Лемешевский, В. Н. Куртина. – Жодино, 2013. – 119 с.

29. Кормовые добавки из местного сырья – источник дешёвого протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, В. П. Цай, А. Н. Кот, В. Н. Куртина // Известия Горского ГАУ. – 2016. – Т. 53, № 2. – С. 99-104.

30. Отраслевой регламент по производству говядины / Н. А. Попков [и др.] ; рец.: Н.

А. Садо́мов, А. А. Хоченков ; Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству, Бел. гос. с.-х. акад., Витебская ордена «Знак Почёта» гос. акад. вет. мед., Гродненский гос. аграрный ун-т. – Горки : БГСХА, 2020. – 76 с. – Авт. также: Тимошенко В.Н., Музыка А.А., Радчиков В.Ф., Шматко Н.Н., Цай В.П., Пучка М.П., Москалёв А.А., Кирикович С.А., Шейграцова Л.Н., Тимошенко М.В., Кот А.Н., Ганушенко О.Ф., Бесараб Г.В., Портной А.И., Марусич А.Г., Василевская О.А., Минаков В.Н., Дешко И.А.

31. Радчиков, В. Ф. Совершенствование системы полноценного кормления молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков. – Барановичи, 2003. – 189 с.

Поступила 20.03.2024 г.

УДК 636.2.084.[1+52]

А.М. ГЛИНKOBA¹, М.И. СЛОЖЕНКИНА², А.А. МОСОЛОВ²,
Н.В. ПИЛЮК¹, И.Б. ИЗМАЙЛОВИЧ³, Н.А. САДОМОВ⁴,
Т.В. МЕДВЕДСКАЯ⁴, Г.Н. РАДЧИКОВА¹, М.В. ДЖУМКОВА¹,
В.В. АСТРЕНКОВ⁵

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЦИОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ НОРМОЙ ОБМЕННОЙ ЭНЕРГИИ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

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*Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового Красного знамени сельскохозяйственная академия, г. Горки, Республика Беларусь*

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

⁵*Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь*

Для полного раскрытия генетического потенциала мясной продуктивности крупного рогатого скота необходимо детальное изучение всех основных факторов, регулирующих продуктивные качества животных, одно из которых – потребление энергии. Нормирование её потребления является важнейшим условием питания, которое определяет уровень продуктивности животных. В статье представлены материалы исследований, целью которых было определить продуктивность выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота 13-18-месячного возраста при различных уровнях энергетического питания.

Установлено, что скормливание бычкам рационов с повышенным уровнем обменной энергии и лучшим показателем расщепляемости протеина позволило получить 1103-1100 г прироста живой массы. Выращивание бычков на изучаемых рационах положительно повлияло на убойные качества и позволили получить убойный выход 53,6-54,6 %.

Ключевые слова: бычки, корма, обменная энергия, живая масса, качество мяса.

A.M. GLINKOVA¹, M.I. SLOZHENKINA², A.A. MOSOLOV²,
N.V. PILYUK¹, I.B. IZMAILOVICH³, N.A. SADOMOV⁴,
T.V. MEDVEDSKAYA⁴, G.N. RADCHIKOVA¹, M.V. JUMKOVA¹,
V.V. ASTRENKOV⁵

EFFICIENCY OF DIETS WITH INCREASED METABOLIZABLE ENERGY IN THE FEEDING OF YOUNG CATTLE

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

²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production, Volgograd, Russia*

³*Belarusian State Agricultural Academy, Gorky, Republic of Belarus*

⁴*Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus*

⁵*Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus*

To fully unleash the genetic potential of meat productivity of cattle, a detailed study of all major factors affecting the production abilities of animals is required, one of which is energy consumption. Energy rationing is the most important condition of nutrition, which determines the level of animal productivity. The paper contains the materials of research aimed at determining the productivity of young cattle of 13-18 months of age raised for meat at different levels of energy nutrition. It was found that feeding diets with high level of metabolizable energy and optimum rate of protein breakdown to young bulls made it possible to obtain 1103-1100 g of body weight gain. Raising young bulls on the studied diets had a positive effect on slaughter traits and made it possible to obtain a slaughter yield of 53.6-54.6 %.

Keywords: young bulls, feed, metabolizable energy, body weight, meat quality.

Введение. Организация сбалансированного кормления, удовлетворяющего потребность животных в энергии, основных питательных и биологически активных веществах, обеспечивает наиболее полное проявление генетического потенциала продуктивности и улучшение качества продукции [1, 2, 3]. Как показывают многие исследования, генетический потенциал мясной продуктивности крупного рогатого скота

реализуется недостаточно полно [4, 5, 6, 7]. В связи с этим возникает необходимость более детального изучения всех основных факторов, регулирующих продуктивные качества животных [8, 9].

Нормирование потребления энергии является условием питания, которое определяет уровень продуктивности животных. Эффективность использования корма повышается с увеличением потребления обменной энергии, причём пределом служит аппетит животного [10, 11, 12, 13, 14]. Установлено закономерное снижение потребления энергии в расчёте на живую массу (100 кг) в сутки с увеличением возраста откармливаемых животных [15, 16, 17]. Увеличение потребления обменной энергии значительно повышает не только энергию прироста, но и теплообмен, что приводит к снижению эффективности производства говядины [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Исходя из вышеизложенного необходимо постоянно совершенствовать нормы, обеспечивающие наиболее полное проявление возможностей организма, повышение использования питательных веществ, энергии, их конверсию в продукцию. Изучение этой проблемы вносит определённый вклад в теорию кормления молодняка крупного рогатого скота, открывая возможности снижения непроизводительных потерь энергии, повышение продуктивности, количества и качества говядины и синтеза белка – необходимого компонента питания человека [26, 27, 28, 29, 30, 31].

Цель работы – определить продуктивность выращиваемого на мясо молодняка крупного рогатого скота 13-18-месячного возраста при различных уровнях энергетического питания.

Материал и методика исследований. Реализация поставленной цели осуществлялась посредством проведения научно-хозяйственного опыта на молодняке крупного рогатого скота в РУП «Экспериментальная база «Жодино» Смоленвичского района.

Исследования проведены на трёх группах животных чёрно-пёстрой породы в возрасте 13 месяцев (таблица 1).

Нормы потребности в энергии определялись для получения продуктивности 1000-1100 г. Животные контрольной группы получали хозяйственный рацион по нормам РАСХН [32], во II и III опытных группах увеличили содержание энергии включением в рацион рапса экструдированного, содержащего, как известно, около 17 МДж обменной энергии в 1 кг.

В процессе опыта изучалась поедаемость путём проведения контрольных взвешиваний заданных кормов и их остатков перед утренней раздачей один раз в десять дней в два смежных дня. В кормах определяли первоначальную, гигроскопичную и общую влагу, сухое вещество,

жир, протеин, клетчатку, золу, кальций, фосфор, и другие макро- и микроэлементы. Расщепляемость протеина определялась в опытах методом *in vivo* по ГОСТу 28075-89.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных, гол.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	10	180	Потребность в обменной энергии по норме
II опытная	10	180	Увеличение потребности от существующей нормы в обменной энергии на 10 %
III опытная	10	180	Увеличение потребности от существующей нормы обменной энергии на 15 %

Продуктивность животных определялась на основании взвешиваний подопытного молодняка в начале и конце опыта.

По окончании научно-хозяйственного опыта проведён контрольный убой, для которого было отобрано по 3 головы из каждой группы. Отобраны образцы средней пробы мяса, длиннейшей мышцы спины и печени с дальнейшим проведением их химического анализа.

Полученные результаты обработаны методом биометрической статистики.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Установлено, что рацион молодняка контрольной группы состоял на 43,7 % из кукурузного силоса, 38,9 % занимал комбикорм КР-3, 10,8 % – сенаж злаково-бобовый. Для балансирования по протеину использовали подсолнечный шрот – 2,5 %, а по сахару – патоку кормовую – 4,1 % (таблица 2).

Таблица 2 – Среднесуточный рацион молодняка (по фактически съеденным кормам), кг

Показатель	Группа		
	I	II	III
1	2	3	4
Силос кукурузный	16,5	15,9	15,7
Сенаж злаково-бобовый	4,5	4,3	4,2
Комбикорм КР-3	3,37	3,33	3,33
Шрот подсолнечный	0,22	0,20	0,20
Патока кормовая	0,5	0,5	0,5
Рапс экструдированный	-	0,3	0,6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
В рационе содержится:			
кормовые единицы	9,09	9,37	9,80
обменная энергия, МДж	105	115	120
сухое вещество, г	9729	10080	10255
сырой протеин, г	1105	1134	1185
переваримый протеин, г	760	788	831
расщепляемый протеин, г	799	765	789
нерасщепляемый протеин, г	306	370	396
сырой жир, г	334	666	584
сырая клетчатка, г	1944	1899	1887
крахмал, г	1454	1438	1438
сахара, г	680	686	698
кальций, г	68,8	90,4	69,7
фосфор, г	50,8	51,9	52,0
отношение кальция к фосфору	1,3:1	1,7:1	1,3:1
сахаропротеиновое отношение	0,89:1	0,87:1	0,84:1
Стоимость, руб.	2324,61	2397,85	2513,44

Опытные рационы состояли из тех же кормов с дополнительным включением рапса экструдированного в качестве источника энергии, составившего 5,4 и 10,4 % по питательности во II и III группах соответственно, что повлекло за собой незначительные изменения и всей структуры рациона.

Рацион контрольной группы содержал 9,09 к. ед., что меньше, чем II и III опытных групп 3,08 и 7,81 % соответственно. По содержанию обменной энергии, как и предполагалось, превосходил рацион III опытной группы, составивший 120 МДж. Количество сырого протеина во всех подопытных рационах было практически одинаковым и колебалось в пределах 1105-1185 г.

На 1 МДж обменной энергии рациона контрольных животных приходилось 7,6 г расщепляемого и 2,9 г нерасщепляемого протеина. В опытных группах содержание расщепляемого протеина составило 6,6 г из расчёта на 1 МДж обменной энергии. Концентрация обменной энергии в сухом веществе рациона I контрольной группы соответствовала 10,8 МДж, во II и III группах – 11,5 и 11,7 МДж соответственно, что выше рациона с содержанием энергии по норме соответственно на 6,5 и 8,3 %.

В результате использования рационов с различным уровнем обменной энергии и расщепляемостью протеина отмечалось неодинаковое потребление кормов, что оказало определённое влияние на динамику

живой массы подопытных животных (таблица 3).

Таблица 3 – Живая масса и продуктивность молодняка, $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса в начале опыта, кг	294,9±5,29	306,3±6,12	298,7±7,42
Живая масса в конце опыта, кг	486,3±5,19	504,8±5,34	496,7±6,32
Валовой прирост, кг	191,4±2,56	198,5±1,82	198,0±1,82
Среднесуточный прирост, г	1063±14,25	1103±10,11	1100±10,10

Анализ полученных данных показал, что с повышением энергонасыщенности рационов интенсивность роста молодняка возросла. В частности, бычки II группы по среднесуточным приростам превосходили сверстников из I и III групп соответственно на 40 г (3,76 %) и находился на одинаковом уровне с животными III опытной группы.

На основании взвешивания подопытных животных перед убоем и парных туш непосредственно после убоя определён выход туш, составивший 53,4 % для II опытной, результат которой оказался самым высоким по сравнению с контролем на 1,2 п. п. и III опытной на 1,8 п. п. Установлено, что убойный выход находился в пределах 53,6-54,6 % (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели контрольного убоя, кг

Показатель	Группа		
	I	II	III
Предубойная масса, кг	446	445	427
Масса парной туши, кг	233	237	221
Масса внутренних органов:			
Сердце	2,0	2,1	2,3
Печень	5,87	6,53	6,93
Легкие	3,15	3,08	3,82
Почки	1,18	1,28	1,27
Селезенка	0,83	0,95	0,97
Внутренний жир	2,73	3,57	2,58
Почечный жир	6,25	5,48	8,28
Выход туш, %	52,2	53,4	51,6
Убойный выход, %	53,6	54,6	53,6

Как показали исследования, масса сердца у животных III опытной группы оказалась незначительно выше аналогов предыдущих двух групп. У этих животных также установлена несколько большая масса печени, почек, селезёнки и почечного жира, что вполне вероятно

обусловлено влиянием большего энергетического питания на накопление внутреннего жира.

Анализ химического состава средней пробы мяса показал, что на содержании жира в мясе, вероятно, сказалось влияние большего энергетического питания, а также отмечено незначительное (на 0,2 п.п.) увеличение содержания в опытных группах протеина – основного качественного показателя мяса (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав средней пробы мяса, %

Показатель	Группа		
	I	II	III
Влага	76,8	76,9	76,0
Жир	3,5	3,1	4,1
Зола	0,9	0,9	0,8
Протеин	18,9	19,1	19,1

Химический состав длиннейшей мышцы спины с увеличением энергетического питания показал незначительную тенденцию к снижению влажности с 0,4 п.п. во II опытной до 1,0 п.п. в III опытной группе относительно контроля (таблица 6).

Таблица 6 – Химический состав длиннейшей мышцы спины

Показатель	Группа		
	I	II	III
Влага, %	78,1	77,7	77,1
Жир, %	2,3	2,5	3,1
Зола, %	1,0	0,9	0,8
Протеин, %	18,7	18,9	18,9
pH	6,1	6,1	6,1
Цвет, ед. экс.	178,3	181,0	179,0
Увариваемость, %	38,8	38,5	38,1
Влагоудержание, %	53,0	52,2	54,0

Данная тенденция отмечена и по содержанию жира с 2,3 % в контрольной до 3,1 % в III опытной группе. Концентрация ионов водорода во всех образцах находилась на уровне 6,1. Отмечена тенденция к снижению на 0,1-0,2 п. п. по содержанию золы, 0,3-0,7 п. п. увариваемости соответственно во II и III группах.

Важными показателями эффективности использования кормов рациона является экономическая оценка. Наименьший расход кормов на прирост отмечен у животных II опытной группы – 8,5 к. ед., что на 0,1 (1,16 %) и 0,4 к. ед. (4,71 %) ниже значения I и III подопытных групп.

По энергии прироста опытные бычки превосходили контроль от 1,31 (6,16 %) в III группе до 1,64 МДж (7,71 %) во II опытной.

В результате расчёта экономической эффективности себестоимость в I контрольной группе оказалась на 0,55 % выше, чем во II опытной и на 4,52 % ниже, чем в III группе.

Заключение. Увеличение уровня обменной энергии и оптимизация соотношения расщепляемого и нерасщепляемого протеина позволило получить 1103-1100 г прироста живой массы.

Выращивание бычков на рационах с различным уровнем изучаемого фактора положительно влияет на убойные качества, позволяет получить убойный выход 53,6-54,6 %.

Литература

1. Использование трепела и добавок на его основе в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, Е. А. Шнитко, В. П. Цай, В. К. Гурин, А. Н. Кот, Е. А. Капитонова ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2013. – 12 с.
2. Люндышев, В. А. Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков / В. А. Люндышев, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин // Агротрансформация. – 2012. - № 6 (94). – С. 13-15.
3. Эффективность использования различных доз селена в составе комбикорма кр-2 для бычков / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, С. И. Кононенко, В. В. Букас, В. А. Люндышев // Ученые записки ВГАВМ. – 2010. – Т. 46, № 1-2. – С. 190-194.
4. 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.
5. Протеиновое питание молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Ю. Ю. Ковалевская, В. К. Гурин, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глинкова, В. О. Лемешевский, В. Н. Куртина ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2013. – 119 с.
6. Лемешевский, В. О. Влияние качества протеина на ферментативную активность в рубце и продуктивность растущих бычков / В. О. Лемешевский, В.Ф. Радчиков, А. А. Курепин // Нива Поволжья. – 2013. - № 4(29). – С. 72-76
7. Микроэлементные добавки в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва, С. А. Ярошевич, В. А. Люндышев // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно, 2011. – Т. 1. – С. 159-163.
8. 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. – Жодино, 2002. – Т. 37. – С. 173-176.
9. Эффективность скармливания дефеката в рационах телят / В. Ф. Радчиков, А. М. Глинкова, Г. В. Бесараб, А. Н. Кот, В. И. Акулич, Н. А. Яцко, С. Н. Пиллок // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогиена, содержание. – С. 36-43.
10. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, О. Ф. Ганущенко, С. А. Ярошевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Жодино, 2014. – Вып. 17(1). – С. 114-123.

11. Радчиков, В. Ф. Жмых и шрот из рапса сорта *capole* в рационах бычков выращиваемых на мясо / В. Ф. Радчиков // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции в условиях ВТО : материалы междунар. науч.-практ. конф., Волгоград, 04–05 июня 2013 года. – Волгоград : ВолгГТУ, 2013. – Ч. 1. – С. 63-66.

12. Площение и консервирование зерна – путь к рентабельности животноводства / В. Н. Дашков, А. Ф. Шведко, И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. - № 3. – С. 21-22.

13. 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. Приловска. – Жодино, 2021. – 21 с.

14. Сушёная 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. – Гродно, 2018. – С. 161-163.

15. 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. – Гродно, 2014. – Т. 26. – С. 246- 257.

16. Переваримость кормов и продуктивность телят в зависимости от скармливаемого зерна / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, В. А. Медведский, О. Ф. Ганущенко, И. В. Сучкова, В. Н. Куртина, В. В. Букас // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : материалы 83-й междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 22 мая 2018 года. – Ставрополь : АГРУС, 2018. – С. 103-111.

17. 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. Пилюк. – Жодино, 2015. – 92 с.

18. Трансформация энергии рационов бычками в продукцию при использовании сапропеля / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, В. Н. Куртина, Н. В. Пилюк, А. А. Царенок, И. В. Яночкин // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2014. – Т. 49, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогиена, содержание. – С. 148-158.

19. Радчиков, В. Ф. Использование новых БВМД на основе местного сырья в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, А. Н. Шевцов // Учёные записки ВГАВМ. – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 205-206.

20. 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. Сапсалёва. – Жодино, 2017. – 118 с.

21. 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., 15-17 мая 2013 г. – Краснодар, 2013. – Ч. 2. – С. 151-155.

22. Продуктивность и морфо-биохимический состав крови ремонтных телок при использовании зерна рапса и люпина в составе БВМД / В. Ф. Радчиков, В. Н. Куртина, В. П. Цай, А. Н. Кот, В. А. Люндышев // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2013. – Т. 48, ч. 1. – С. 322-330.

23. Комбикорма и белково-витаминно-минеральные добавки для крупного рогатого скота с включением местных источников сырья : монография / В. Ф. Радчиков, В. А. Медведский, В. К. Гурин, М. П. Ракова, Г. Н. Радчикова. – Витебск : ВГАВМ, 2006. – 111 с.

24. Эффективность включения в рацион телят заменителя сухого обезжиренного молока / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, М. В. Джумкова, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, О. Ф. Ганушенко, В. Г. Микулёнок // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 15–16 апреля 2021 года. – Брянск, 2021. – Ч. 1. – С. 263-271.
25. Продукты переработки рапса в рационах молодняка крупного рогатого скота / С. И. Кононенко, И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глинкова // Сборник научных трудов СКНИИЖ. – Краснодар, 2014. – Вып. 3. – С. 136-141.
26. Радчиков, В. Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 72 с.
27. Использование энергии рационов бычками при включении хелатных соединений микроэлементов в состав комбикормов / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, Н. И. Масолова, А. М. Глинкова, И. В. Сучкова, В. В. Букас, Л. А. Возмитель // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогиена, содержание. – С. 43-52.
28. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук, С. А. Линкевич, Е. Г. Кот, С. П. Воронин, Д. С. Воронин, В. В. Фесина // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. - № 3. – С. 80-86.
29. Радчиков, В. Ф. Совершенствование системы полноценного кормления молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков. – Барановичи, 2003. – 190 с.
30. Эффективное использование кормов при производстве говядины / Н. А. Яцко, В. К. Гурин, Н. В. Кириенко, В. Ф. Радчиков, Г. М. Хитринов. – Минск : Хата, 2000. – 252 с.
31. Продуктивное использование энергии рационов бычками при включении в состав комбикормов органического микроэлементного комплекса / В. А. Люндышев, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин // Инновационное развитие АПК: проблемы и перспективы : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2015. – С. 123-130.
32. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / А. П. Калашников [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2003. – 456 с. – ISBN 5-94587-093-5.

Поступила 8.04.2024 г.

И.А. ГОЛУБ¹, М.Е. МАСЛИНСКАЯ¹, В.Ф. РАДЧИКОВ²,
Т.Л. САПСАЛЁВА², И.В. ТКАЧЁВА³, Н.А. ШАРЕЙКО⁴,
Г.В. БЕСАРАБ²

**ВЛИЯНИЕ ЖМЫХА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО
НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛОДНЯКА
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА И ПЕРЕВАРИМОСТЬ
ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРМА**

¹*Институт льна, а/г Устье, Республика Беларусь*

²*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

³*Институт животноводства НААН Украины, г. Харьков, Украина*

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

В качестве основы для приготовления комбикормов используют подсолнечный и соевый шрот, которые содержат широкий набор минеральных веществ, аминокислот и белков. Однако завозят их из-за рубежа, что существенно повышает стоимость производимой продукции и снижает эффективность ведения отрасли животноводства. В связи с этим необходимо искать альтернативные источники протеина среди доступного местного сырья, в частности льняного жмыха. В статье представлены материалы исследований, целью которых было изучить влияние различных уровней ввода жмыха льна масличного на физиологическое состояние молодняка крупного рогатого скота, переваримость и использование питательных веществ рационов. В ходе исследований установлена оптимальная норма ввода жмыха льна масличного при полной замене подсолнечного шрота в комбикорме для телят, которая составляет 20 % по массе, обеспечивающая повышение переваримости сухого вещества рационов на 1,7 п. п., сырого протеина – на 0,5, клетчатки – на 4,3, жира – на 6,1 п. п., улучшение использования азота – на 1,7 п. п.

Ключевые слова: телята, комбикорма, рационы, жмых льна масличного, рубцовое пищеварение, состав крови, переваримость, баланс азота.

I.A. GOLUB¹, M.E. MASLINSKAYA¹, V.F. RADCHIKOV²,
T.L. SAPSALEVA², I.V. TKACHEVA³, N.A. SHAREIKO⁴,
G.V. BESARAB²

INFLUENCE OF FLAX CAKE ON PHYSIOLOGICAL STATE OF YOUNG CATTLE AND DIGESTIBILITY OF FEED NUTRIENTS

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*Institute for Animal Breeding of NAAS, Kharkov, Ukraine*

⁴*Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine, Vitebsk, Belarus*

Sunflower and soybean meals, which contain a wide range of minerals, amino acids and proteins, are used as a basis for the preparation of compound feed. However, they are imported from abroad, which significantly increases the cost of manufactured products and reduces the efficiency of the livestock industry. With that in mind, it is reasonable to look for alternative sources of protein among available local raw materials, in particular, oil cake. The article contains the materials of research, the purpose of which was to study the influence of different levels of oil flax cake on physiological state of young cattle, digestibility and utilization of nutrients. In the course of the research, the optimal input rate of oil flax cake as a fully-featured substitute for sunflower meal in compound feed for calves has been established, which is 20% by weight, providing an increase in the digestibility of dry matter of diets by 1.7 p.p., crude protein – by 0.5, fiber – by 4.3, fat – by 6.1 p.p., along with improving the use of nitrogen by 1.7 p.p.

Keywords: calves, compound feed, diets, oil flax cake, ruminal digestion, blood composition, digestibility, nitrogen balance.

Введение. Развитие скотоводства оказывает значительное влияние на экономику агропромышленного комплекса Республики Беларусь, а также на уровень обеспечения населения натуральными продуктами питания животного происхождения [1, 2, 3, 4]. Производство говядины является одним из основных направлений этой отрасли.

В животноводстве в качестве основы для приготовления комбикормов используют импортные протеиновые корма (в частности, подсолнечный и соевый шрот), повышающие стоимость производимой продукции и снижающие эффективность ведения отрасли животноводства [5, 6, 7, 8, 9]. В связи с этим необходимо искать альтернативные источники протеина среди доступного местного нетрадиционного сырья [10, 11, 12, 13, 14].

В Республике Беларусь важным резервом для получения растительного белка стали масличные культуры: рапс, лён, рыжик и др. Они удачно сочетают в себе большую потенциальную продуктивность семян с высоким содержанием масла и протеина, оптимально сбалансированы по аминокислотному составу, а продукты переработки их семян (жмыхи и шроты), получаемые после извлечения масла, являются прекрасными высокоэнергетическими и протеиновыми компонентами рационов для сельскохозяйственных животных [15, 16, 17, 18, 19].

В настоящее время использование льняного жмыха, являющегося источником энергии, высококачественного белка и полиненасыщенных жирных кислот, представляет практический интерес в кормлении сельскохозяйственных животных [20, 21, 22, 23, 24]. В Беларуси лён-долгунец ежегодно возделывается на площади 44,0-50,1 тыс. га. Всего в Государственном реестре 53 сорта льна-долгунца, из них – 19 селекции РУП «Институт льна» (35,8 %). В структуре посевных площадей 2022 года доля сортов белорусской селекции – 70,6 %, доля сортов селекции РУП «Институт льна» - 54,5 % [25, 26, 27, 28, 29, 30].

Цель исследований – изучить влияние различных уровней ввода жмыха льна масличного на физиологическое состояние молодняка крупного рогатого скота, переваримость и использование питательных веществ рационов.

Материал и методика исследований. Физиологический опыт проведён на 4-х группах клинически здорового молодняка крупного рогатого скота по 3 головы в каждой, отобранного с учётом возраста, живой массы в возрасте 6 месяцев, в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, голов	Продолжительность опыта, дней	Характеристика кормления
1	2	3	4
I контрольная	3	30	Основной рацион (ОР) – сено, сенаж + комбикорм КР-2 с включением шрота подсолнечного в количестве 15% по массе
II опытная	3	30	ОР + комбикорм КР-2 с включением жмыха льна масличного в количестве 15% по массе

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
III опыт-ная	3	30	ОР + комбикорм КР-2 с включением жмыха льна масличного в количестве 20% по массе
IV опыт-ная	3	30	ОР + комбикорм КР-2 с включением жмыха льна масличного в количестве 25% по массе

Различия в кормлении подопытного молодняка заключались в том, что телятам контрольной группы скармливали комбикорм с включением шрота подсолнечного в количестве 15 %, а их аналоги опытных групп потребляли комбикорма с разным вводом в его состав жмыха льна масличного: 15 %, 20 и 25 % по массе.

При изучении образцов кормов, их остатков, кала и мочи определяли сухое вещество, сырую золу, азот, сырую клетчатку, сырой жир по общепринятым зоотехническим методикам.

Переваримость и использование питательных веществ определяли путём разницы между поступившими с кормом и выделенными с продуктами выделения.

Содержимое рубца брали через фистулу рубца через 2-2,5 часа после утреннего кормления. В рубцовой жидкости определяли: концентрацию ионов водорода (рН) – электропотенциметром Тип рН-150М; 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 100 °С, концентрацию аммиака – микродиффузным методом в чашках Конвея.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В результате проведённых физиологических исследований установлено, что бычки опытных групп по количеству потреблённых питательных веществ имели незначительные различия в сравнении с контрольными, за исключением жира (таблица 2).

Таблица 2 – Потребление бычками питательных веществ рационов

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Сухое вещество	5661,9±217,7	5684,2±150,7	6023,2±62,2	5309,2±284,7
Органическое вещество	5288±198,8	5316,6±137,6	5618,0±56,9	4950,9±272,9

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Сырой протеин	743,2±26,8	671,8±18,5	735,0±7,7	715,5±42,8
Сырой жир	173,9±6,6	195,2±4,6	210,4±5,3	222,1±16,3
Сырая клетчатка	1025,3±63,3	1025,1±43,9	1127,1±18,1	982,2±14,8
БЭВ	3345,5±102,1	3424,6±70,6	3545,5±29,2	3031,2±201,1

Наблюдается увеличение количества жира в рационах бычков II, III и IV опытных групп, чему способствовало содержание жира в жмыхе льна масличного.

Изучение процессов пищеварения в рубце показало, что скармливание различных дозировок (15-25 %) жмыха льна масличного взамен подсолнечного шрота в количестве 15 % от массы комбикорма бычкам привело к определённым изменениям в рубцовом метаболизме (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели рубцового пищеварения животных

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Кислотная активность, рН	6,41±0,02	6,30±0,10	6,76±0,09**	6,80±0,16*
ЛЖК, ммоль/100 мл	11,80±0,15	11,63±0,22	12,67±0,17**	12,45±0,41
Аммиак, мг%	19,20±0,25	18,97±0,28	19,20±0,15	19,20±0,12
Азот общий, мг/100 мл	141,3±14,3	137,0±9,1	144,3±10,9	140,3±2,6

Примечание: здесь и далее: * - (P<0,05), ** - (P<0,01).

При вводе в комбикорм животных II опытной группы жмыха в количестве 15 % уровень рН равен 6,30, что ниже контроля на 1,7 %, в то время как при вводе 20 и 25 % жмыха величина этого показателя поднималась до 6,76 и 6,8 или на 5,5 и 6,1 %.

Несколько меньшее потребление протеина бычками, получавшими в рационе 15 % жмыха льна масличного, привело к снижению общего количества ЛЖК в рубцовом содержимом.

Практически равное количество общего азота и аммиака в пищевой массе рубца дают основание судить об одинаковом расщеплении протеина жмыха льна масличного и подсолнечного в рубце животных.

Включение в состав комбикормов жмыха льна масличного не оказало отрицательного влияния на показатели белкового и минерального обмена (таблица 4).

Таблица 4 – Морфо-биохимический состав крови бычков

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	5,34±0,24	5,12±0,21	5,16±0,21	5,28±0,17
Гемоглобин, г/л	113,0±6,43	102,0±2,31	102,67±4,1	105,33±2,85
Лейкоциты, $10^9/л$	14,93±1,91	15,0±0,74	13,03±0,50	16,1±1,86
Общий белок, г/л	70,2±2,34	64,8±4,91	68,3±2,27	67,3±4,19
Глюкоза, ммоль/л	4,0±0,10	3,6±0,12*	3,7±0,17	3,9±0,41
Мочевина, ммоль/л	3,06±0,13	3,05±0,40	2,91±0,42	3,19±0,23
Тромбоциты, $10^9/л$	364,0±102,5	366,7±23,8	269,3±33,0	327,0±10,5
Гематокрит, %	21,4±1,60	22,9±1,10	21,8±1,70	22,9±0,80
Кальций, ммоль/л	2,09±0,08	2,08±0,16	1,96±0,03	2,11±0,41
Фосфор, ммоль/л	2,40±0,02	2,20±0,12	1,93±0,22*	2,00±0,17*

По количеству общего белка можно судить о протеиновой полноценности рациона. Не установлено значительных изменений в концентрации общего белка в крови, что соответствует физиологической норме. Вместе с тем следует отметить некоторое снижение содержания его в крови бычков II опытной группы, которые получали в составе рациона комбикорм с дозировкой жмыха льна масличного в количестве 15 % при содержании сырого протеина на 10,1 % ниже по отношению контрольного варианта, что и привело к снижению поступления протеина с кормом на 5,6 %.

По результатам исследований наилучшей переваримостью питательных веществ отличались животные III опытной группы, получавшие 20 % жмыха льна масличного. Бычки этой группы превосходили контрольных по переваримости сухого и органического веществ на 1,7 и 1,4 п. п., сырого протеина, жира и клетчатки соответственно на 0,5, 6,1 и 4,3 п. п. Молодняк II и IV опытных групп по переваримости питательных веществ имел отличия от контроля. Можно отметить тенденцию к повышению всех указанных показателей у животных этих групп в сравнении с контрольными аналогами (таблица 5).

Таблица 5 – Переваримость питательных веществ рационов (жмых льна масличного), %

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
Сухое вещество	72,0±2,2	72,3±0,9	73,7±1,2	70,6±1,2
Органическое вещество	73,7±2,2	74,0±0,9	75,1±1,2	72,4±1,1
Сырой протеин	62,2±1,9	60,0±1,1	62,7±1,4	62,0±1,7
Сырой жир	52,9±2,9	50,4±1,6	59,0±5,5	57,8±2,3

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5
Сырая клетчатка	66,7±3,4	68,8±1,5	71,0±1,2	67,6±0,7
БЭВ	79,4±2,2	79,7±0,8	79,9±1,0	77,4±1,1

Анализ полученных данных по балансу и использованию азота показал, что животные всех групп получали практически одинаковое их количество, однако по отложению в теле и использованию наблюдались существенные различия (таблица 6).

Таблица 6 – Баланс и использование азота

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Потреблено с кормом, г	118,9±4,3	107,5±2,9	117,6±1,2	114,5±6,8
Выделено с калом, г	45,1±3,8	42,9±0,8	43,9±1,8	43,3±0,8
Усвоено, г	73,8±1,2	64,6±1,8	73,7±1,6	71,2±6,1
Выделено с мочой, г	32,7±3,6	29,8±2,5	31,0±0,9	31,5±1,7
Отложено, г	41,1±2,8	34,8±2,2	42,7±2,1	39,7±7,4
Отложено от принятого, %	34,6±3,6	32,4±2,0	36,3±1,6	34,7±4,8
Отложено от усвоенного, %	55,7±4,3	53,9±2,8	57,9±1,7	55,8±6,4

Так, в организме бычков, потреблявших жмых льна масличного в количестве 20 % от массы комбикорма, отложилось на 3,9 % больше азота, чем у контрольных аналогов, а его использование от принятого оказалось на 1,7 п. п. более эффективным. Следует отметить, что у животных этой группы увеличение отложения азота шло больше за счёт снижения потерь его с калом на 2,7 %, с мочой – 5,2 %. Это объясняется усилением протеолитической активности содержимого рубца и увеличением концентрации в нём аммиака. Последний часто полностью не используется и в форме мочевины с мочой выделяется из организма.

Скармливание бычкам II опытной группы жмыха льна масличного в дозировке 15 % от массы комбикорма снизило баланс азота с 41,1 г (контроль) до 34,8 г или на 15,3 %, что связано со снижением поступления его с кормом.

Повышение дозы внесения жмыха льна масличного до 25 % в состав комбикорма для молодняка IV опытной группы несколько снизило отложение азота по сравнению с показателем контрольной группы (на 3,4 %), что, однако, не привело к снижению баланса и использования его бычками данной группы по отношению к животным, потреблявшим шрот подсолнечный в количестве 15 % от массы комбикорма.

Заключение. Установлена оптимальная норма ввода жмыха льна масличного при полной замене подсолнечного шрота в комбикорме для

телят, которая составляет 20 % по массе, обеспечивающая интенсивность физиолого-биохимических процессов в рубце на уровне контрольного варианта, повышение переваримости сухого вещества рационов на 1,7 п. п., сырого протеина – на 0,5, клетчатки – на 4,3, жира – на 6,1 п. п., улучшение использования азота – на 1,7 п. п.

Литература

1. Пищеварение в рубце и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при разных формах цинка в рационе / А. Н. Кот, Д. М. Богданович, А. М. Глиникова, Г. В. Бесараб, И. С. Серяков, В. И. Петров // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 245-251.
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. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 16-22.
3. Богданович, И. В. Эффективность производства говядины при включении в рацион цельного зерна кукурузы / И. В. Богданович // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 168-176.
4. Балансирование рационов коров по минеральным веществам дефекатом / Е. О. Гливанский, Г. Н. Радчикова, Д. В. Медведева, С. Н. Пилюк, М. В. Джумкова, И. В. Богданович // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2021. – С. 948-951.
5. Использование нового заменителя цельного молока в кормлении телят / Г. Н. Радчикова, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, А. Г. Марусич, Е. Н. Даниленко, Е. Я. Лебедько // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 297-303.
6. Эффективность кормовой добавки из вторичных продуктов перерабатывающей промышленности в кормлении коров / Г. В. Бесараб, Т. Л. Сапсалёва, Д. М. Богданович, Г. Н. Радчикова, Б. К. Салаев, Б. С. Убушаев, А. В. Астренков // Инновационный путь развития отраслей животноводства : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Жодино, 2022. – С. 82-86.
7. Сапропель нового месторождения в кормлении коров / Д. М. Богданович, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глиникова, Г. В. Бесараб, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, А. А. Мосолов, Б. С. Убушаев, В. А. Люндышев, В. В. Копытков, С. А. Коваленко // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 159-167.
8. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота, выращенного на заменителе сухого обезжиренного молока и заменителе цельного молока в послемолочный период / Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалёва, И. В. Богданович, С. Н. Пилюк, М. В. Джумкова, В. О. Лемешевский, И. В. Яночкин, Е. И. Приловская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2021. – Т. 56, ч. 2. – С. 3-13.
9. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота разных сапропелей / И. В. Богданович, С. А. Ярошевич, Е. П. Симоненко, В. А. Томчук, В. В. Данчук, В. И. Передня, Е. Л. Жилич, В. А. Люндышев // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2019. – С. 210-215.
10. Продуктивность и качество спермы ремонтных бычков при разном протеине в рационе / Т. Л. Сапсалёва, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, В. М. Будько, И. В. Богданович,

В. В. Карелин // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 177-183.

11. Кормовая добавка из природных ресурсов в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Г. В. Бесараб, Д. М. Богданович, Г. Н. Радчикова, Б. К. Салаев, А. К. Натыров, Б. С. Убушаев, Т. В. Медведская, В. В. Букас // Инновационный путь развития отраслей животноводства : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Жодино, 2022. – С. 74-77.

12. 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. Люндышев, И. В. Сучкова // Инновационный путь развития отраслей животноводства : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Жодино, 2022. – С. 77-82.

13. Богданович, Д. М. Использование лактоферина в кормлении телят / Д. М. Богданович, Е. И. Приловская // Аграрная наука в условиях модернизации и цифрового развития АПК России : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Курган, 2022. – С. 82-85.

14. Выращивание телят с использованием заменителей молока с разным содержанием лактозы / И. В. Богданович, А. В. Астренков, Е. И. Приловская, Т. М. Натынич, В. А. Томчук, В. В. Данчук, Л. В. Кладницкая, А. В. Пашенко // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2020. – С. 452-455.

15. Физиологическое состояние и использование питательных веществ корма при включении в рацион молодняка крупного рогатого скота экструдированного корма / Г. Н. Радчикова, Д. М. Богданович, А. М. Гликова, М. И. Сложеникина, О. Ф. Ганущенко, С. Л. Шинкарёва // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства : сб. науч. работ междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию со дня рожд. проф. Лебедева Егора Яковлевича. – Брянск, 2023. – С. 260-266.

16. 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. Василюк, А. Г. Марусич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2022. – Вып. 25, ч. 1. – С. 224-231.

17. Физико-химические показатели молока коз-продуцентов рекомбинантного лактоферрина третьего и четвёртого года лактации / А. И. Будевич, Д. М. Богданович, Е. В. Петрушко, Н. Л. Заремба // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 2. – С. 141-147.

18. Богданович, Д. М. Экспрессия рекомбинантного лактоферрина человека в молоке коз-продуцентов в течение года / И. В. Богданович, Е. В. Петрушко // Новости науки в АПК. – 2018. – Т. 1, № 2(11). – С. 168.

19. Влияние осоложенного зерна на поедаемость кормов и продуктивность коров / И. В. Богданович, С. Н. Пилло, 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 рождения Терентия Семеновича Мальцева. – Брянск, 2020. – С. 449-453.

20. Научные основы выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота : монография / Д. М. Богданович, В. Н. Тимошенко, А. А. Музыка, А. А. Москалёв, В. П. Цай. – Жодино, 2022. – 303 с.

21. Повышение эффективности выращивания телят путём скармливания разных норм β-каротина / А. Н. Кот, Т. Л. Сапалёва, Д. М. Богданович, Г. Н. Радчикова, О. Ф. Ганущенко, Е. А. Долженкова, В. В. Карелин, А. В. Жалнеровская // Модернизация аграрного

образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2021. – С. 1010-1014.

22. 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. – Персиановский, 2020. – С. 212-216.

23. 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 нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 220-226.

24. Повышение продуктивного действия злаково-бобовой зерносмеси / Д. М. Богданович, А. М. Глинкова, 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, 2023. – С. 235-239.

25. Богданович, И. В. Система выращивания телят с включением в рацион дробленого зерна кукурузы / И. В. Богданович // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 28-32.

26. Сапсалёва, Т. Включаем кукурузу в рационы телят / Т. Сапсалёва, И. Богданович // Животноводство России. – 2023. - № 1. – С. 38-40.

27. Повышение кормовой ценности комбикормов для телят / Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, И. В. Богданович, А. К. Натыров, Н. Н. Мороз, М. М. Карпена, Н. А. Шарейко, И. В. Сучкова, А. В. Жалнеровская // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Солёное Займище, 2021. – С. 1448-1453.

28. Влияние скармливания кормовых добавок с включением разных источников протеина на физиологическое состояние и продуктивность бычков / Г. Н. Радчикова, А. М. Глинкова, Г. В. Бесараб, Д. М. Богданович, Д. В. Медведева, О. Ф. Ганущенко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 172-177.

29. Влияние скармливания белково-энергетической добавки на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинкова, 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 нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 213-220.

30. Местные источники протеина в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Г. Н. Радчикова, Д. М. Богданович, А. М. Глинкова, Т. Л. Сапсалёва, А. К. Натыров, 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, 2023. – С. 253-259.

Поступила 4.04.2024 г.

М.А. ДАШКЕВИЧ, В.Н. БУШТЕВИЧ, В.П. ГАВРИЛЕНКО,
А.Д. ТРОШИНА, Т.А. УГЛИК

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АССИМИЛЯЦИОННОГО
АППАРАТА РАСТЕНИЙ ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОГО И ИХ СВЯЗЬ
С УРОЖАЙНОСТЬЮ ЗЕЛЁНОЙ МАССЫ**

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

Тритикале озимое характеризуется высокой урожайностью и питательной ценностью зелёной массы и является хорошим источником для получения качественных кормов в ранневесенний период. Целью исследований явилось изучить урожайность, морфологические показатели ассимиляционного аппарата растений и их корреляционную связь с урожайностью, а также питательную ценность коллекционных сортов тритикале озимого в фазу трубкования. В результате исследований выявлены сорта белорусской селекции: Гурман, Заречье, Славко, Вердикт, Ковчег, Первенец и сорт Торнадо российской селекции, которые в фазу трубкования превосходили контрольный сорт Борец по урожайности зелёной массы контроль на 1,2-61,8 %, по площади листовой пластины – на 1,6-24,4 %. Данные сорта могут использоваться в селекционном процессе при создании новых зелёнокусных сортов, а также для закладки пастбищ и скармливания зелёного корма в чистом виде, начиная с фазы выхода в трубку и заканчивая началом колошения. Установлена высокая корреляционная связь между площадью третьего, четвёртого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зелёной массы – $r=0,760, 0,715$ и $0,755$ соответственно.

Ключевые слова: тритикале, сорт, урожайность, площадь листовой пластины, зелёная масса, фаза развития растения, химический состав.

M.A. DASHKEVICH, V.N. BUSHTEVICH, V.P. GAVRILENKO,
A.D. TROSHINA, T.A. UGLIK

**MORPHOLOGICAL INDICES OF ASSIMILATION APPARATUS
OF WINTER TRITICALE PLANTS AND THEIR RELATIONSHIP
WITH GREEN MASS YIELDS**

*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus*

Winter triticale is characterized by high yield and nutritive value of green mass and is a good source for obtaining high-quality feed in the early spring. The aim of the research was to study the yield, morphological indices of plant assimilation

apparatus and their correlation with yield, as well as nutritive value of collection varieties of winter triticale during the booting stage. As a result of the research, the following varieties of Belarusian selection were identified: Gurman, Zarechye, Slavko, Verdikt, Kovcheg, Pervenets and the Russian selection variety Tornado, which in the booting stage surpassed the control variety Borets by 1.2-61.8% in green mass yield and by 1.6-24.4% in lamina surface area. These varieties can be used in the selection process when creating new green cut varieties, as well as for establishing pastures and feeding pure green forage, starting from the booting stage and ending with the beginning of earing. A high correlation between the area of the third, fourth leaf, total lamina area and green mass yield was established – $r=0.760$, 0.715 and 0.755 , respectively.

Keywords: triticale, variety, yield, lamina surface area, green mass, plant development phase, chemical composition.

Введение. Создание кормовой базы для животноводства невозможно без возделывания высокоурожайных, зимостойких, устойчивых к засухе и болезням культур. Особенно в ранневесенний период, когда во многих хозяйствах осуществляется острый недостаток биологически полноценных кормов. Одним из путей решения этой проблемы может быть широкое внедрение в производство тритикале озимого как зернофуражного, так и зелёноукосного направлений использования, которое характеризуется сочетанием высокой урожайности биомассы её качеством [1, 2, 3].

Важным свойством тритикале озимого стала адаптивная способность, обусловленная присутствием в его геноме полного набора ржаных хромосом. Современные сорта успешно конкурируют по продуктивности с лучшими сортами ржи и пшеницы. При этом тритикале имеет высокие кормовые достоинства и повышенное содержание лизина в белке, способно расти на бедных и кислых почвах, хорошо переносит неблагоприятные условия перезимовки и имеет высокую степень адаптации к стрессовым воздействиям. Важнейшим технологическим преимуществом возделывания тритикале является то, что в процессе его выращивания можно получать экологически чистую продукцию и меньше требуется ядохимикатов ввиду устойчивости культуры к основным болезням и вредителям [4, 5, 6].

Целью исследований являлось изучить урожайность, морфологические показатели ассимиляционного аппарата растений и их корреляционную связь с урожайностью, а также питательную ценность коллекционных сортов тритикале озимого в фазу трубкувания.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в 2020-2022 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: рН (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 – горох на зерно.

Исследования проводили путём закладки полевых опытов по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Обработку почвы проводили согласно отраслевому регламенту [7]. Площадь делянки – 10 м² в четырёхкратной 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 приемов: 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 являлись сорта тритикале озимого белорусской и российской селекции. В качестве контроля был взят сорт Борец зелёноукосного направления использования.

Учёты данных проводили в фенологическую фазу трубкувания (ВВСН 32-33).

Результаты эксперимента и их обсуждение. Традиционная схема выращивания тритикале зелёноукосного направления использования подразумевает посев осенью в чистом виде. Весной следующего года данные пашни могут использоваться в зелёном конвейере в качестве ранневесеннего пастбища в фазе начало выхода в трубку, а также для заготовки сенажа в фазе начало колошения [8, 9].

Сроки уборки зелёной массы тритикале озимого зависят от планируемого числа укосов, а также от её назначения. Уборку тритикале озимого для подкормки скота следует вести в фазу начало выхода в трубку и до фазы начало колошения. Посевы из тритикале можно использовать в качестве временного культурного пастбища. Начинать выпас крупного рогатого скота следует при высоте травостоя 18-25 см, закачивать при достижении растениями высоты 45-50 см и перейти на укосное использование [2, 8].

Главным признаком, определяющим хозяйственную ценность сортов, независимо от направления использования, является урожайность (таблица 1).

Таблица 1 – Средняя урожайность зелёной массы и высота растений тритикале озимого в фазу трубкования (ВВСН 32-33) за 2020-222 гг.

№ п/п	Сорт	Урожайность ц/га	Прибавка к контролю		Высота растения, см
			ц	%	
1	Борец (контроль)	180,2	-	100	44,5
2	Аграф	177,2	-3,0	98,3	45,2
3	Алтайская 4	148,4	-31,8	82,4	40,6
4	Атлет 17	148,4	-31,8	82,4	38,7
5	Березино	149,3	-30,9	82,9	43,3
6	Благо 16	163,3	-16,9	90,6	37,1
7	Варвара	127,6	-52,6	70,8	43,9
8	Вердикт	201,6	+21,4	111,9	46,7
9	Гродно	172,8	-7,4	95,9	33,1
10	Гурман	182,4	+2,2	101,2	38,6
11	Динамо	152,0	-28,2	84,4	40,8
12	Жемчуг	171,5	-8,7	95,2	40,2
13	Звено	171,0	-9,2	94,9	39,0
14	Заречье	183,5	+3,3	101,8	45,1
15	Импульс	139,6	-40,6	77,5	33,2
16	Ковчег	214,5	+34,3	119,0	41,2
17	Первенец	291,5	+111,3	161,8	49,7
18	Прометей	138,7	-41,5	77,0	33,6
19	Свислочь	172,5	-7,7	95,7	41,8
20	Славко	198,6	+18,4	110,2	44,9
21	Хог	170,5	-9,7	94,6	41,9
22	Устье	151,4	-28,8	84,0	41,5
23	Юбилей	136,3	-43,9	75,6	36,9
24	Экватор	149,7	-30,5	83,1	38,8
25	Торнадо	183,6	+3,4	101,9	46,5
Среднее значение		171,0±6,65			41,1±0,86
Изменчивость (Cv, %)		19,4			10,5

Средняя урожайность зелёной массы в фазу трубкования за три года исследований коллекционных сортов составляла 171 ц/ га при высоте растений 41,1 см. Эти показатели были ниже, чем у контрольного сорта Борец на 5,1 и 7,6 % соответственно. Сорта белорусской селекции Гурман, Заречье, Славко, Вердикт, Ковчег, Первенец и сорт Торнадо российской селекции превосходили по урожайности контроль на 1,2-61,8 %. По высоте растения превосходили контрольный сорт Борец – Славко (0,9 %), Заречье (1,3 %), Вердикт (4,9 %), Первенец (11,7 %) – белорусской селекции и Аграф (1,6 %), Торнадо (4,5 %) российской селекции. Наиболее низкую урожайность зелёной массы в фазу трубкования

имели сорта зернофуражного направления использования: Варвара, Юбилей, Прометей, Импульс, Алтайская 4, Атлет 17, Березино, Экватор, Устье, Динамо, Благо 16 – 127,6-163,3 ц/га, что ниже среднего значения по всем сортам на 25,4-4,5 %.

Наиболее перспективным и урожайным в фазу трубкования был сорт Первенец. Средняя урожайность сорта за три года исследований составила 291,5 ц/га, который превосходил контроль Борец на 111,3 ц/га. Сорт Первенец был создан методом индивидуально-семейного отбора из гибридной комбинации ГЗУ-4, 1/17 × Аграф.

Фотосинтетическая деятельность растений являлась основой формирования урожайности сортов зелёноукосного направления. Увеличение продуктивности зелёной массы растений тритикале обеспечивалось за счёт баланса основных процессов – фотосинтеза и роста. Фотосинтез обеспечивал растения органическими соединениями, которые оказывали влияние на прирост зелёной массы.

При изучении морфологических показателей тритикале озимого на зелёный корм в фазу трубкования выявлены сорта с широкой листовой пластиной: Варвара, Гродно, Гурман, Заречье, Ковчег, Первенец, Свислочь, Славко, которые превосходили контрольный сорт Борец по ширине первого, второго, третьего и четвёртого листа на 2,9-27,1 %, 6,6-60,5 %, 11,9-32,7 и 2,4-12,0 % соответственно. По длине листовой пластины происходили контроль сорта: Атлет 17, Березино, Первенец, Прометей. В результате исследований был выявлен сорт Первенец с широкой и длинной листовой пластиной. Размер и число листьев в основном обусловлено генетически, но и зависели от биологических особенностей сорта, а также от условий окружающей среды в период роста листьев.

Площадь листовой пластины растения является важнейшим морфологическим показателем ассимиляционного аппарата растений, который зависит от длины и ширины листьев растения. Общая площадь листьев в зависимости от сорта колебалась от 34,49 см² (Экватор) до 53,08 см² (Первенец). Наименьшую площадь листовой пластины в фазу трубкования имел первый (с низу) лист и в зависимости от сорта данный показатель колебался от 3,87 см² Динамо до 6,93 см² (Вердикт). По площади первого листа сорта: Звено, Первенец, Устье, Заречье, Славко, Варвара, Ковчег, Гурман, Вердикт превосходили контрольный сорт Борец на 0,6-30,8 %. По мере нарастания листьев их площадь увеличивается. Так, средняя площадь второго листа в сравнении с первым увеличилась на 45,2 % и составила 7,45 см². Средняя площадь третьего листа в сравнении со вторым увеличилась на 67,1 % и четвёртого в сравнении с третьим – на 31,3 % (таблица 2).

Таблица 2 – Площадь листовой пластины тритикале озимого на зелёный корм в фазу трубкования, см²

№ п/п	Сорт	Общая листовая поверхность	Площадь листа			
			первого	второго	третьего	четвертого
1	Борец (контроль)	42,67	5,30	6,57	12,92	17,84
2	Аграф	36,72	3,96	6,24	11,00	15,52
3	Алтайская 4	35,46	4,51	6,89	10,70	13,36
4	Атлет 17	40,31	4,59	7,32	12,48	15,92
5	Березино	40,38	4,24	6,86	12,28	17,00
6	Благо 16	37,89	4,49	6,29	11,07	16,04
7	Варвара	41,54	5,72	8,61*	11,84	15,37
8	Вердикт	45,08	6,93	9,57**	13,19	15,39
9	Гродно	37,31	4,87	6,08	11,19	15,17
10	Гурман	44,38	6,83	8,31*	13,11	16,13
11	Динамо	35,70	3,87	6,00	11,00	14,83
12	Жемчуг	40,76	5,19	7,34	12,40	15,83
13	Звено	41,22	5,33	7,36	12,38	16,15
14	Заречье	43,99	5,67	7,95	12,53	17,84
15	Импульс	39,85	4,53	7,32	12,48	15,52
16	Ковчег	50,53	6,47	11,20**	14,66*	18,20
17	Первенец	53,08	5,45	9,10**	16,68**	21,85*
18	Прометей	41,27	4,86	6,82	12,33	17,26
19	Свислочь	41,71	5,26	7,37	12,27	16,81
20	Славко	45,40	5,67	8,47*	14,63*	16,63
21	Хот	38,61	4,60	7,72	11,43	14,86
22	Устье	43,31	5,66	7,66	13,39	16,42
23	Юбилей	39,65	4,70	6,42	11,97	16,56
24	Экватор	34,49	4,25	5,16	10,20	14,88
25	Торнадо	43,35	5,19	7,69	13,04	17,43
Среднее значение		41,39± 0,87	5,13± 0,16	7,45± 0,26	12,45± 0,28	16,35± 0,32
Изменчивость (Cv, %)		10,5	15,9	17,3	11,3	9,8

При сравнении площади листьев с первым листом установлено, что средняя площадь третьего листа увеличилась в 2,4 раза, а четвёртого – в 3,2 раза. Площадь второго листа в зависимости от сорта колебалась от 5,16 см² (Экватор) до 11,20 см² (Ковчег). Сорта Гурман, Славко, Варвара, Первенец, Вердикт, Ковчег достоверно превосходили контрольный сорт Борец по площади второго листа на 26,5 %, 28,9, 31,1, 38,5, 45,7 и 70,5 % при P<0,05-0,01 соответственно. Площадь третьего листа

находилась в пределах 10,20-16,68 см². Наибольшая площадь третьего листа была выявлена у сортов Торнадо (13,04 см²), Гурман (13,11 см²), Вердикт (13,19 см²), Устье (13,39 см²), Славко (14,63 см²), Ковчег (14,66 см²), Первенец (16,68 см²), которые превосходили контроль на 0,9 %, 2,1, 3,6, 13,2, 13,5 и 29,1 % соответственно. Выявлено достоверное превосходство сортов Славко, Ковчег, Первенец по площади третьего листа над контрольным сортом Борец при $P < 0,05-0,01$. Площадь четвёртого листа в зависимости от сорта находилась в пределах от 13,36 см² (Алтайская 4) до 21,85 см² (Первенец). По площади четвёртого листа превосходили контроль сорта Ковчег на 2,0 % и Первенец на 22,5 %. Наибольшую общую площадь листовой пластины растения имели сорта: Устье (43,13 см²), Торнадо (43,35 см²), Заречье (43,99 см²), Гурман (44,38 см²), Вердикт (45,08 см²), Славко (45,40 см²), Ковчег (50,53 см²), Первенец (53,08 см²) и превосходили контрольный сорт Борец на 1,1 %, 1,6, 3,1, 4,0, 5,6, 6,4, 11,8 и 24,4 % соответственно.

Коэффициент изменчивости площади первого листа составлял 15,9 %, второго – 17,3 %, третьего 11,3 % и четвертого 9,8 %, что свидетельствует об имеющихся резервах дальнейшего совершенствования сортов по длине и ширине листьев в фазу трубкования.

В результате исследований в фазу трубкования установлена слабая корреляционная связь площади первого листа с урожайностью зелёной массы ($r=0,443$), средняя – между площадью второго листа и урожайностью ($r=0,559$), высокая – между площадью третьего, четвёртого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зелёной массы $r=0,760, 0,715, 0,755$ соответственно.

Таким образом, установлено, что сорта с большей общей площадью листовой пластины в фазу трубкования имели более высокую фотосинтетическую активность, что непосредственно оказало влияние на урожайность зелёной массы.

Для кормления крупного рогатого скота важно иметь биомассу определённой питательной ценности. Зелёная масса тритикале озимого зелёноукосных сортов в фазу трубкования имела высокую питательную ценность, нежная с повышенным содержанием протеина, каротина, а также низким содержанием клетчатки.

В одном килограмме зелёной массы тритикале озимого в фазу трубкования в зависимости от погодных условий и сорта содержалось 19-23 % сырого протеина, 4-5 % сырого жира, 17-20 % сырой клетчатки и 9-11 % сырой золы.

Исходя из данных химического состава в фазу трубкования в одном килограмме зелёной массы тритикале озимого в зависимости от сорта содержание кормовых единиц значительно варьировало от 0,18

(Первенец) до 0,28 (Динамо) (таблица 3). По содержанию сухого вещества и обменной энергии почти все сорта превосходили контрольный сорт Борец на 3,1 и 55,2 % и 3,7 и 57,2 % соответственно, за исключением сортов Торнадо и Первенец. Наиболее высоким содержанием кормовых единиц (0,24-0,28) и обменной энергии (2,51-2,94 МДЖ) в 1 кг зелёной массы выделялись сорта: Юбилей, Ковчег, Гродно, Звено, Гурман, Атлет 17, Устье, Динамо, которые превосходили контроль на 26,3 и 47,4 % и 34,2 и 57,2 % соответственно. На содержание сырой клетчатки значительное влияние оказывал сорт. В зависимости от сорта содержание сырой клетчатки значительно варьировало от 27,50 г (Первенец, Торнадо) до 46,97 г (Динамо). Наиболее низкое содержание сырой клетчатки в 1 кг зелёной массы имели сорта Первенец и Торнадо и на 27,4 % уступали контрольному сорту Борец. Это указывает на то, что зелёная масса этих сортов более нежная и дольше сохраняет свои качества. Остальные сорта превосходили контрольный сорт по содержанию сырой клетчатки на 1,4 и 47,7 %. Содержание сырого и переваримого протеина по сортам значительно варьировало от 27,9 г и от 20,1 г (Благо 16) до 45,1 г и до 32,7 г (Динамо). Выделились сорта с более высоким содержанием сырого и переваримого протеина: Импульс, Березино, Первенец, Звено, Гродно, Атлет 17, Динамо, которые превосходили контрольный сорт Борец на 6,6 и 19,0 % и на 7,7 и 20,7 % соответственно. Содержание сырого жира и БЭВ варьировало от 6,8 г (Торнадо) и от 65,5 г (Первенец) до 11,7 г (Динамо) и до 132,1 г (Устье) соответственно. Наиболее существенно завесило от сорта содержание сахара в 1 кг зелёной массы, которое варьировало от 23,5 г (Гродно) до 79,9 г (Звено). Были выявлены сорта Хот (57,5 г), Устье (69,7 г), Гурман (59,7 г), Звено (79,9 г) с наиболее высоким содержанием сахара и превосходили контроль на 44,8 % и 75,6 %. По содержанию фосфора и кальция существенных различий не выявлено и находилось в пределах 0,9-1,9 и 2,9-5,4 г.

Заключение. 1. Выявлены сорта белорусской селекции: Гурман, Заречье, Славко, Вердикт, Ковчег, Первенец и сорт Торнадо российской селекции, которые в фазу трубкования превосходили контрольный сорт Борец по урожайности зелёной массы контроль на 1,2-61,8 %, по площади листовой пластины – на 1,6-24,4 %.

2. Установлена высокая корреляционная связь между площадью третьего, четвёртого листа, общей площадью листовой пластины и урожайностью зелёной массы $r=0,760, 0,715$ и $0,755$ соответственно.

Таблица 3 – Химический состав зелёной массы триггикале озимого в фазу грубкования

Сорт	К. ед.	Сухое в-во, г	Обменная энергия МДЖ	Сырая клетчатка, г	Сырой протеин, г	Переваримый протеин, г	Сырой жир, г	БЭВ, г	Сахар, г	Фосфор, г	Кальций, г
Борец (контраль)	0,19	163	1,87	31,80	37,9	27,1	7,8	70,3	39,7	1,9	4,3
Аграф	0,20	182	2,04	38,00	32,9	23,2	7,0	88,6	40,3	1,4	4,0
Атлет 17	0,26	232	2,75	40,83	44,7	32,8	8,7	118,3	37,2	1,5	4,1
Березино	0,23	213	2,48	38,57	40,5	29,4	10,6	102,2	36,8	1,4	3,9
Благое 16	0,20	181	2,09	34,72	27,9	20,1	7,5	94,7	29,6	1,6	3,2
Варвара	0,23	200	2,35	36,20	36,5	26,6	8,5	102,5	49,5	1,4	3,5
Вердикт	0,21	191	2,22	36,04	35,6	25,8	7,4	95,1	32,5	1,7	4,4
Гродно	0,24	215	2,53	38,87	43,3	31,6	8,6	106,5	23,5	1,3	2,9
Гурман	0,25	214	2,56	36,06	33,0	24,4	8,4	119,9	69,7	1,7	3,8
Динамо	0,28	253	2,94	46,97	45,1	32,7	11,7	126,2	36,9	1,6	3,2
Жемчуг	0,22	198	2,31	36,96	30,4	22,0	7,9	105,9	36,5	1,7	4,2
Звено	0,24	215	2,54	38,37	41,5	30,4	8,7	108,4	79,9	1,7	4,7
Зарецье	0,22	201	2,36	36,56	34,1	24,9	8,3	104,7	41,2	1,9	4,5
Импульс	0,23	216	2,50	41,08	40,4	29,2	9,1	104,3	43,5	1,9	4,4
Ковчег	0,24	212	2,52	36,46	37,1	27,4	9,1	111,3	39,4	1,5	4,2
Первенец	0,18	158	1,84	27,50	41,3	30,0	7,7	65,5	29,6	0,9	2,9
Прометей	0,21	193	2,25	35,59	36,7	26,6	7,9	97,6	36,9	1,6	3,3
Свислочь	0,19	172	1,97	33,46	28,4	20,4	7,8	87,4	40,2	2,1	4,5
Славко	0,19	168	1,94	32,24	34,5	24,8	7,6	77,6	41,2	1,9	4,4
Хот	0,22	192	2,20	37,80	34,6	24,8	8,2	95,1	57,5	1,4	3,5
Устье	0,26	241	2,80	45,44	37,7	27,3	7,1	132,1	69,7	1,6	4,9
Юбилей	0,24	212	2,51	36,63	34,7	25,5	9,9	111,3	38,2	1,4	3,3
Торнадо	0,19	157	1,86	27,50	31,3	23,0	6,8	78,2	27,0	1,8	3,8

3. Сорты Торнадо, Гурман, Заречье, Славко, Вердикт, Ковчег, Первенец могут использоваться в селекционном процессе при создании новых зелёнокормовых сортов, а также для закладки пастбищ и скормливания зелёного корма в чистом виде начиная с фазы выхода в трубку и заканчивая началом колошения.

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. Дашкевич, М. А. Продуктивная способность и питательная ценность тритикале озимого / М. А. Дашкевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Гродно, 2023. – Т. 62. – С. 78-85.
3. Использование тритикале озимого при организации зелёного конвейера / М. А. Дашкевич [и др.] // Зоотехническая наука : сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 190-197.
4. Грабовец, А. И. Селекция тритикале / А. И. Грабовец // Зернофураж в России : сб. науч. тр. по материалам координационного совещания по заданию IV.12.05. – Москва, 2009. – С. 206-220.
5. Лапшин, Ю. А. Озимая тритикале как копанет 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. – Саранск, 2015. – С. 134-139.
6. Элементы продуктивности и питательная ценность зелёной массы тритикале озимого в фазу трубкования / М. А. Дашкевич [и др.] // Зоотехническая наука : сб. науч. тр. – Жодино, 2019. – Т. 54, ч. 1. – С. 225-233.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых и крупяных культур : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию ; рук. разработ. : Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2012. – 288 с.
8. Дашкевич, М. А. Тритикале озимое белорусской и российской селекции в зелёном конвейере / М. А. Дашкевич, В. Н. Бушгевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно, 2022. – Т. 59. – С. 36-44.
9. Тритикале озимое белорусской и российской селекции на зелёный корм в фазу трубкования / М. А. Дашкевич [и др.] // Зоотехническая наука : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 1. – С. 189-199.

Поступила 6.02.2024 г.

Е.Е. ЕВСЕЕНКО

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХОЙ ДОБАВКИ КОРМОВОЙ,
СОДЕРЖАЩЕЙ НАНОСЕЛЕН, В РАЦИОНАХ
МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ**

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

В последние годы возрастает интерес к использованию микроэлементов в наноформах в кормлении разных видов животных, в частности микроэлементу наноразмерному селену, который входит в состав антиоксидантной системы защиты организма, менее токсичен и обладает повышенной биодоступностью. Наночастицы селена, в отличие от антибиотиков, способны оказывать своё действие постоянно. В статье представлены результаты исследования эффективности использования кормовой добавки, содержащей препарат «Нано-Se», в рационах молодняка свиней на откорме. Исследования показали, что использование кормовой добавки, содержащей изучаемый препарат, в рационах молодняка свиней на откорме позволяет увеличить среднесуточный привес живой массы на 4,7 %, а также получить дополнительную условную прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,21 рублей.

Ключевые слова: молодняк свиней, кормовая добавка, рационы, наноселен.

E.E. EVSEENKO

**USE OF DRY FEED ADDITIVE CONTAINING NANOSELENIUM
IN DIETS OF YOUNG PIGS**

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

In recent years, there has been increasing interest in the use of microelements in nanoforms in feeding various animal species, in particular nanosized selenium, which is part of the antioxidant defense system of the body, is less toxic and has increased bioavailability. Unlike antibiotics, selenium nanoparticles are able to exert their effect permanently. The paper presents the results of research on the effectiveness of the use of feed additive containing the preparation “Nano-Se” in the diets of young fattening pigs. The research has shown that the use of feed additive containing the studied preparation in the diets of young fattening pigs makes it possible to increase the daily live weight gain by 4.7 %, as well as to obtain additional attributable profit per 1 kg of live

weight gain in the amount of 0.21 rubles.

Keywords: young pigs, feed additive, diets, nanoselenium.

Введение. Селен – жизненно необходимый микроэлемент. Он важен для нормальной тиреоидной функции и работы иммунной, репродуктивной, сердечно-сосудистой и нервной систем. Описано более 30 биологически активных селеносодержащих белков. Селен входит в состав фермента глутатионпероксидазы (фермент в системе защиты организма от повреждающего действия активных форм кислорода) и йодтирониндейодиназы (фермент, превращающий неактивный гормон тироксин в активный 3-йодотиронин. Этот элемент функционально связан с витамином Е. В последние годы возрастает интерес к микроэлементу селену, который входит в состав антиоксидантной системы защиты организма. В отличие от ионных форм наноразмерный селен (Se) менее токсичен и обладает повышенной биодоступностью, причём он не только предотвращает, но и приостанавливает развитие злокачественных опухолей. Наночастицы селена, в отличие от антибиотиков, способны оказывать своё действие постоянно [1, 2].

Селен контролирует процесс перекисного окисления жиров [3, 4], участвует в синтезе гормонов щитовидной железы, активизирует иммунную систему [5].

Несмотря на то, что существуют препараты неорганического и органического селена, проблема оптимального обеспечения данным микроэлементом ещё далека от разрешения. Наиболее перспективным в этом отношении является наноселен, у которого по сравнению с другими формами гораздо более низкая токсичность, что позволяет применять его в дозах, значительно превышающих суточную потребность. Кроме того, наноселен обладает размерным эффектом (sizeeffect): частицы меньших размеров биологически активнее и лучше накапливаются в тканях [6, 7].

Целью исследований явилось определение эффективности использования кормовой добавки, содержащей препарат наноселена в рационах молодняка свиней на откорме (концентрация наночастиц селена – 0,65 г/кг).

Материал и методика исследований. Исследования по определению эффективности использования кормовой добавки, содержащей препарат «Нано-Se», проведены в условиях ГП «ЖодиноАгроплемЭлита» на репродукторе I порядка «Рассошное» на молодняке свиней на откорме (таблица 1).

Таблица 1 Схема исследований на молодняке свиней на откорме

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

Основной рацион в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» представлен полнорационным комбикормом СК-31, который скармливали в сухом виде. Сформировано 2 подопытные группы свиней по 30 голов в каждой. Различия между группами состояли в использовании двух рецептов комбикормов СК-31, сбалансированных по всем основным питательным и биологически активным веществам, отличающихся между собой вводом 0,2%-ной добавки кормовой сухой, содержащей наночастицы селена, взамен аналогичного количества известняковой муки.

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, влагу – по ГОСТу 13496.3-92, азот – с использованием автоматического анализатора азота по Кьельдалю UDK-159 (по ГОСТу 13496.4-2019 п. 2), клетчатку – по методу Геннеберга – Штомана на FIWE-6 (по ГОСТу 13496.2-91), сырой жир – в аппарате Сокслета (по ГОСТу 13496.15-2016), золу – по ГОСТу 26226-95 п. 1.

Динамику живой массы – путём индивидуального взвешивания животных в начале и конце опыта, а также по периодам выращивания.

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 [8, 9].

Результаты эксперимента и их обсуждение. От степени обеспеченности свиней всеми факторами кормления зависит продуктивность и здоровье животных. Состав и питательность опытных комбикормов молодняка свиней на откорме представлены в таблице 2.

Таблица – 2 Состав и питательность комбикорма СК-31

Компоненты	СК-31 контроль	СК-31 опыт
Ячмень, %	20,35	20,35
Пшеница, %	35,00	35,00
Тритикале, %	22,00	22,00
Шрот подсолнечный, %	11,00	11,00
Шрот соевый, %	5,28	5,28
Масло растительное, %	3,00	3,00
Мел молотый, %	1,01	1,01
Соль поваренная корм., %	0,28	0,28
Монокальцифосфат, %	0,48	0,48
Известняковая мука, %	0,20	-
Добавка кормовая, содержащая «Нано-Se», %	-	0,20
L-лизин сульфат	0,40	0,40
Премикс КС-4-1	1,00	1,00
Итого, %	100,00	100,00
В 1 кг комбикорма содержится:		
Обменная энергия	13,19	13,19
Сухое вещество	864,90	864,90
Сырой протеин	151,80	151,80
Сырая клетчатка	45,30	45,30
Сырой жир	50,30	50,30
Лизин	8,00	8,00
Метионин+цистин	5,47	5,47
Триптофан	1,89	1,89
Соль поваренная	3,50	3,50
Са	6,00	6,00
Р	4,80	4,80
Железо, мг	65	65
Цинк	70	70
Селен	0,3	0,38
в т.ч. виде наночастиц	-	0,08
Na	1,40	1,40
Cl	2,70	2,70
S	1,70	1,70

Балансирование комбикорма СК-31 для молодняка свиней произведено с учётом уровня содержания питательных и биологически активных веществ, а также микро- и макроэлементов. 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. Концентрация кальция и фосфора в рационе в расчёте к сухому веществу составила 0,69 и 0,55 %, соотношение кальция к фосфору – 0,8:1.

Рационы подопытного молодняка свиней состояли из одинакового набора кормов, и животные всех групп поедали практически одинаковое их количество. Кормление подопытных животных осуществлялось вручную, 2,17 кг комбикорма на голову в сутки в среднем за опытный период.

Гематологические и биохимические исследования крови отражают внутреннюю картину процессов, происходящих в организме животных, являются неотъемлемой частью исследований эффективности применения различных добавок в кормлении для определения степени их влияния на организм. Биохимические показатели крови считаются одним из важных показателей функционального состояния организма животных, а также характеризуют интенсивность протекания обменных процессов организма (таблица 3).

Таблица 3 – Морфологические и биохимические показатели крови свиней на откорме

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
1	2	3
Эритроциты, 10^{12} /л	5,2±0,1	5,2±0,1
Гемоглобин, г/л	99,3±1,8	101,0±1,8
Лейкоциты, 10^9 /л	20,5±0,5	19,5±1,3
Тромбоциты, 10^9 /л	296,3±22,6	250,0±7,6
Общий белок, г/л	70,2±2,7	69,5±2,4
Альбумины, г/л	29,1±0,8	34,7±1,6
Глобулины, г/л	41,1±2,4	34,8±2,8
Мочевина, ммоль/л	3,54±0,40	3,09±0,30
Креатинин, мкмоль/л	161,1±7,6	142,0±7,3*
Глюкоза, ммоль/л	3,11±0,10	3,53±0,09*
Холестерин, ммоль/л	3,04±0,11	2,52±0,12*
Триглицериды, ммоль/л	0,34±0,02	0,28±0,05
АСТ, ед./л	42,3±2,7	35,7±2,2
АЛТ, ед./л	29,2±2,7	25,8±1,3
Кальций, ммоль/л	2,28±0,18	2,30±0,12
Фосфор, ммоль/л	2,78±0,11	2,72±0,19
Магний, ммоль/л	0,82±0,03	0,92±0,05
Железо, мкмоль/л	18,4±3,4	19,7±2,3

Продолжение таблицы 3

1	2	3
Общий билирубин, мкмоль/л	4,46±0,1	4,20±0,2
Прямой билирубин, мкмоль/л	1,4±0,1	1,2±0,1

Примечание: * - $P < 0,05$

Полученные данные показывают, что содержание общего белка в сыворотке крови у опытных животных, получавших кормовую добавку с наноселеном, ниже на 1 % по сравнению с показателями животных контрольной группы. Это может говорить о том, что белок интенсивней используется на построение тканей организма. Уровень белкового обмена может свидетельствовать о скорости роста и развития свиней. Снижение уровня мочевины в крови на 12,7 % у животных опытной группы по сравнению с контрольными аналогами указывает на лучшую усвояемость азота и эффективную его утилизацию, а также наблюдалось достоверное снижение содержания креатинина на 11,9 % и холестерина на 17,1 % соответственно. Исследование активности АЛТ и АСТ в сыворотке крови поросят является показателем полноценности белкового питания, интенсивности его обмена в организме и характеризует функциональное состояние печени животных. Установлено снижение содержания у животных опытной группы триглицеридов на 17,6 %, АСТ – на 15,6 %, АЛТ – на 11,6 %, общего билирубина – на 5,8 % по сравнению с животными контрольной группы.

Несмотря на некоторые изменения показателей крови следует отметить, что все показатели в период опыта у всех животных были в пределах физиологической нормы.

Одним из основных элементов, характеризующих рост и развитие животных, является определение среднесуточного прироста живой массы. Данный показатель отображает величину энергии роста животного за учётный период исследований. Эффективность скармливания опытного комбикорма СК-31 с применением кормовой добавки, содержащей «Нано-Se», представлена в таблице 4.

Из данных, полученных в исследованиях, следует, что средняя живая масса подвинков на откорме в начале опыта отличалась незначительно, в конце периода масса животных II группы была выше на 1,5 %, чем масса молодняка в контрольной группе. Использование кормовой добавки, содержащих «Нано-Se», положительно отразилось на продуктивности животных. Валовой прирост живой массы за период опыта во II опытной группе животных, потреблявших наночастицы селена, оказался на 4,7 % выше показателей контрольной группы.

Таблица 4 – Динамика приростов живой массы подопытных животных

Показатель	Группа животных	
	I контрольная	II опытная
Средняя живая масса одного поросенка, кг		
В начале опыта	67,0	66,9
В конце опыта	100,7	102,2
Валовой прирост за опыт, кг	33,7	35,3
Среднесуточный прирост живой массы, г		
За весь период опыта	702,8	735,8
% к контролю	100	104,7
Затраты комбикорма, кг		
Среднесуточное потребление	2,17	2,17
На 1 кг прироста живой массы	3,09	2,95

Сходная валовому приросту тенденция установлена по показателю среднесуточного прироста молодняка свиней при ежедневном использовании кормовой добавки, содержащей «Нано-Se». Повышение суточной продуктивности свиней на откорме II опытной группы по сравнению с контрольной группой составило 33 г (4,7 %).

Свиньи во II опытной группе более эффективно усваивали питательные вещества комбикорма. Затраты комбикорма на 1 кг прироста живой массы составили 2,95 кг комбикорма, что ниже на 4,5 % в сравнении с контролем.

Экономическая оценка результатов опыта подтвердила эффективность применения кормовой добавки с препаратом «Нано-Se» в кормлении молодняка свиней на откорме (таблица 5).

Таблица 5 – Расчёт экономической эффективности применения добавки кормовой, содержащей «Нано-Se», в рационах молодняка свиней на откорме

Показатель	Группа животных	
	I контрольная	II опытная
1	2	3
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	1,10	1,102
Стоимость 1 кг добавки кормовой «Нано-Se», руб.	-	1,00
Затрачено комбикорма в расчёте на 1 голову за 48 дня опыта, кг	104,16	104,16
Стоимость затраченного в расчёте на 1 голову комбикорма, руб.	114,58	114,78
Условная себестоимость прироста живой массы (корма 70 % в структуре себестоимости), руб.	163,69	163,97
Полученный прирост живой массы, кг	33,7	35,3

Продолжение таблицы 5

1	2	3
Условная себестоимость 1 кг прироста живой массы, руб.	4,86	4,65
Реализационная цена 1 кг прироста живой массы, руб.	5,1	5,1
Стоимость полученного прироста живой массы, руб.	171,87	180,03
Условная прибыль на одну голову, руб.	8,18	16,06
Условная прибыль в расчёте 1 кг прироста живой массы, руб.	0,24	0,45
Дополнительная условная прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы полученная в опытной группе по отношению к контрольной, руб.	-	0,21

Анализ данных экономической эффективности использования добавки кормовой, содержащей «Нано-Se», в рационах молодняка свиней на откорме показывает, что введение добавки в рацион ведёт к получению дополнительной условной прибыли в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,21 рублей и 8,16 рублей в расчёте на одну голову.

Заключение. Использование кормовой добавки, содержащей препарат наноселена, в рационах молодняка свиней на откорме позволяет увеличить среднесуточный привес живой массы на 4,7 %, а также получить дополнительную условную прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,21 рублей.

Литература

1. Решетняк, Л. А. Селен и здоровье человека / Л. А. Решетняк, Е. О. Парфенова // Экология моря. – 2000. – № 59. – С. 20–25.
2. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии (обзор) / В. В. Вапиров [и др.]. – Петрозаводск : ПетрГУ, 2000. – 68 с.
3. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов // Фундаментальные и клинические аспекты : учебник – СПб: Лань, 2004. – С. 271-272 с.
4. Панченко, Л. Ф. Клиническая биохимия микроэлементов / Л. Ф. Панченко, И. В. Маев, К. Г. Гуревич. – Москва : Колос, 2004. – 363 с.
5. Колесникова, Л. И. Состояние системы липопероксидации – антиоксидантной защиты при токсическом поражении печени и его профилактике нанокондитным препаратом селена и арабиногалактана / Л. И. Колесникова // Бюл. экспериментальной биологии и медицины. – 2015. - № 159 (2). – С. 183-187.
6. Третьяк, Л. Н. Специфика влияния селена на организм человека и животных / Л. Н. Третьяк // Вестник ОГУ. – 2007. - №1 (12). – С. 136-145.
7. Spasic, M. V. Effect of term exposure to cold on the antioxidant defense system in the rat / M. V. Spasic, Z. C. Spasic, B. Buzadzic // Free Rad. Biol. Med. – 1993. – № 3. – P. 291–299.
8. Biological effects of nano red elemental selenium / J. S. Zhang [et al.] // Biofactors. – 2001. – Vol. 15. – P. 27-38.

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 7.05.2024 г.

УДК 636.4.085.12:546.23-022.532

Е.Е. ЕВСЕЕНКО, Л.А. ШВАБ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСЕЛЕНА В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ НА ОТКОРМЕ

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

Для максимального раскрытия генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птицы и получения высоких показателей продуктивности необходимо восполнить в рационах дефицит макро- и микроэлементов, играющих важную роль во всех обменных процессах организма. В области ветеринарии и животноводства растёт интерес к применению наночастиц металлов, характеризующихся более высокой биодоступностью. Одним из таких элементов является наноселен. В статье представлены результаты исследования эффективности его использования в рационах молодняка свиней на откорме. Исходя из полученных данных установлено, что использование препарата наноселена, введённого с водой в дозировке 0,10 и 0,20 мг на 1 кг сухого вещества комбикорма в рационы молодняка свиней на откорме, позволило получить дополнительную условную прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,03 и 0,15 рублей соответственно.

Ключевые слова: молодняк свиней, глутатионпероксидаза, рационы, наноселен.

Е.Е. EVSEENKO, L.A. SHVAB

USE OF NANOSELENIUM IN DIETS OF FATTENING PIGS

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

In order to maximize the genetic potential of farm animals and poultry and to obtain high productivity, it is necessary to compensate for the deficiency of macro- and microelements in diets, which play an important role in all metabolic processes

of the body. In the field of veterinary medicine and animal breeding there is a growing interest in the use of metal nanoparticles characterized by higher bioavailability. Nanoselenium is one of such elements. The article presents the results of research on the effectiveness of its use in the diets of young fattening pigs. Based on the data obtained, it was established that the use of the nanoselenium preparation administered with water in a dose of 0.10 and 0.20 mg per 1 kg of dry matter of compound feed for young fattening pigs made it possible to obtain additional attributable profit per 1 kg of live weight gain in the amount of 0.03 and 0.15 rubles, respectively.

Keywords: young pigs, glutathione peroxidase, diets, nanoselenium.

Введение. Максимальное раскрытие генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птицы, а также получение высоких показателей продуктивности невозможно без использования в рационах биологических активных веществ. В кормлении животных основное место занимает разработка и обоснование норм введения в рацион дефицитных элементов, к таким веществам относят селен.

Селен известен своими многочисленными функциями в организме животного и человека. Биологическая активность селена 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 [1, 2]. Помимо этого, селену принадлежат важные метаболические функции: он участвует в поддержании иммунной системы, улучшает подвижность сперматозоидов, активизирует гормоны щитовидной железы [3, 4, 5]. Однако, помимо этих положительных функций в организме, селен в дозах, чуть более превышающих терапевтические, вызывает токсичность. Сочетание введённой дозы и химической формы селена играет фундаментальную роль в определении его токсичности. Для лучшего усвоения селена снижения его токсичности разрабатывается большое количество новых селенсодержащих препаратов. Недостатком данных препаратов является их неудовлетворительная усвояемость из-за большого размера частиц селена, а также высокая стоимость. В области ветеринарии и животноводства растёт интерес к применению наночастиц в их процессах. Исследования показали, что наночастицы металлов имеют более высокую биодоступность из-за их новых характеристик, таких как более высокая удельная поверхность, более высокая поверхностная активность, высокая каталитическая эффективность и более высокая адсорбционная способность [6].

Целью исследований явилось определение эффективности использования препаратов наноселена в рационах молодняка свиней на откорме.

Материал и методика исследований. Исследования по определению эффективности использования препарата наноселена (концентрация наночастиц селена – 0,5 г/кг) проведены в условиях школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита». В рационах молодняка свиней на откорме использовали препарат «Нано-Se» при выпойке с водой по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема исследований на молодняке свиней на откорме

Группа	Количество животных в группе, голов	Условия кормления
I контрольная	20	ОР* (СК-31)
II опытная	20	ОР + препарат «Нано-Se» (концентрация наночастиц селена – 0,5 г/кг) в количестве 0,10 мг наночастиц селена на один кг потребляемого сухого вещества рациона. В первый месяц – 0,31 мл (г) препарата на голову в сутки; Во второй месяц – 0,44 мл (г) препарата на голову в сутки.
III опытная	20	ОР + препарат «Нано-Se» (концентрация наночастиц селена 0,5 г/кг) в количестве 0,20 мг наночастиц селена на один кг потребляемого сухого вещества рациона. В первый месяц – 0,62 мл (г) препарата на голову в сутки; Во второй месяц – 0,89 мл (г) препарата на голову в сутки.

Примечание. * основной рацион.

Основной рацион в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» представлен полнорационным комбикормом СК-31, который скармливали в сухом виде. Сформировано 3 подопытные группы по 20 голов в каждой, из которых I контрольная группа получала общепринятый рацион в хозяйстве без использования препарата наночастиц. Различия между опытными группами и контрольными животными заключались в использовании при выпойке воды молодняку свиней II группы препарата наночастиц селена из расчёта 0,10 мг наночастиц селена на один килограмм потребляемого сухого вещества рациона, поросётам III опытной группы – 0,20 мг наночастиц селена на один килограмм потребляемого сухого вещества рациона. В связи с постоянным увеличением потребления сухого вещества рациона корректировка количества задаваемого препарата в сутки для молодняка свиней на откорме II группы проводилась

ежемесячно: 0,31 мл (г) препарата в сутки в первый месяц выращивания, 0,44 мл (г) – во второй. Для поросят III группы количество препарата «Нано-Se» на голову в сутки в первый месяц выращивания составило 0,62 мл (г), во второй месяц – 0,89 мл (г).

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 ГОСТу 13496.3-92, азот – автоматический анализатор азота по Кьельдалю UDK-159 (по ГОСТу 13496.4-2019, п. 2), клетчатка – по методу Геннеберга – Штомана на FIWE – 6 (по ГОСТу 13496.2-91), сырой жир – в аппарате Сокслета (по ГОСТу 13496.15-2016), зола – по ГОСТу 26226-95 п. 1.

Динамику живой массы определяли путём индивидуального взвешивания животных в начале и конце опыта, а также по периодам выращивания. Гематологические показатели: морфофункциональный состав крови форменных элементов крови – с использованием автоматического анализатора Urit 3000Vet Plus; биохимический состав сыворотки крови (гемоглобин, общий белок с фракциями, мочевины, глюкоза, холестерин, 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 [7, 8].

Результаты эксперимента и их обсуждение. Состав и питательность опытного комбикорма молодняка свиней на откорме представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав и питательность опытного комбикорма СК-31 для молодняка свиней на откорме, в 1 кг

Компоненты	СК-31	СК-31-1	СК-31-2
1	2	3	4
Ячмень, %	30,00	30,00	30,00
Пшеница, %	17,38	17,38	17,38
Тритикале, %	30,00	30,00	30,00
Шрот подсолнечный, %	16,80	16,80	16,80
Масло растительное (рапсовое), %	1,52	1,52	1,52
Мел молотый, %	0,92	0,92	0,92
Соль поваренная корм., %	0,40	0,40	0,40
Монокальцийфосфат, %	0,65	0,65	0,65
L-лизин гидрохлорид, %	0,68	0,68	0,68
L-треонин, %	0,45	0,45	0,45
Премикс КС-4-1, %	1,00	1,00	1,00

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Сервобак жидкий, %	0,10	0,10	0,10
Эсцент, %	0,10	0,10	0,10
Итого, %:	100	100	100
Препарат «Нано-Se», грамм (внесение препарата в воду)	-	0,20	0,40
В 1 кг комбикорма содержится:			
Кормовые единицы	1,14	1,14	1,14
Обменная энергия, МДЖ	12,55	12,55	12,55
Сухое вещество, г	865	865	865
Сырой протеин, г	156	156	156
Сырая клетчатка, г	53	53	53
Сырой жир, г	36	36	36
Лизин, г	10,5	10,5	10,5
Метионин, г	2,8	2,8	2,8
Метионин+цистин, г	5,7	5,7	5,7
Триптофан, г	1,8	1,8	1,8
Лейцин, г	9,1	9,1	9,1
Изолейцин, г	5,1	5,1	5,1
Треонин, г	9,50	9,50	9,50
Валин, г	6,6	6,6	6,6
Соль поваренная, г	4,8	4,8	4,8
Макроэлементы:			
Са, г	6,3	6,3	6,3
Р, г	5,4	5,4	5,4
Селена, мг (всего):			
в т.ч. селена из кормов рациона, мг	0,30	0,39	0,47
в т.ч. папо селена, мг	-	0,09	0,17
Селена (всего), мг в 1 кг СВ:	0,35	0,45	0,55
в т.ч. селен в папо форме	-	0,10	0,20
в т.ч. селен из кормов рациона	0,35	0,35	0,35

Балансирование комбикорма СК-31 для молодняка свиней произведено с учётом уровня содержания обменной энергии и доступных незаменимых аминокислот. Комбикорм СК-31 включает 77,38% зерна злаковых культур, 16,80% высокобелковых компонентов, 1,52% масла растительного и 1,97% минеральных кормов, 1,13% синтетических аминокислот. В рационе в расчете на 1 МДж обменной энергии содержится 12,4 г сырого протеина, 4,2 г сырой клетчатки, 2,9 г сырого жира, 0,84 г лизина, 0,22 г метионина, 0,14 г триптофана. Концентрация кальция и фосфора в рационе в расчете к сухому веществу составила 0,73 и 0,62 %, соотношение кальция к фосфору – 0,86:1.

Кормление подопытных животных осуществлялось автоматической программой кормления, которая задавала дозированное количество кормов: 2,1 кг комбикорма на голову в сутки в среднем за опытный период.

При полноценном, сбалансированном по всем веществам кормлении свиньи эффективно используют энергию рациона. Эффективность использования различных кормовых добавок в кормлении свиней оценивается по приросту живой массы и затраты кормов на единицу привеса. Эффективность применения разных дозировок наночастиц селена при выпойке с водой представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика приростов живой массы подопытных животных

Показатель	Группа животных		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Средняя живая масса одного поросенка, кг			
В начале опыта	71,6	72,1	72,1
В конце опыта	104,5	105,4	106,7
Валовой прирост за опыт, кг	32,9	33,3	34,6
Среднесуточный прирост живой массы, г			
За весь период опыта	731,4	739,7	768,6
% к контролю	100	101,1	105,1
Затраты комбикорма, кг			
Среднесуточное потребление	2,1	2,1	2,1
На 1 кг прироста живой массы	2,86	2,84	2,73

Из данных, полученных в опыте, следует, что средняя живая масса подсвинков на откорме в начале опыта отличалась незначительно: в конце периода масса животных II группы была выше на 0,9 %, масса животных III группы – на 2,1 %, чем масса молодняка в контрольной группе. Использование препарата «Нано-Se» положительно отразилось на продуктивности животных в опытных группах. Валовой прирост живой массы за период опыта в опытных группах, потреблявших наночастицы селена, варьировал от 33,3 до 34,6 кг (на 1,2-5,1 % выше показателей I группы), в то время как в контрольной он составил 32,9 кг.

Аналогичная валовому приросту тенденция установлена по показателю среднесуточного прироста молодняка свиней при ежедневном использовании различных дозировок наночастиц селена. Введение в рацион наночастиц селена в рацион опытных животных повысило среднесуточный прирост свиней на откорме II и III опытных групп по сравнению с контрольной группой на 1,13 и 5,1 % соответственно. Таким образом, наибольший привес живой массы наблюдался у свиней,

получавших в своём рационе дополнительно наноселен в количестве 0,20 мг на 1 кг сухого вещества. Наиболее эффективно потребляли и усваивали питательные вещества комбикорма свиньи во II опытной группе, где затраты комбикорма на 1 кг живой массы прироста составили 2,73 кг комбикорма, что ниже на 4,5 % по сравнению с контролем.

В проведенных исследованиях изучалось действие препарата препарата «Нано-Se» на свиньях на откорме на их гематологические и биохимические показатели крови (таблица 4).

Таблица 4 Морфологические и биохимические показатели крови свиней на откорме

Показатель	Группа		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Эритроциты, 10^{12} /л	6,3±0,3	6,4±0,3	6,4±0,1
Гемоглобин, г/л	113,8±2,7	113,6±4,0	108,6±2,6
Лейкоциты, 10^9 /л	12,1±0,7	11,7±0,5	11,1±0,7
Тромбоциты, 10^9 /л	236,2±46,5	227,8±14,8	228,8±32,0
Общий белок, г/л	69,0±1,3	73,6±2,2	71,1±1,1
Альбумины, г/л	34,7±1,0	37,4±1,6	36,0±0,7
Глобулины, г/л	34,3±0,8	36,2±1,3	35,1±2,4
Мочевина, ммоль/л	3,21±0,15	3,46±0,21	3,32±0,10
Креатинин, мкмоль/л	156,0±12,2	178,0±5,4	166,3±9,3
Глюкоза, ммоль/л	4,01±0,04	4,20±0,17	4,16±0,03*
Холестерин, ммоль/л	2,2±0,24	1,9±0,15	2,2±0,16
Триглицериды, ммоль/л	0,27±0,02	0,34±0,04	0,30±0,02
АСТ, ед./л	33,7±1,7	34,9±1,8	30,7±1,5
АЛТ, ед./л	40,3±0,9	38,6±1,5	40,1±0,9
Кальций, ммоль/л	2,75±0,03	2,76±0,02	2,83±0,03*
Фосфор, ммоль/л	1,79±0,10	1,80±0,06	1,81±0,09
Магний, ммоль/л	1,19±0,06	1,22±0,06	1,17±0,03
Железо, мкмоль/л	22,5±0,7	25,2±2,2	24,2±0,6*

Примечание: * - $P < 0,05$

Выпаивание препарата наноселена положительно повлияло на морфо-биохимические показатели крови подопытных животных. Количество эритроцитов и гемоглобина, холестерина, АСТ и АЛТ, магния и кальция в крови опытных свиней отличалось незначительно. Наблюдалось некоторое увеличение содержания у животных II и III опытных групп общего белка (на 6,7 и 3 %), альбуминов (на 7,8 и 3,7 %), глобулинов (на 5,8 и 2,3 %), мочевины (на 7,8 и 3,4 %), креатинина (на 14,1 и 6,6 %), глюкозы (на 4,7 и 3,7 % ($P < 0,05$), триглицеридов (на 25,9 и 11,1 %), железа (на 12 и 7,6 % ($P < 0,05$)) по сравнению с животными контрольной группы соответственно. Установлено снижение содержания у

животных опытных групп лейкоцитов на 3,3 и 8,3 %, тромбоцитов – на 3,6 и 3,1 % по сравнению с животными контрольной группы соответственно. Несмотря на некоторые изменения показателей крови следует отметить, что все показатели в период опыта у всех животных были в пределах физиологической нормы.

Экономическая оценка результатов опыта подтвердила эффективность применения препарата «Нано-Se» в кормлении молодняка свиней на откорме (таблица 5).

Таблица 5 – Расчёт экономической эффективности применения наночастиц селена («Нано-Se») в рационах молодняка свиней на откорме (в средних ценах на 2022 год)

Показатель	Группа животных		
	I контрольная	II опытная	III опытная
1	2	3	4
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.	0,90	0,90	0,90
Стоимость 1 л добавки «Нано-Se», руб.	-	16,0	16,0
Затрачено комбикорма в расчёте на 1 голову за 45 дня опыта, кг	94,5	94,5	94,5
Затрачено препарата «Нано-Se» на 1 голову за 45 дней опыта, мг	-	16,4	32,8
Стоимость затраченного в расчёте на 1 голову комбикорма, руб.	85,05	85,05	85,05
Стоимость затраченной кормовой добавки «Нано-Se» в расчёте на 1 голову, руб.	-	0,3	0,5
Стоимость затраченного в расчёте на 1 голову комбикорма и кормовой добавки «Нано-Se», руб.	85,05	85,35	85,55
Условная себестоимость прироста живой массы (корма 70 % в структуре себестоимости), руб.	121,5	121,9	122,4
Полученный прирост живой массы, кг	32,9	33,3	34,6
Условная себестоимость 1 кг прироста живой массы, руб.	3,7	3,7	3,5

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Реализационная цена 1 кг прироста живой массы, руб.	4,9	4,9	4,9
Стоимость полученного прироста живой массы, руб.	161,2	163,2	169,5
Условная прибыль на одну голову, руб.	39,7	41,3	47,1
Условная прибыль в расчёте 1 кг прироста живой массы, руб.	1,21	1,24	1,36
Дополнительная условная прибыль в расчёте на 1 кг прироста живой массы полученная в опытной группе по отношению к контрольной, руб.	-	0,03	0,15

Анализ данных экономической эффективности использования наночастиц селена «Нано-Se» в рационах молодняка свиней на откорме показал, что их введение с водой в дозировке 0,10 и 0,20 мг на 1 кг сухого вещества комбикорма ведёт к получению дополнительной условной прибыли в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,03 и 0,15 рублей соответственно.

Заключение. При использовании наночастиц селена «Нано-Se» в рационах молодняка свиней на откорме установлено, что их введение с водой в дозировке 0,10 и 0,20 мг на 1 кг сухого вещества комбикорма способствует увеличению среднесуточного привеса на 1,1-5,1 % и ведёт к получению дополнительной условной прибыли в расчёте на 1 кг прироста живой массы в размере 0,03 и 0,15 рублей соответственно.

Литература

1. Георгиевский, В. И. Минеральное питание животных / В. И. Георгиевский, П. Н. Анненков, В. Т. Самохин. – Москва : Колос, 1979. – 471 с.
2. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев, Ю. В. Конопатов // Фундаментальные и клинические аспекты : учебник. – СПб : Лань, 2004. – С. 271–272.
3. Clarkson, T. W. The toxicology of mercury – current exposures and clinical manifestations / T. W. Clarkson, L. Magos, G. J. Myers // *New Engl. J. Med.* – 2003. – Vol. 349. – P. 1731–1737. DOI: 10.1056/NEJMra022471.
4. Psychological effects of low exposure to mercury vapor: application of a computer-administered neurobehavioral evaluation system / Y. X. Liang [et al.] // *Environ Res.* – 1993. – Vol. 60(2). – P. 320–327. DOI: 10.1006/enrs.1993.1040.
5. Effect of long-term exposure to cold on the antioxidant defense system in the rat / M. B. Spasic [et al.] // *Free Rad. Biol. Med.* – 1993. – Vol. 15, No 3. – P. 291–299. DOI: 10.1016/0891-5849(93)90076-7.
6. Biological effects of nano red elemental selenium / J. S. Zhang [et al.] // *Biofactors.* – 2001. – Vol. 15(1). – P. 27-38. DOI: 10.1002/biof.5520150103.

7. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 320 с.

8. Менчукова, С. Г. Математические расчеты селекционных признаков в животноводстве : методические указания / С. Г. Менчукова. – Горки, 1989. – 65 с.

Поступила 20.02.2024 г.

УДК 636.2.087.72/.73

М.М. КАРПЕНЯ¹, Д.А. ОРЕХВО², Л.Ф. КЛУНДУК², В.Н. ПОДРЕЗ¹,
В.Ф. РАДЧИКОВ³, С.Л. КАРПЕНЯ¹, М.В. ГОРОВЕНКО¹,
Т.Н. НОГИНА¹, Ю.В. ШАМИЧ¹

ОПТИМИЗАЦИЯ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

*¹Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь*

²ЗАО «Консул», г. Брест, Республика Беларусь

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

Успешное развитие молочного скотоводства невозможно без грамотной организации биологически полноценного кормления, способствующего повышению продуктивности и снижающего риск заболеваний высокопродуктивных животных. С этой целью на молочно-товарных комплексах и фермах республики в кормлении животных используются биологически активные кормовые добавки, которые отличаются большим разнообразием и способны помочь в решении большинства проблем в кормлении крупного рогатого скота. В статье приведены результаты исследований по оптимизации витаминно-минерального питания высокопродуктивных коров в середине лактации за счет использования адаптированного премикса. В ходе исследований проведена токсикологическая оценка премикса «МуМикс стандарт» для высокопродуктивных коров, которая позволяет отнести его к IV классу опасности (вещества малоопасные). В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в составе рациона высокопродуктивных коров в середине лактации разработанного премикса в количестве 150 г на голову в сутки способствует повышению среднесуточного удоя на 5,1%, производства молока в зачетной массе – на 3,7%, массовой доли жира в молоке – на 0,11 п.п., массовой доли белка – 0,06, массовой доли лактозы – на 0,24, массовой доли СОМО – на 0,09 п.п. и уменьшению количества соматических клеток на 5,0%.

Ключевые слова: коровы, молочная продуктивность, качество молока, премикс, токсичность, витамины, минеральные вещества.

M.M. KARPENIA¹, D.A. OREKHVO², L.F. KLUNDUK²,
V.N. PODREZ¹, V.F. RADCHIKOV³, S.L. KARPENIA¹,
M.V. GOROVENKO¹, T.N. NOGINA¹, Y.V. SHAMICH¹

OPTIMIZATION OF VITAMIN AND MINERAL NUTRITION OF HIGH-YIELDING COWS

¹*Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine,
Vitebsk, Republic of Belarus*

²*CJSC "Konsul", Brest, Republic of Belarus*

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

Successful development of dairy cattle breeding is impossible without proper arrangements for biologically adequate feeding, which improves productivity and reduces the risk of diseases in high-yielding animals. For this purpose, commercial dairy complexes and farms of the republic use biologically active feed additives in animal feeding, which are very diverse and can help solve most problems in cattle feeding. The article presents the results of research on optimization of vitamin and mineral nutrition of high-yielding cows in the middle of lactation through the use of adapted premix. In the course of research, a toxicological assessment of the MuMix standard premix for high-yielding cows was carried out, which made it possible to refer it to hazard class IV (low-hazard substances). As a result of scientific and economic experiment, it was established that the use of the developed premix in the diet of high-yielding cows in the middle of lactation in the amount of 150 g per head per day increased the average daily milk yield by 5.1%, milk production in standard weight by 3.7%, milk fat mass fraction by 0.11 p.p., protein mass fraction by 0.06, lactose mass fraction by 0.24, MSNF mass fraction by 0.09 p.p. and reduced the number of somatic cells by 5.0%.

Keywords: cows, milk productivity, milk quality, premix, toxicity, vitamins, minerals.

Введение. Перевод молочного животноводства на промышленную основу хотя и открыл широкие перспективы для дальнейшего роста поголовья скота и повышения продуктивности, но вместе с тем создал ряд проблем теоретического и практического характера. При этом организм животного испытывает большие функциональные нагрузки, что снижает его иммунологическую реактивность и тем самым способствует нарушению обмена веществ, развитию алиментарных и инфекционных заболеваний, обусловленных даже условно-патогенной микрофлорой [1].

Успешное развитие молочного скотоводства невозможно без рационального использования кормов, которое основано на повышении

трансформации питательных веществ, содержащихся в кормах, в продукцию животноводства, в том числе и за счёт организации биологически полноценного кормления. Ошибки в кормлении коров приводят к снижению их продуктивности и повышают риск заболеваний, особенно у высокопродуктивных животных. С этой целью на молочно-товарных комплексах и фермах республики в кормлении животных используются биологически активные вещества, действие которых направлено на коррекцию обменных процессов организма, что отражается на показателях продуктивности производства в целом. Не стоит забывать и о безопасности произведённой продукции [2, 3].

При организации кормления коров в период стабилизации лактации (101-200 дней) ставится задача: как можно дольше удержать уровень молочной продуктивности, достигнутый в период раздоя, восполнить в теле животных израсходованные запасы, то есть восстановить упитанность коров. Чем больше массы коровы потеряли в период раздоя, тем обильнее должно быть их кормление [4, 5].

Главным источником важнейших витаминов и минеральных веществ для животных являются растительные корма. Однако витаминно-минеральный их состав существенно отличается не только по биохимическим зонам страны, но и по районам республики. Например, средний дефицит микроэлементов в сбалансированных по энергии рационах составляет 30-50 %, что вызывает необходимость применения минеральных подкормок в рационах животных. В Витебской области Республики Беларусь преобладают дерновые и дерново-подзолистые почвы, на их долю приходится около 80 % всех площадей. По физическим свойствам это суглинистые или супесчаные почвы, которые имеют кислотность pH 4,8-5,3, что препятствует переходу минеральных веществ в растения [6, 7, 8].

Современные кормовые добавки отличаются большим разнообразием и способны помочь в решении большинства проблем в кормлении крупного рогатого скота. Коровы молочного направления продуктивности особенно нуждаются в грамотном составлении рациона. Однако следует грамотно и внимательно подходить к применению кормовых добавок в условиях конкретной технологии кормления и перед включением в утверждённый рацион проводить производственный эксперимент [9, 10].

Цель исследований – оптимизировать витаминно-минеральное питание высокопродуктивных коров в середине лактации за счёт использования адаптированного премикса.

Материал и методика исследований. Объектом для исследований

явился премикс «МуМикс стандарт» (ТУ ВУ 200534611.055-2023), разработанный ЗАО «Консул». Состав биологически активных веществ премикса представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание биологически активных веществ в премиксе

Показатель	Ед. измерения	Содержание в 1 т
Витамин А	млн. МЕ	420,000
Витамин D ₃	млн. МЕ	100,000
Витамин Е	г	4 250,000
Медь	г	1 000,000
Цинк	г	2 800,000
Марганец	г	1 500,000
Кобальт	г	50,000
Йод	г	100,000
Селен	г	30,000
Кальций	%	13,280
Магний	%	8,000
Натрий	%	0,008
Фосфор	%	0,280
Сера	%	1,000

Проведены токсикологические исследования разработанного премикса на клинически здоровых белых беспородных не линейных мышах в соответствии с «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ».

Для проведения научно-хозяйственного опыта по принципу аналогов сформировали 2 группы коров (контрольная и опытная) по 10 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 60 дней.

В состав основного рациона (ОР) высокопродуктивным коровам входили следующие корма: сено злаковое – 2 кг, солома – 2 кг, сенаж разнотравный – 10 кг, силос кукурузный – 29 кг, комбикорм КК-61С – 10 кг, жмых рапсовый – 1,1 кг и патока – 1 кг.

Определение эффективности использования премикса «МуМикс стандарт» проводили на высокопродуктивных коровах в агрокомплексе «Возрождение» ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» Витебского района в соответствии со схемой опыта, приведённой в таблице 2.

Для определения количественных и качественных показателей молочной продуктивности проведены контрольные дойки коров в начале и в конце опыта. Качество молока определено согласно требованиям СТБ 1598-2006 «Молоко коровье сырое. Технические условия» с изменениями № 4 к указанному стандарту. Показатели качества молока определяли на 6-й и на 20-й день после отёла. Оценка качества молока

проводили в соответствии с ГОСТ: органолептические показатели молока – по ГОСТ 28283–2015 «Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха»; содержание массовой доли жира и белка, СОМО, лактозы – на анализаторе качества молока «Лактан 1-4М исполнения 600 Ultra»; титруемая кислотность – по ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности»; количество соматических клеток – по ГОСТ 23453-90 «Молоко. Методы определения количества соматических клеток» и на анализаторе соматических клеток EcomilkScan.

Таблица 2 – Схема опыта

Группа	Количество коров в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
I контрольная	10	60	Основной рацион (ОР)
II опытная			ОР + премикс «МуМикс стандарт» 150 г на гол./сут.

Цифровой материал, полученный в научно-хозяйственном опыте, обработан методом биометрической статистики.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Оценка премикса «МуМикс стандарт» для высокопродуктивных коров на безопасность показала, что он не оказывает токсического влияния на организм белых лабораторных мышей при однократном пероральном введении в дозе 7500,0 мг/кг. Это позволяет отнести премикс к IV классу опасности – вещества малоопасные (DL₅₀ свыше 5000,0 мг/кг).

В результате проведённого эксперимента установлено, что использование в рационе высокопродуктивных коров премикса «МуМикс стандарт» способствовало повышению молочной продуктивности (таблица 3). В начале опыта удои коров всех подопытных групп находился на одном уровне.

В конце опыта коровы II опытной группы, в рацион которых вводили премикс «МуМикс стандарт» в количестве 150 г на голову в сутки, превосходили животных I контрольной группы по среднесуточному удою на 1,5 кг или на 5,1 %.

Валовой надой за 60 дней опыта у коров I контрольной группы был меньше, чем у аналогов II опытной группы на 480 кг или на 2,7 %. Так как у коров II опытной группы массовая доля жира в молоке была больше на 0,04 п. п., количество молока, полученного в зачётной массе, у них увеличилось на 736,7 кг или на 3,7 %, чем у сверстниц I контрольной группы.

Таблица 3 – Молочная продуктивность коров

Показатели	I контрольная группа		II опытная группа	
	период опыта			
	начало	конец	начало	конец
Суточный удой на одну корову, кг	30,0±2,21	29,4±3,47	30,1±2,72	30,9±2,09
Среднесуточный удой за период опыта, кг	29,7±2,84		30,5±2,41	
Валовой надой за 60 дней опыта, кг	17820,0		18300,0	
Массовая доля жира в среднем за период опыта, %	4,00		4,04	
Количество полученного молока в зачетной массе, кг	19800,0		20536,7	
в % к контролю	100		103,7	

Оценка органолептических показателей молока коров показала, что по цвету, вкусу, запаху и консистенции, как в начале, так и в конце научно-хозяйственного опыта, молоко соответствовало нормативным требованиям. В начале эксперимента показатели качества молока у коров подопытных группы практически не различались (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели качества молока коров

Группа	Показатели качества молока					
	массовая доля жира, %	массовая доля белка, %	СОМО, %	лактоза, %	титруемая кислотность, °Т	количество соматических клеток, тыс./см ³
в начале опыта						
I контрольная	3,97±0,04	3,24±0,03	8,54±0,21	4,48±0,06	17,5±0,34	302±37,1
II опытная	3,95±0,02	3,26±0,03	8,58±0,14	4,50±0,04	17,7±0,29	296±31,5
в конце опыта						
I контрольная	4,02±0,03	3,26±0,05	8,61±0,16	4,59±0,05	17,2±0,24	261±27,4
II опытная	4,13±0,01***	3,32±0,03***	8,70±0,11	4,83±0,03**	17,3±0,29	248±24,6

В конце опыта по массовой доле жира в молоке коровы II опытной группы превосходили животных I контрольной группы на 0,11 п. п.

($P < 0,001$), по массовой доле белка в молоке – на 0,06 п. п. ($P < 0,001$), по массовой доле лактозы – на 0,24 п. п. ($P < 0,01$). Прослеживалась тенденция к увеличению в молоке коров II опытной группы массовой доли СОМО на 0,09 п. п. по сравнению с коровами I контрольной группы. По титруемой кислотности и степени чистоты молока различий между подопытными коровами не было. В конце эксперимента количество соматических клеток в молоке коров II опытной группы был ниже, чем у животных I контрольной группы, на 13 тыс./см³, или на 5,0 %, но без достоверных различий.

Заключение. 1. Токсикологическая оценка премикса «МуМикс стандарт» для высокопродуктивных коров показала, что он относится к IV классу опасности (вещества малоопасные).

2. Включение в состав рациона высокопродуктивных коров в середине лактации (101-200 дней) премикса «МуМикс стандарт» в количестве 150 г на голову в сутки позволяет повысить показатели их молочной продуктивности, о чём свидетельствует увеличение суточного удоя на 1,5 кг или на 5,1 %, производства молока в зачетной массе – на 3,7 %, массовой доли жира в молоке – на 0,11 п. п. ($P < 0,001$), массовой доли белка – 0,06 ($P < 0,001$), массовой доли лактозы – на 0,24 ($P < 0,01$), массовой доли СОМО – на 0,09 п. п., уменьшение количества соматических клеток на 13 тыс./см³ или на 5,0 %.

Литература

1. Кормление сельскохозяйственных животных : учебник / В. К. Пестис [и др.] ; под ред. В. К. Пестиса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 657 с.
2. Ганущенко, О. Ф. Организация рационального кормления коров с использованием современных методов контроля полноценности их питания : рекомендации / О. Ф. Ганущенко, Д. Т. Соболев. – Витебск : ВГАВМ, 2016. – 80 с.
3. Ушкова, О. Ю. Использование биологически активных добавок в кормлении коров и экономический эффект от их применения / О. Ю. Ушкова, С. А. Лопатина // Сельское, лесное и водное хозяйство. – 2014. - № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro.snauka.ru/2014/02/1329>. – Дата доступа: 15.05.2024.
4. Ветеринарные и технологические аспекты повышения продуктивности и сохранности коров: монография / Н. И. Гавриченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 332 с.
5. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа : утв. Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 4 июня 2018 г., № 16. – 141 с.
6. Коваленок, Ю. К. Микроэлементозы крупного рогатого скота и свиней в Республике Беларусь : монография / Ю. К. Коваленок. – Витебск, 2013. – 196 с.
7. Микулёнок, В. Г. Технология конструирования и изготовления комбикормов, БВМД и премиксов для крупного рогатого скота / В. Г. Микулёнок, М. М. Карпеня, А. М. Карпеня. – Витебск, 2022. – 186 с.
8. Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз : монография / И. В. Брыло [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – 272 с.
9. Тарасова, К. Ю. Использование кормовых добавок при кормлении коров / К. Ю.

Тарасова. // Молодой учёный. – 2022. – № 2 (397). – С. 156-158.

10. Ярмац Г. А. Молочная продуктивность коров при введении в рацион природных минеральных добавок / Г. А. Ярмац // Агропродовольственная политика России. – 2014. – № 2. – С. 61–63.

Поступила 21.03.2024 г.

УДК 636.2.082.31:636.085.16

М.М. КАРПЕНЯ¹, В.Ф. РАДЧИКОВ², Ю.В. ШАМИЧ¹,
А.А. ХОЧЕНКОВ², С.Л. КАРПЕНЯ¹, В.Н. ПОДРЕЗ¹, А.В. КРЫЩИНА¹

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНЫХ КАЧЕСТВ ПЛЕМЕННЫХ БЫКОВ ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

¹Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь

²Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь

Сроки использования быков-производителей, количество и качество получаемой от них спермы во многом зависят от условий их выращивания и полноценного кормления. Все физико-химические процессы в организме происходят при участии витаминов и минеральных элементов в рационе, поэтому их недостаток отрицательно сказывается на здоровье животных, их продуктивности, продолжительности жизни и функции воспроизводства. Целью исследований, описанных в статье, было установить особенности формирования продуктивных качеств племенных быков при разной обеспеченности их биологически активными веществами. В результате проведённой научной работы установлено, что использование в кормлении ремонтных бычков и быков-производителей повышенных доз витаминов и микроэлементов способствует формированию продуктивных качеств племенных быков в постнатальном онтогенезе, что выразилось в повышении среднесуточных приростов живой массы на 9,0-9,4 %, количества и качества спермы – на 6,3-30,8 %.

Ключевые слова: племенные быки, ремонтные бычки, производители, премикс, витаминно-минеральная добавка, живая масса, среднесуточный прирост, показатели спермы.

M.M. KARPENIA¹, V.F. RADCHIKOV², Y.V. SHAMICH¹,
A.A. KHOCHENKOV², S.L. KARPENIA¹, V.N. PODREZ¹,
A.V. KRYTSYNA¹

FORMATION OF PRODUCTION TRAITS OF BREEDING BULLS WITH DIFFERENT SUPPLY OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

*¹Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine,
Vitebsk, Republic of Belarus*

*²Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

The period of use of stud bulls and the quantity and quality of semen obtained from them depend largely on the conditions of their rearing and complete feeding. Vitamins and mineral elements are involved in all physico-chemical processes in the body, so their deficiency in the diet adversely affects the health of animals, their productivity, longevity and reproductive function. The purpose of the research described in the article was to establish the features of formation of production traits of breeding bulls with different supply of biologically active substances. As a result of the scientific work conducted, it was established that the use of increased doses of vitamins and microelements in the feeding of replacement young bulls and stud bulls promoted the formation of production traits of breeding bulls in postnatal ontogenesis, which was expressed in the increase of average daily gain in live weight by 9.0-9.4%, the quantity and quality of semen – by 6.3-30.8%.

Keywords: breeding bulls, replacement young bulls, stud bulls, premix, vitamin-mineral supplement, live weight, average daily gain, semen indicators.

Введение. Успех племенной работы в молочном скотоводстве в настоящее время на 70-90 % зависит от выбора ценных в племенном отношении производителей и интенсивного использования лучших из них. Сроки использования ценных производителей, количество и качество полученной от них спермы во многом зависят от условий их выращивания и полноценности кормления [1, 2]. Полноценность питания крупного рогатого скота обусловлена как удовлетворением его потребности в энергии, необходимых питательных веществах, так и в витаминах и микроэлементах. Недостаток или избыток отдельных минеральных элементов, изменение их оптимального соотношения в рационах приводит к нарушению обменных процессов, снижению использования питательных веществ кормов и продуктивности животных, а при длительном недостатке или избытке – к специфическим заболеваниям [3, 4, 5].

Установлено, что все важнейшие физико-химические процессы в организме происходят при участии минеральных веществ и витаминов. Функции их в организме разнообразны. Недостаток витаминов и минеральных элементов в рационе отрицательно сказывается на здоровье животных, их продуктивности, продолжительности жизни и функции воспроизводства [6, 7]. Например, наблюдаются случаи нарушения репродуктивной функции быков, связанные не с заболеваниями, а с дефицитом витаминов, особенно несинтезируемых организмом жирорастворимых витаминов А, D, Е и микроэлементов. Поэтому применение солей цинка, меди, марганца, кобальта в их рационах позволяет поддерживать положительный баланс этих веществ в организме, улучшает использование каротина кормов и качество спермопродукции [8, 9, 10].

Цель исследований – установить особенности формирования продуктивных качеств племенных быков при разной обеспеченности их биологически активными веществами.

Материал и методика исследований. Научно-хозяйственные опыты проводили на ремонтных бычках в РУСХП «Оршанское племпредприятие» Витебской области и на быках-производителях в РУП «Витебское племпредприятие». По принципу пар-аналогов сформировали по 3 группы ремонтных бычков и быков-производителей соответственно по 10 и 8 голов в каждой с учётом возраста, живой массы и генотипа. Продолжительность первого научно-хозяйственного опыта составила 180 дней, второго – 120 дней, подготовительный период длился по 15 дней в каждом. В ходе исследований изучали влияние разного уровня обеспеченности ремонтных бычков и быков-производителей витаминами А, D, Е и микроэлементами Zn, Cu, Mn, Co, I, Se на интенсивность роста и показатели спермы.

Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
1	2	3	4
Ремонтные бычки			
I контрольная	10	180	Основной рацион (ОР)
II опытная	10		ОР с премиксом по нормам ВАСХНИЛ (1985)
III опытная	10		ОР с премиксом по уточненным нормам

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Быки-производители			
I контрольная	8	120	Основной рацион (ОР) с премиксом по нормам РАСХН (2003)
II опытная	8		ОР + ВМД № 1
III опытная	8		ОР + ВМД № 2

Подопытные ремонтные бычки в составе рациона получали сено и комбикорм. Различия в кормлении заключались в том, что бычки I контрольной группы в составе рациона получали комбикорм К63-2, включающий стандартный премикс, II – премикс по нормам ВАСХНИЛ (1985), а бычки III опытной группы – комбикорм, обогащённый микроэлементами и витаминами по уточнённым нормам (меди – 12 мг, цинка – 70, кобальта – 0,9, марганца – 80, йода – 0,6, селена – 0,04 мг, каротина – 37 мг, витамина D – 1,8 тыс. МЕ, витамина E – 60 мг на 1 кг сухого вещества рациона).

Быки-производители в составе рациона получали сено злаковое – 53 % и комбикорм (К-66 Б) – 47 %. Отличие в их кормлении было в том, что бычки I контрольной группы в составе рациона получали комбикорм с премиксом по нормам РАСХН (2003), II опытной группы – комбикорм + ВМД № 1 (меди – 14 мг, цинка – 60, марганца – 65, кобальта – 0,9, йода – 1,1, селена – 0,3, каротина – 65, витамина E – 50 мг и витамина D – 1,2 тыс. МЕ на 1 кг сухого вещества рациона) и быкам III опытной группы – комбикорм + ВМД № 2 (меди – 15,5 мг, цинка – 70, марганца – 80, кобальта – 1,1, йода – 1,2, селена – 0,3, каротина – 75, витамина E – 60 мг и витамина D – 1,3 тыс. МЕ на 1 кг сухого вещества рациона).

Исследования химического состава кормов проводили в лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота, качества кормов и продуктов животноводства РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

Динамику живой массы подопытных животных и приростов определяли путём индивидуального взвешивания перед утренним кормлением в начале опытов и ежемесячно до их окончания. По данным взвешивания определены абсолютная и относительная скорость роста.

Абсолютный прирост живой массы рассчитали по формуле 1:

$$A = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}, \quad (1)$$

где A – абсолютный прирост живой массы за единицу времени, кг; W₁ – начальная масса животного, кг; W₂ – конечная масса животного, кг; t₂–t₁ – промежуток времени между первым и вторым взвешиванием,

дней.

Относительную скорость роста определяли по формуле:

$$K = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 + W_1) \times 0,5} \times 100, \quad (2)$$

где К – относительная скорость роста, %; W_1 и W_2 – начальная и конечная масса животного, кг.

Показатели спермы оценивали по ГОСТ 32277–2013 «Сперма. Методы испытаний физических свойств и биологического, биохимического, морфологического анализов», ГОСТ 23745–2014 «Сперма быков неразбавленная свежеполученная» и ГОСТ 26030–2015 «Сперма быков замороженная».

Цифровой материал обработан методами биометрической статистики. В работе приняты следующие обозначения уровня достоверности: * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Известно, что крупный рогатый скот растет и развивается до 5-летнего возраста. Важно, чтобы живая масса взрослых быков-производителей соответствовала стандарту породы. Поэтому в период выращивания молодых производителей необходимо следить за интенсивностью их роста. Введение повышенных доз микроэлементов и витаминов в состав комбикорма ремонтных бычков подопытных групп способствовало увеличению живой массы, среднесуточных приростов и относительной скорости роста по сравнению с животными контрольной группы (таблица 2). Показатели живой массы бычков I контрольной группы, которые выращивались без дополнительного введения в рацион премикса, были меньше по сравнению со сверстниками других групп. В конце опыта живая масса бычков III опытной группы была на 15 кг или на 4,2 % ($P < 0,05$) выше, II опытной группы – на 9 кг, или на 2,5 % по сравнению с аналогами I контрольной группы.

Таблица 2 – Интенсивность роста ремонтных бычков

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Живая масса в начале опыта, кг	195±5,6	193±4,8	195±4,7
Живая масса в конце опыта, кг	355±4,9	364±6,4	370±4,3*
Валовой прирост, кг	160	171	175
Среднесуточный прирост живой массы, г	884±38,3	945±22,2	967±36,5*
Относительная скорость роста, %	58,2	61,4	61,9

Бычки III опытной группы за весь изучаемый период выращивания по среднесуточному приросту живой массы превосходили сверстников I контрольной группы на 83 г или на 9,4 % ($P < 0,05$), бычки II опытной группы – на 61 г или 6,9 %. За весь период выращивания от 7 до 13 месяцев более высокая скорость роста наблюдалась у бычков II и III опытных групп. Так, молодняк III опытной группы по этому показателю превосходил сверстников I контрольной группы на 3,7 %, а бычки II опытной группы – на 3,2 %.

В период исследований было установлено, что использование повышенных доз витаминно-минеральных добавок (ВМД № 1 и 2) положительно отразилось на показателях роста молодых быков-производителей (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика живой массы и среднесуточных приростов молодых быков-производителей

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Живая масса в начале опыта, кг	593±32,3	594±29,5	595±28,7
Живая масса в конце опыта, кг	693±31,7	698±29,5	704±28,1
Валовой прирост, кг	100	104	109
Среднесуточный прирост живой массы, г	833±60,6	867±67,2	908±38,7*
Относительная скорость роста, %	15,6	16,1	16,8

В начале опыта живая масса у быков всех подопытных групп находилась на одном уровне и составляла в среднем 594 кг. С возрастом наблюдалась тенденция увеличения разницы по живой массе между быками подопытных групп. В конце опыта живая масса быков II и III опытных групп была на 5,0 и 11,0 кг больше, чем у аналогов I контрольной группы. За период опыта среднесуточный прирост у быков I группы был ниже на 75 г или на 9,0 % ($P < 0,05$), чем у аналогов III группы и на 34 г или на 4,1 % по сравнению с производителями II группы. Относительная скорость роста у быков II и III опытных групп была выше соответственно на 4,5 и 5,2 %, чем у производителей I контрольной группы.

Применение повышенных доз микроэлементов и витаминов в кормлении ремонтных бычков оказало положительное влияние на формирование воспроизводительной функции (таблица 4). В наших исследованиях показатели органолептической оценки спермы (цвет, запах, консистенция) у бычков всех подопытных групп находились в норме. От каждого племенного бычка в среднем было получено 11-14 эякулятов.

Таблица 4 – Формирование репродуктивной функции ремонтных бычков

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Получено эякулятов в среднем от одного бычка	14	11	14
Объём эякулята, мл	2,2±0,1	2,3±0,1	2,4±0,2
Активность спермы, баллов	8,3±0,08	8,3±0,06	8,3±0,02
Концентрация сперматозоидов, млрд./мл	0,6±0,03	0,6±0,05	0,7±0,06
Количество сперматозоидов в эякуляте, млрд.	1,3±0,1	1,4±0,2	1,7±0,1*

Бычки III опытной группы превосходили сверстников I контрольной группы по объёму эякулята на 0,2 мл или на 9,1 %, бычков II опытной группы – на 0,1 мл или на 4,3 %. Концентрация сперматозоидов у бычков III опытной группы была выше, чем аналогов I контрольной и II опытной групп на 0,1 млрд./мл или на 16,7 % и разница была недостоверной. Количество сперматозоидов в эякуляте у подопытных бычков III опытной группы было выше, чем у бычков I контрольной группы, на 0,4 млрд. или на 30,8 % ($P<0,05$), II опытной группы – на 0,1 млрд. или на 7,7 %.

По количественным и качественным показателям спермы производители III опытной группы превосходили аналогов I контрольной группы по объёму эякулята на 0,37 мл или на 7,4 % ($P<0,05$), II опытной группы – на 0,23 мл или на 4,6 % (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели спермопродукции быков-производителей

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Получено эякулятов (в среднем от одного быка)	35	32	33
Объём эякулята, мл	4,98±0,08	5,21±0,08	5,35±0,12*
Концентрация сперматозоидов, млрд./мл	1,43±0,02	1,48±0,02	1,52±0,03*
Активность спермы, баллов	7,44±0,22	7,82±0,11	7,94±0,07*
Количество сперматозоидов в эякуляте, млрд.	7,12±0,16	7,71±0,15	8,13±0,21**
Процент брака эякулятов	11,8	7,4	4,7
Процент брака спермодоз по переживаемости	8,2	5,4	4,4

У быков III группы по сравнению со сверстниками I группы увеличилась концентрация сперматозоидов в эякуляте на 0,09 млрд./мл или на 6,3 % ($P<0,05$), а её активность – на 0,50 балла или на 6,7 % ($P<0,05$). Количество спермиев в эякуляте быков III группы было больше на 1,01 млрд. или на 14,2 % ($P<0,01$), II группы – на 0,59 млрд. или на 8,3 % по сравнению с аналогами I контрольной группы. Самый высокий процент брака эякулятов (свежеполученной спермы) и спермодоз по переживаемости (после оттаивания замороженной спермы) был у быков контрольной группы, получавших стандартный премикс. Так, у быков III опытной группы процент брака эякулятов был ниже на 7,1, у быков II опытной группы – на 4,4, процент брака спермодоз по переживаемости соответственно на 3,8 и 2,8 по сравнению с аналогами I контрольной группы.

Заключение. 1. В результате проведенных исследований установлено, что использование повышенных доз микроэлементов и витаминов в кормлении ремонтных бычков способствует формированию продуктивных качеств, о чём свидетельствует увеличение среднесуточного прироста живой массы на 9,4 % ($P<0,05$), количества и качества спермы, выразившееся в повышении объема эякулята – на 9,1 %, концентрации сперматозоидов – на 16,7 % и количества сперматозоидов в эякуляте – на 30,8 % ($P<0,05$).

2. Использование в рационе молодых быков-производителей разработанной витаминно-минеральной добавки позволяет повысить живую массу на 11 кг, среднесуточные приросты живой массы – на 9,0 % ($P<0,05$), объём эякулята – на 7,4 % ($P<0,05$), активность спермы – на 6,7 ($P<0,05$), концентрацию сперматозоидов – на 6,3 ($P<0,05$) и количество сперматозоидов в эякуляте – на 14,2 % ($P<0,01$), при этом снижается брак свежеполученной и оттаянной спермы соответственно на 7,1 и 3,8 %.

Литература

1. Карпеня, М. М. Рекомендации по использованию витаминно-минерально-антиоксидантных премиксов в кормлении быков-производителей / М. М. Карпеня, И. И. Горячев, Н. Г. Корбан. – Витебск : ВГАВМ, 2012. – 19 с.
2. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / А. П. Калашников [и др.]. – Москва, 2003. – 456 с.
3. Лушников, Н. А. Минеральные вещества и природные добавки в питании животных / Н. А. Лушников. – Курган : КГСХА, 2003. – 192 с.
4. Физиология сельскохозяйственных животных / В. К. Гусаков [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2008. – 274 с.
5. Хохрин, С. Н. Кормление сельскохозяйственных животных : учебник / С. Н. Хохрин. – Москва : КолосС, 2004. – 692 с.
6. Карпеня, М. М. Влияние разных доз микроэлементов на показатели крови ремонтных бычков / М. М. Карпеня // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2002. – Т. 37. – С. 240-243.

7. Карпеня, М. М. Оптимизация минерального питания племенных бычков / М. М. Карпеня // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2002. – Т. 37. – С. 247-250.

8. Баталин, Ю. Е. Применение биологически активных препаратов для повышения качества спермопродукции / Ю. Е. Баталин // Актуальные вопросы ветеринарной медицины : материалы Сибирского междунар. вет. конгресса. – Новосибирск, 2005. – С. 69–70.

9. Карпеня, М. М. Рост, естественная резистентность и качество спермы племенных бычков при использовании в рационах различных уровней витаминов и микроэлементов : автореф. ... дис. канд. с.-х. наук / М.М. Карпеня. – Жодино, 2003. – 21 с.

10. Рекомендации по профилактике нарушений витаминно-минерального обмена веществ и воспроизводительной функции крупного рогатого скота / К. Д. Валюшкин [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2003. – 23 с.

Поступила 21.03.2024 г.

УДК 636.2.087.72+661.18:615.372-035.258

А.И. КОЗИНЕЦ

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «АДСОРБЕНТ МИКОТОКСИНОВ «БЕЛАСОРБ» НА МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ ТЕЛЯТ

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

Микотоксины, поступающие с заражёнными кормами в организм животных, способствуют развитию заболеваний, снижающих их продуктивность, репродуктивные качества и иммунный статус животных. Одним из перспективных направлений решения проблемы снижения содержания микотоксинов в сырье является разработка комплексного органоминерального адсорбента. В статье представлены результаты изучения влияния кормовой добавки «Адсорбент микотоксинов «Беласорб» на основе трепела, дрожжей и послеспиртовой барды на морфологические и биохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота. За период проведения научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в составе рационов 0,5 % изучаемого органоминерального адсорбента (рецепт № 1 и рецепт № 2) в начале исследований способствовало повышению содержания в крови эритроцитов на 2,7 и 3,5 %, гемоглобина – на 7,4 и 3,4 %, гематокрита – на 5,3 и 6,2 %, глюкозы – на 6,7 %, холестерина – 18,3 и 39,7 % и триглицеридов – на 41,1 и 22,1 % соответственно.

Ключевые слова: телята, кормовые добавки, адсорбент, микотоксины, кровь.

EFFECT OF “MYCOTOXIN ADSORBENT “BELASORB” FEED ADDITIVE ON THE MORPHO-BIOCHEMICAL COMPOSITION OF CALF BLOOD

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

Mycotoxins entering the body of animals with contaminated feed contribute to the development of diseases that reduce their productivity, reproductive traits and immune status of animals. One of the promising methods to solve the problem of reducing the content of mycotoxins in raw materials is the development of complex organomineral adsorbent. The article presents the results of studying the effect of “Mycotoxin adsorbent “Belasorb” feed additive based on tripoli, yeast and post-alcohol bard on morphological and biochemical blood parameters of young cattle. During the period of scientific and economic experiment, it was established that the use of 0.5% of the studied organomineral adsorbent in animal diets (recipe No. 1 and recipe No. 2) at the beginning of the research contributed to an increase in the content of erythrocytes in the blood by 2.7 and 3.5%, hemoglobin – by 7.4 and 3.4%, hematocrit – by 5.3 and 6.2%, glucose – by 6.7%, cholesterol – 18.3 and 39.7% and triglycerides – by 41.1 and 22 .1%, respectively.

Keywords: calves, feed additives, adsorbent, mycotoxins, blood.

Введение. Снижение содержания микотоксинов в сырье является основной задачей, решение которой ищут специалисты всего мира, поскольку поступление их в организм вызывает микотоксикозы – заболевания, при которых снижается продуктивность, репродуктивные качества и иммунный статус животных [1, 2, 3, 4]. К ядовитому воздействию микотоксинов и их метаболитов, ингибирующих синтез белка, особенно чувствительны ткани с высоким уровнем обмена и синтеза белка – те, что выстилают желудочно-кишечный тракт, повышая кишечную проницаемость. В малых дозах микотоксины создают благоприятные условия для развития многих инфекционных заболеваний, к тому же в заражённых кормах они находятся в сочетании, взаимно усиливая негативное воздействие [5-7].

На сегодняшний день существуют различные способы борьбы с негативным влиянием микотоксинов на организм животных: физические (очистка, вымачивание, промывание, нагревание, растворение, обработка ультразвуком и т. д.); химические (кислоты, окисление, щелочи, бисульфат, аммиак, формальдегид, витамин С и т. д.); биологические (использование пробиотических препаратов с целью синтеза

ферментов, трансформирующих микотоксины до менее опасных продуктов, ферменты); связывание (алюмосиликаты, бентониты, цеолиты, активированный уголь, волокна люцерны и т. д.).

Оптимальным и самым изученным способом снижения отрицательного воздействия токсинов является использование с рационом адсорбентов, которые связывают микотоксины в желудочно-кишечном тракте животных в прочный комплекс и выводят его из организма, минимизируя воздействие токсинов на организм. Использующиеся в настоящее время адсорбенты могут быть как органического, так и минерального происхождения. Однако использование только одного типа нейтрализаторов микотоксинов не позволяет справиться со всеми их видами.

Благодаря развитию современных технологий появилась ещё одна группа сорбентов: комбинированные, сочетающие в себе свойства органических и минеральных сорбентов. Поэтому выбор стоит за комплексным использованием препаратов, включающих несколько типов адсорбентов, биотрансформирующий агент, гепатопротектор, биологически активные вещества, ингибиторы плесени и т. д. [8, 9, 10].

Таким образом, следует отметить, что одним из перспективных направлений является решение на мировом уровне проблемы детоксикации микотоксинов, а также разработка органоминерального адсорбента.

Цель исследований – изучить влияние кормовой добавки «Адсорбент микотоксинов «Беласорб» на морфо-биохимический состав крови телят для снижения отрицательного воздействия микотоксинов на организм животных.

Материал и методика исследований. Для изучения влияния кормовой добавки «Адсорбент микотоксинов «Беласорб» на основе трепела, дрожжей и послеспиртовой барды проведён научно-хозяйственный опыт на молодяке крупного рогатого скота в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области по схеме, представленной в таблице 1.

Для проведения опыта были сформированы по принципу пар-аналогов с учётом возраста и живой массы три группы тёлочек 4-месячного возраста по 15 голов в каждой со средней живой массой 140 кг. Продолжительность научно-хозяйственного опыта составила 107 дней.

Кормление телят в течение опыта осуществлялось дважды в сутки, поение – из поилок. Кормление и содержание молодяка было групповое. Разница в кормлении заключалась в том, что молодяку контрольной группы скармливали рацион без адсорбента, II опытной группе – рацион с включением 0,5 % адсорбента, выработанного по рецепту № 1,

в составе комбикорма по массе, III опытной группе – рацион с включением 0,5 % адсорбента, выработанного по рецепту № 2, в составе комбикорма.

Таблица 1 – Схема проведения исследований на молодняке крупного рогатого скота

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
I контрольная	15	107	ОР + комбикорм собственного производства
II опытная	15	107	ОР + комбикорм собственного производства + 0,5 % органо-минерального адсорбента (рецепт № 1)
III опытная	15	107	ОР + комбикорм собственного производства + 0,5 % органо-минерального адсорбента (рецепт № 2)

Комплексный (органоминеральный) адсорбент микотоксинов «Беласорб» представляет собой сыпучий порошок, содержащий в своём составе клиноптилолит, монтморилонит, β-глюканы, маннанолигосахариды и лактулозу. Изготавливается способом дегидратации и обогащения цеолитсодержащего сырья комплексом органических веществ, обладающих сорбционными и пребиотическими свойствами. Содержание минерального цеолитсодержащего сырья в адсорбенте составляет 60-75 % при одинаковом количестве лактулозы. Цвет адсорбента – от светло-серого до тёмно-коричневого с запахом, свойственным дрожжам.

В крови телят определяли гематологические показатели (содержание эритроцитов, тромбоцитов, лейкоцитов и гемоглобина) с использованием автоматического анализатора «Urit3000Vetplus». В сыворотке крови – содержание общего белка и его фракций, глюкозы, мочевины, холестерина, общего билирубина – на биохимическом анализаторе Ассент-200. Отбор проб крови осуществляли у 4 телят из каждой группы после скармливания добавок. Кровь для исследований брали из яремной вены через 2,5-3 часа после утреннего кормления.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Отобранные, исследованные и проанализированные пробы крови имели ряд положительных качеств, наличие которых указывало на нормальное течение обменных процессов в организме подопытных животных (таблица 2).

Таблица 2 – Морфофункциональные свойства крови молодняка крупного рогатого скота

Показатели	Группы		
	I	II опытная	III опытная
Количество эритроцитов (RBC), $10^{12}/л$	5,57±0,143 5,76±0,09	5,72±0,378 5,72±0,15	5,77±0,173 5,88±0,18
Средний объем эритроцитов (MCV), $мкм^3$	38,7±0,414 42,9±0,75	39,2±1,18 41,7±1,22	39,7±0,60 42,8±0,80
Ширина распределения эритроцитов (RDW), %	13,6±0,375 14,9±0,270	14,06±0,129 14,8±0,521	13,8±0,231 14,7±0,260
Абсолютная ширина распределения (RDW), $мкм^3$	19,5±0,411 22,6±0,52	19,5±0,822 22,4±1,12	20,0±0,318 22,4±0,64
Гематокрит (HCT), %	21,58±0,722 24,68±0,70	22,72±0,87 23,9±1,30	22,92±0,931 25,18±1,09
Количество тромбоцитов (PLT), $10^9/л$	350,6±24,504 343,0±23,80	508,2±11,267 345,0±34,79	367,0±29,67 329,0±26,97
Средний объем тромбоцитов (MPV), $мкм^3$	7,38±0,066 8,24±0,16	8,94±0,863 8,70±0,34	7,62±0,073 8,44±0,13
Компактный объем тромбоцитов (PCT), %	0,25±0,020 0,28±0,02	0,49±0,151 0,29±0,03	0,27±0,022 0,27±0,02
Содержание гемоглобина (HGB), г/л	105,2±2,69 101,8±0,73	113,0±5,61 102,0±1,10	108,8±2,58 102,8±2,63
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе (MCHC), г/л	488,2±11,61 413,2±10,92	506,8±36,94 431,4±236,2	476,0±13,34 409,6±11,53
Содержание гемоглобина в эритроците (MCH), пг	18,8±0,269 17,64±0,22	19,6±0,869 17,82±0,52	18,8±0,332 17,44±0,18
Количество лейкоцитов (WBC), $10^9/л$	11,44±1,514 13,8±1,28	10,62±1,021 14,78±0,97	12,24±0,473 14,10±1,34

Примечание: в таблицах по исследованиям крови в числителе – показатели в начале исследований, в знаменателе – в конце исследований.

Необходимо отметить, что морфо-функциональные показатели эритроцитов находились в пределах физиологических границ для животных данного периода развития. Концентрация эритроцитов у животных II и III опытных групп в начале исследований была выше контрольного показателя на 2,7 и 3,5 %. К концу исследований его уровень по группам изменялся неодинаково. Увеличение относительно начальных результатов зарегистрировано в контроле (3,4 %) и у телят III опытной группы (1,9 %), которым включали в рацион рецепт № 2 органоминерального адсорбента.

Средний объем эритроцитов в начале исследований находился на нижней границе физиологической нормы у телят всех групп. К концу

исследований данный показатель возрос у животных всех групп на 10,8 % (контроль), 6,3 % (II опытная) и 7,8 % (III опытная), что говорит о полноценной функции кроветворения.

Ширина распределения эритроцитов показывает неоднородность объёмов клеток в анализе и измеряется в процентах. Хотелось отметить увеличение данного показателя у животных всех групп к концу исследований в сравнении с исходными данными как в относительных, так и в абсолютных величинах. Максимальное относительное увеличение произошло в контрольной группе (на 1,3 п. п.). У животных II и III опытных групп объёмы клеток были более однородными, о чём свидетельствует их незначительное повышение (на 0,74 и 0,9 п. п. соответственно).

Содержание гемоглобина в эритроците отражает синтез гемоглобина и его уровень в эритроците. Этот индекс на всем протяжении исследований находился на верхней границе норматива у животных всех групп. К концу исследований отмечено его снижение, что может быть объективной причиной возрастного аспекта. Разница с начальным вариантом в контроле составила 6,1 %, во II опытной – 9,2 % и в III опытной – 7,2 %. Сравнение конечных результатов в опытных группах с контролем показывает увеличение во II группе (на 1 %) и снижение – в III (1,3 %), что говорит об увеличении интенсивности окислительных процессов у животных II группы.

Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе показывает насыщенность клетки гемоглобином. Данный индекс имел тенденцию уменьшения к концу исследований у животных всех групп. В крови телят контрольной группы изучаемый показатель снизился на 15,3 %, II опытной группы – на 14,8 %, III опытной – 13,9 %. Интенсивность насыщения клеток гемоглобином в сравнительном аспекте с контрольной группой отмечена у телят II опытной группы (на 4,4 %).

Морфофункциональные свойства тромбоцитов отражают активность защитных реакций организма животного на стрессовые воздействия и интенсивность тромбоцитотических процессов. Количество тромбоцитов в крови животных подопытных групп в начале исследований было неодинаково. Максимальный уровень зарегистрирован у телят II опытной группы и составлял $508,2 \times 10^9/\text{л}$, минимальный – в контроле (350,6). К окончанию исследований уровень тромбоцитов снизился у животных всех групп. Интенсивное снижение приходилось на опытные группы. Во II опытной группе разница с исходными показателями составила 32,1 %, в III опытной – 10,3 %. Снижение клеток крови относительно контрольного результата в III опытной группе составила 4 %.

В начале наших исследований для животных контрольной группы были характерны самые низкие показатели уровня эритроцитов и их объёма, что не могло не отразиться на показателях гематокритной величины. У животных II опытной группы показатель гематокрита в начале исследований в сравнении с контрольным результатом был выше на 5,2 %, III опытной группы – на 6,2 %. К окончанию исследований гематокритный показатель увеличился в контроле 3,1 п. п., во II опытной – на 1,18 п. п., в III опытной – на 1,2 п. п. Межгрупповое сравнение с контролем показало явное преимущество животных III группы (на 0,5 п. п.).

Процесс гемоглинообразования можно проследить по средней концентрации гемоглобина в эритроцитах МСНС и среднеклеточному гемоглобину МСН, что указывает на более высокую интенсивность окислительно-восстановительных процессов у телят II опытной группы.

Изучая содержание общего белка необходимо отметить, что при его биохимическом нормативе 50–65 г/л в начале исследований метаболит находился в пределах биохимической нормы для данного возрастного диапазона животных (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимические показатели крови телят

Показатели	Группы		
	I контрольная	II опытная	III опытная
Общий белок, г/л	63,34±4,15	67,58±3,38	59,22±1,68
	42,50±3,25	46,94±2,57	45,34±1,56
Альбумины, г/л	34,22±1,42	34,12±1,25	33,46±1,60
	24,7±1,20	27,9±1,05	27,7±0,90
Глобулины, г/л	29,12±3,75	33,46±4,13	25,76±1,15
	17,7±2,12	19,1±1,77	17,9±1,60
Глюкоза, ммоль/л	1,5±0,276	1,6±0,195	1,6±0,158
	2,78±0,15	3,08±0,159	2,92±0,159
Мочевина, ммоль/л	6,13±0,74	5,81±0,56	4,35±0,49
	4,38±0,17	4,50±0,47	4,45±0,32
Общий билирубин, мкмоль/л	1,69±0,117	1,70±0,155	1,35±0,075*
	0,71±0,08	0,86±0,05	0,72±0,05
Холестерин, ммоль/л	0,131±0,007	0,155±0,017	0,183±0,012
	0,140±0,012	0,171±0,016	0,144±0,016
Креатинин, мкмоль/л	72,44±2,22	74,06±4,464	66,15±2,924
	51,04±2,79	56,07±1,86	52,7±3,31
Триглицериды, ммоль/л	0,190±0,015	0,268±0,093	0,232±0,037
	0,168±0,028	0,264±0,046	0,232±0,027

Примечание: * - P<0,05.

Введение органоминеральных адсорбентов опытными телятам положительным образом повлияло на белковый обмен. В сравнении с

начальным периодом произошло снижение протеина во всех группах: в контрольной группе оно составило 3,2 %, во II опытной группе – 19,0 %, в III – 24,3 %. По окончании периода скармливания адсорбентов межгрупповое сравнение по изучаемому метаболиту относительно контрольного результата показало превосходство животных II опытной группы на 10,4 % и III – на 6,6 %, что указывает о мобилизации внутренних резервов организма и стабилизации процессов белковообразования.

Альбумин является главным транспортным белком плазмы крови и выполняет множество функций в организме и должен составлять около 60 % от показателя общего белка. В наших исследованиях установлено, что данная структура в начале исследований составляла 52-54 %, в конце исследований – 57-61 %. Альбумино-глобулиновый коэффициент на протяжении исследований был более 1, что говорит о благоприятном течении данного вида обмена.

Анализ креатинина показал, что его количество в сыворотке крови подопытных аналогов к концу опыта снизилось на 29,5 % в контроле, на 24,3 % во II группе и на 20,3 % в III. В сравнении с контрольным показателем у животных II группы по истечении скармливания рецепта № 1 адсорбента содержание креатинина было выше на 9,8 %, в III опытной – на 3,2 %.

Углеводный обмен в организме мы обычно изучаем по уровню глюкозы. За период исследований уровень глюкозы в крови подопытных животных всех групп увеличился в 1,8-1,9 раз. В сравнении с контролем её содержание в опытных группах выгодно отличалось (+10,7 % во II опытной и +5 % в III опытной). Максимальное снижение билирубина отмечено в крови контрольных аналогов (58 %). У животных опытных групп снижение было практически на одном уровне (49,4 и 46,6 %).

Белок является пластическим веществом и его построение в организме начинается со всасывания в желудочно-кишечном тракте его предшественников, таких как мочевины, аммиак. На данном этапе развития молодняка разница с начальным периодом у животных контрольной группы в сторону снижения составила 1,4 раза, II опытной – 1,3 раза. У телят III группы, напротив, данный метаболит повысился на 2,3 %, что является подтверждением усвоения питательных веществ, поступивших с кормом.

Отдельное внимание стоит уделить холестерину, одному из основных показателей липидного обмена. Его содержание в крови телят также было несколько ниже нормативного уровня (0,18-2,08 ммоль/л), и только у телят III опытной группы в начале исследований оно соответствовало нормативу. Положительным аспектом являлось увеличение

холестерина к концу исследований у животных контрольной и II опытной группы на 7,6 и 10,3 %. У животных III опытной группы, напротив, произошло его снижение на 21,3 %. В сравнении с контрольной группой максимальное содержание отмечено у животных II группы. Уровень триглицеридов у животных опытных групп на протяжении периода исследований удерживался на одном уровне.

Заключение. За период проведения научно-хозяйственного опыта изучено влияние кормовой добавки «Адсорбент микотоксинов «Беласорб» на морфологические и биохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота. Использование рационов для телят, содержащих 0,5 % органоминерального адсорбента (рецепт № 1 и рецепт № 2), в начале исследований способствует повышению содержания в крови эритроцитов на 2,7 и 3,5 %, гемоглобина – на 7,4 и 3,4 %, гематокрита – на 5,3 и 6,2 %, глюкозы – на 6,7 %, холестерина – на 18,3 и 39,7 % и триглицеридов – на 41,1 и 22,1 % соответственно.

Литература

1. Bennett, J. W. Mycotoxins / J. W. Bennett, M. Klich // Clin. microbiol. Rev. – 2003. – Vol. 16(3). – P. 497-516. DOI: 10.1128/CMR.16.3.497-516.2003.
2. Трemasов, М. Я. Проблемы микотоксикозы животных / М. Я. Трemasов, Ф. Г. Ахметов, Л. В. Королева // Ветеринарный врач. – 2001. - № 2. – С. 38-39.
3. Почему высокопродуктивные коровы восприимчивы к микотоксинам? / В. В. Солдатова [и др.] // Сельскохозяйственные вести. – 2015. – № 4. – С. 28-31.
4. Дворская, Ю. Е. Микотоксины в рационах свиней / Ю. Е. Дворкин // Корма и кормление. – 2014. – № 5. – С. 42-45.
5. ГОСТ 31653-2012. Корма. Метод иммуноферментного определения микотоксинов. – Москва : Стандартинформ, 2012. – 15 с.
6. Гласкович, А. А. Микологический и бактериологический мониторинг безопасности кормов / А. А. Гласкович, С. В. Абраскова, Е. А. Капитонова. – Витебск, 2013. – 222 с.
7. Соколова, Ю. Н. Комплексное микотоксикологическое обследование кормов ФГУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» / Ю. Н. Соколова, В. В. Богомолов, Е. Я. Головина // РацВетИнформ. – 2007. – № 3.
8. Дворская, Ю. Е. Адсорбенты микотоксинов: на что обратить внимание? / Ю. Е. Дворкин // Корма и факты. – 2010. – № 4. – С. 14-15.
9. Энтеросорбция / А. И. Лоскутов [и др.]. – Ленинград, 1991. – 329 с.
10. Микотоксины: стратегия устранения их влияния на организм сельскохозяйственных животных и птицы / М. А. Малков [и др.] // Ценовик [Электрон. ресурс]. – 2009. – Режим доступа: https://www.tsenovik.ru/articles/korma-i-kormovye-dobavki/mikotoksiny-strategiya-ustraneniya-ikh-vliyaniya-na-organizm-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh-i-pti/?sphrase_id=14525723. – Дата доступа: 9.01.2012 г.

Поступила 20.03.2024 г.

А.И. КОЗИНЕЦ¹, Т.Г. КОЗИНЕЦ¹, Е.А. КАПИТОНОВА²,
О.Г. ГОЛУШКО¹, А.Я. РАЙХМАН³, М.А. НАДАРИНСКАЯ¹,
М.С. ГРИНЬ¹, С.А. КОВАЛЁВА¹, Н.В. МАЗЮК¹, М.В. ДЖУМКОВА¹

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ
КРОВИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ
КОРМОВОЙ ДОБАВКИ МДК**

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

²*Московская государственная академия ветеринарной медицины и
биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия*

³*Белорусская государственная орденов Октябрьской революции
и Трудового Красного знамени сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь*

Увеличение производства продуктов животного происхождения – важная задача, стоящая перед пищевой и сельскохозяйственной промышленностью Беларуси. Одним из путей её решения является разработка и использование в рационе животных биологически активных кормовых добавок. К таким добавкам относят кормовые продукты, содержащие живые (активные) дрожжи, которые используются в кормлении сельскохозяйственных животных в качестве пробиотиков с целью оптимизации процессов пищеварения, повышения продуктивности и сохранности поголовья. В статье представлены результаты изучения влияния кормовой добавки МДК производства ОАО «Дрожжевой комбинат», содержащей живые дрожжи *Saccharomyces boulardii*, на продуктивность молодняка крупного рогатого скота. За период проведения научно-хозяйственного опыта отмечено положительное влияние кормовой добавки с дрожжами на морфо-биохимические показатели крови животных. Также установлено, что использование в рационах молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки в количестве 10 г на голову в сутки способствует увеличению среднесуточных приростов на 17,0 %, что позволило снизить себестоимость получаемой продукции на 10,4 % и получить дополнительную прибыль в размере 39,9 рублей в расчёте на 1 голову.

Ключевые слова: молодняк крупного рогатого скота, кормовая добавка, продуктивность, кровь, экономические показатели.

A.I. KOZINETS¹, T.G. KOZINETS¹, E.A. KAPITONOVA²,
O.G. GOLUSHKO¹, A.Y. RAIKHMAN³, M.A. NADARINSKAYA¹,
M.S. GRIN¹, S.A. KOVALEVA¹, N.V. MAZYUK¹, M.V. JUMKOVA¹

PRODUCTIVITY AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS OF BLOOD OF YOUNG CATTLE WHEN USING MDK FEED ADDITIVE IN DIETS

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

²*Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA n.a. K. I. Skryabin, Moscow, Russia*

³*Belarusian State Agricultural Academy, Gorky, Republic of Belarus*

Increasing the production of animal products is an important task facing the food and agricultural industry in Belarus. One of the ways for its solution is the development and use of biologically active feed additives in the animal diet. Such additives include feed products containing living (active) yeast used in the feeding of farm animals as probiotic to optimize digestive processes, improve the livestock productivity and livability. The article presents the results of studying the effect of the MDK feed additive produced by JSC “Yeast Plant”, containing *Saccharomyces boulardii* living yeast, on the productivity of young cattle. During the period of scientific and economic experiment, a positive effect of the yeast-based feed additive on morpho-biochemical parameters of animal blood was established. It was also found that the use of feed additive in the diets of young cattle in the amount of 10 g per animal per day contributed to an increase in average daily gains by 17.0%, which made it possible to reduce the cost of production by 10.4% and obtain an additional profit of 39.9 rubles per animal.

Keywords: young cattle, feed additive, productivity, blood, economic indicators.

Введение. Одним из наиболее эффективных путей увеличения производства продуктов животного происхождения является разработка и использование в рационе животных биологически активных кормовых добавок. К их числу, безусловно, относят кормовые продукты, содержащие живые (активные) дрожжи. Это связано с доказанным положительным влиянием на организм различных групп животных как самих дрожжевых культур, так и продуцируемых ими биологически активных метаболитов [1, 2, 3, 4, 5].

Влияние отдельных дрожжевых культур на микрофлору рубца и продуктивность жвачных животных довольно широко изучался на протяжении последних двух десятилетий. Многих ученых в разных странах мира интересует сам принцип действия дрожжевых культур на продуктивность животных. Введение в рацион кормовых добавок, содержащих

живые дрожжи, в зависимости от их компонентного состава: нормализует микрофлору различных отделов желудочно-кишечного тракта; предотвращает расстройства функции пищеварения; снижает риск возникновения инфекционных заболеваний; улучшает иммунитет, физический и репродуктивный статус животных; повышает их стрессоустойчивость, сохранность и продуктивность; улучшает качество получаемой от них продукции; повышает перевариваемость, снижает расход корма [6, 7 8, 9, 10]. Поэтому их используют в кормлении сельскохозяйственных животных в качестве пробиотиков с целью оптимизации процессов пищеварения, повышения продуктивности и сохранности поголовья.

В настоящее время в Республике Беларусь производство кормовых добавок на основе живых дрожжей осуществляется ОАО «Дрожжевой комбинат», г. Минск.

Цель исследований – изучение влияния кормовой добавки MDK производства ОАО «Дрожжевой комбинат», содержащей живые дрожжи *Saccharomyces boulardii*, на продуктивность молодняка крупного рогатого скота.

Материал и методика исследований. Для решения поставленной цели проведены научно-хозяйственные исследования в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области (МТК «Берёзовица») на двух группах тёлочек по 15 голов в каждой со средней начальной живой массой 240,6 кг, подобранных по принципу пар-аналогов с учетом возраста и живой массы, по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственных исследований на молодняке крупного рогатого скота (телки)

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность исследований, дней	Условия кормления
I контрольная	15	92	ОР* (силос кукурузный, сенаж разнотравный, комбикорм собственного производства КР-3)
II опытная	15	92	ОР + 10 г на голову в сутки добавки кормовой «MDK»

Примечание: * основной рацион

Рацион животных всех групп состоял из: силоса кукурузного, сенажа разнотравного, комбикорма собственного производства КР-3. Молодняку крупного рогатого скота II (опытной) группы дополнительно скармливали добавку кормовую «MDK» на основе дрожжей *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 г на голову в сутки.

Продолжительность предварительного периода составила 7 дней, учётного – 92 дня. Условия содержания животных между группами были одинаковые: кормление в соответствии с нормами [11], поение из групповых поилок, содержание беспривязное.

Отбор проб крови осуществляли у 4 голов из каждой группы. Кровь для исследований брали из яремной вены через 2,5-3 часа после утреннего кормления. Морфофункциональный состав крови форменных элементов крови определяли на автоматическом анализаторе Urit3000Vet Plus, биохимический состав сыворотки крови – на биохимическом анализаторе Ассент 200. Экономическую эффективность рассчитывали на основе выхода продукции, производственных затрат, выручки и уровня рентабельности по сравнению с контрольной группой.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Сенаж разнотравный и силос кукурузный скармливались в предварительно смешанном виде в соотношении 1:1 по массе кормов. Сено злаковое и комбикорм-концентрат КР-3 скармливали два раза в сутки. Добавка кормовая, изучаемая в ходе научно-хозяйственного опыта, раздавалась и скармливалась отдельно из расчёта 10 г каждой корове на голову в сутки.

В сухом веществе рационов контрольной и опытной группы содержалось 12,8-12,9 % сырого протеина, 10,2-10,3 МДж обменной энергии, 3,4 % сырого жира, 4,1 % сахара, 0,8 % кальция и 0,3 % фосфора. При вводе в рацион телок кормовой добавки MDK в количестве 10 г на голову увеличение потребления с кормами рациона сухого вещества составило 1,9 %, обменной энергии – 1,8 %.

Результаты выращивания молодняка крупного рогатого скота в научно-хозяйственном опыте представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика живой массы молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа животных	
	I	II
Живая масса в начале опыта, кг	243,8±6,0	240,6±4,7
Живая масса после 63 дней опыта, кг	284,2±6,9	288,2±5,4
Валовой прирост после 63 дней опыта, кг	40,4±2,3	47,6±1,2
Среднесуточный прирост после 63 дней опыта, г	641±37,1	756±26,2*
% к контролю	100	117,9
Живая масса в конце опыта (92 дня), кг	308,1±6,9	315,9±5,1
Валовой прирост, кг	64,3±2,6	75,3±2,1*
Среднесуточный прирост, г	699±28,7	818±23,2*
% к контролю	100	117,0

Примечание: здесь и далее * - P<0,05.

Начальная живая масса при постановке на опыт составила в среднем

по группам 242,2 кг. За период проведения опыта (92 дня) валовой прирост контрольных животных составил 64,3 кг. В опытной группе тёлочек при скармливании кормовой добавки MDK на основе дрожжей *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 г/голову в сутки установлено достоверное повышение валового прироста по отношению к контролю на 17,1 % ($P < 0,05$).

Аналогичная тенденция установлена по показателю среднесуточного прироста молодняка крупного рогатого скота. Повышение суточной продуктивности телят II опытной группы по сравнению с контрольной составило 119 г или на 17,0 % ($P < 0,05$) выше.

Анализ морфологических и биохимических показателей крови подопытного молодняка крупного рогатого скота, задействованного в научно-хозяйственном опыте, показал, что использование кормовой добавки на основе живых дрожжей в рационе не оказывает отрицательного влияния на показатели крови (таблица 3). Отбор проб проводили от 4-х голов с каждой группы согласно схеме исследований.

Таблица 3 – Морфологические показатели крови тёлочек

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
Эритроциты, 10^{12} /л	5,61±0,17	5,79±0,16
Гемоглобин, г/л	110,3±4,33	110,8±3,64
Гематокрит, %	26,1±0,84	26,0±1,02
Лейкоциты, 10^9 /л	19,6±1,70	19,7±2,01
Тромбоциты, 10^9 /л	209,3±30,2	193,3±7,93

Установлена тенденция к улучшению морфологических показателей крови по сравнению с контрольными значениями у тёлочек опытной группы, получавшей в составе рациона кормовую добавку MDK на основе живых дрожжей *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 г на голову в сутки. Количество эритроцитов в крови животных опытной группы увеличилось на 3,2 %, концентрация гемоглобина и лейкоцитов возросла на 0,5 %.

Биохимические показатели крови подопытных животных, полученные при проведении научно-хозяйственных исследований по изучению эффективности ввода в рационы молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки MDK, представлены в таблице 4.

Количество альбуминов в сыворотке крови опытной группы повысилось в сравнении с контрольным значением на 5,2 %. Содержание глюкозы и общего билирубина при проведении научно-хозяйственного опыта в сыворотке крови тёлочек II группы увеличилось на 3,1 и 9,7 % по

сравнению с контрольными аналогами. Уровень холестерина и триглицеридов в сыворотке крови опытной группы молодняка крупного рогатого скота был ниже на 5,6 и 3,6 % соответственно.

Таблица 4 – Биохимические показатели крови тёлков

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
Общий белок, г/л	63,5±2,12	62,1±2,79
Альбумины, г/л	30,7±1,67	32,3±1,66
Глобулины, г/л	32,8±2,02	29,8±1,93
Мочевина, ммоль/л	1,77±0,07	1,81±0,20
Креатинин, мкмоль/л	41,6±0,48	40,8±0,62
Глюкоза, ммоль/л	3,18±0,13	3,28±0,12
Холестерин, ммоль/л	2,50±0,18	2,36±0,22
Триглицериды, ммоль/л	0,28±0,02	0,27±0,01
Билирубин общий, мкмоль/л	4,75±0,17	5,21±0,17
Билирубин прямой, мкмоль/л	1,58±0,11	1,80±0,19

В процессе проведения исследований изучена ферментативная активность сыворотки крови молодняка крупного рогатого скота (таблица 5).

Таблица 5 – Энзимная картина крови

Показатель	Группа	
	I контрольная	II опытная
АсАТ, ед./л	78,5±4,15	78,5±4,54
АлАТ, ед./л	45,5±1,09	46,0±1,75
Лактатдегидрогеназа, ед./л	498,1±40,5	496,0±23,4
Амилаза, ед./л	19,6±2,32	24,5±3,13

По результатам научно-хозяйственного опыта значение активности фермента АсАТ было одинаковое в обеих группах. У тёлков опытной группы показатель АлАТ был выше на 1,1 % в сравнении с контролем. Количество фермента лактатдегидрогеназы во II группе снизилось на 0,4 %, а амилазы, напротив, повысилось на 25,0 %.

Экономические показатели эффективности использования добавки кормовой МДК рассчитаны на основании полученных результатов по общему потреблению кормов рационов, продуктивности молодняка крупного рогатого скота, стоимости кормов и опытной кормовой добавки (таблица 6).

Таблица 6 – Экономические показатели использования добавки

Показатель	Группа	
	I	II
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	9,66	8,40
Расход кормов за опыт (92 дня) на 1 голову, ц к. ед.	6,21	6,32
Стоимость среднесуточного рациона, руб.	2,31	2,42
Общая стоимость израсходованных кормов за опыт на 1 голову, руб.	212	223
Стоимость 1 к. ед., руб.	0,34	0,35
Стоимость кормов, затраченных на 1 кг прироста, руб.	3,30	2,96
Получено прироста живой массы, кг	64,3	75,3
Удельный вес кормов в структуре себестоимости, %	65	65
Общие затраты на получение валового прироста, руб.	327	343
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	5,08	4,55
Снижение себестоимости 1 кг прироста по отношению к I группе, руб.	-	0,53
Дополнительная прибыль за период опыта на 1 голову, руб.	-	39,9

Анализ экономической эффективности показал, что использование в кормлении молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки с включением дрожжей оказало положительное влияние на рост и развитие тёлочек и затраты кормов на 1 кг прироста.

При экономической оценке использовалась стоимость кормовой добавки в размере 8,832 руб. за 1 кг, что отразилось на увеличении стоимости среднесуточного рациона в опытной группе животных на 4,8 %.

Введение кормовой добавки в состав рациона опытной группы способствовало повышению потребления молодняком крупного рогатого скота основных кормов рациона. В связи с этим расход кормов в этой группе за опытный период увеличился на 1,8 % по сравнению с контрольными значениями. Соответственно увеличилась и общая стоимость израсходованных кормов в расчете на одну голову на 5,2 % в сравнении с контрольными значениями. Во II опытной группе снижение себестоимости получения прироста на 10,4 % позволило получить дополнительную прибыль за период проведения опыта – 39,9 рублей.

Заключение. Установлено положительное влияние кормовой добавки MDK на основе живых дрожжей *Saccharomyces boulardii* в количестве 10 г на голову в сутки на гематологические показатели крови и продуктивность молодняка крупного рогатого скота. Включение в рацион добавки позволило повысить количество эритроцитов на 3,2 %, альбуминов – на 5,2 %, глюкозы – на 3,1 %, общего билирубина – на 9,7 %, АлАТ – на 1,1 %, амилазы – на 25 % и снизить уровень холестерина на 5,6 %, триглицеридов – на 3,6 %. Использование в рационах

молодняка крупного рогатого скота кормовой добавки в количестве 10 г на голову в сутки способствует увеличению среднесуточных приростов на 17,0 %, снижению себестоимости получаемой продукции на 10,4 % и получению дополнительной прибыли в размере 39,9 рублей в расчёте на 1 голову.

Литература

1. Дрожжи как основа биологически активных кормовых добавок про- и пребиотического действия / А. Г. Лобанок [и др.] // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2014. – № 1. – С. 17–22.
2. Effects of dietary yeast β -glucans supplementation on growth performance, gut morphology, intestinal *Clostridium perfringens* population and immune response of broiler chickens challenged with necrotic enteritis / X. Tian [et al.] // *Animal Feed Sci. Technol.* – 2016. – Vol. 215. – P. 144–155. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2016.03.009
3. Миколайчик, И. Н. Влияние дрожжевых пробиотиков на переваримость питательных веществ рациона и уровень молочной продуктивности коров / И. Н. Миколайчик, Л. А. Морозова, И. В. Арзин // *Молочное и мясное скотоводство.* – 2017. – № 7. – С. 28–32.
4. Effect of yeast *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on serum antioxidant capacity, mucosal sIgA secretions and gut microbial populations in weaned piglets / C. Zhu [et al.] // *J. Integrat. Agricult.* – 2017. – Vol. 16(9). – P. 2029–2037. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61581-2
5. Factors influencing ruminal bacterial community diversity and composition and microbial fibrolytic enzyme abundance in lactating dairy cows with a focus on the role of active dry yeast / O. AlZahal [et al.] // *J. Dairy Sci.* – 2017. – Vol. 100(6). – P. 4377–4393. DOI: 10.3168/jds.2016-11473.
6. Utilization of yeast of *Saccharomyces cerevisiae* origin in artificially raised calves / G. M. Alugongo [et al.] // *J. Anim. Sci. Biotechnol.* – 2017. – Vol. 8(34). DOI: 10.1186/s40104-017-0165-5.
7. Влияние дрожжевых продуктов на молочную продуктивность коров / Т. П. Рыжаккина [и др.] // *Молочнохозяйственный вестник.* – 2018. – № 4 (32). – С. 36–45.
8. Reducing stress susceptibility of broiler chickens by supplementing a yeast fermentation product in the feed or drinking water / J. R. Nelson [et al.] // *Animals (Basel).* – 2018. – Vol. 8(10). – P. 173. DOI: 10.3390/ani8100173.
9. Effect of live yeast supplementation to gestating sows and nursery piglets on postweaning growth performance and nutrient digestibility / H. Lu [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2019. – Vol. 97(6). – P. 2534–2540. DOI: 10.1093/jas/skz150.
10. Supplementation with live yeast increases rate and extent of in vitro fermentation of nondigested feed ingredients by fecal microbiota / T. K. Kiros [et al.] // *J. Anim. Sci.* – 2019. – Vol. 97(4). – P. 1806–1818. Doi: 10.1093/jas/skz073.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справ. пособие / А. П. Калашников [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва. 2003. – 456 с.

Поступила 20.03.2024 г.

А.И. КОЗИНЕЦ¹, М.А. НАДАРИНСКАЯ¹, Е.А. КАПИТОНОВА²,
О.Г. ГОЛУШКО¹, Т.Г. КОЗИНЕЦ¹, С.А. КОВАЛЁВА¹, М.С. ГРИНЬ¹

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СНИЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА СОЕВОГО ШРОТА В СОСТАВЕ КОМБИКОРМА-КОНЦЕНТРАТА КР-1

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

²*Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия*

Применение в послемолочный период комбикормов-стартеров, содержащих необходимое количество протеина и биологически активные вещества, позволит обеспечить получение сохранение приростов на уровне 700-850 г. В настоящее время в кормлении молодняка крупного рогатого скота используются кормовые добавки, включающих отходы маслоэкстракционной промышленности и пищевой промышленности. В статье представлены результаты исследований эффективности снижения количества соевого шрота в составе комбикорма-концентрата КР-1. Установлено, что при уменьшении с 21 до 12 % количества соевого шрота, вводимого в состав комбикорма-концентрата КР-1, среднесуточные привесы телят повысились на 3,0-3,1 %, а себестоимости приростов снизилась на 2,2-3,5 %. Полная замена соевого шрота способствовала увеличению среднесуточного прироста на 4,3-5,3 % при одновременном снижении себестоимости приростов на 4,6-10,3 %.

Ключевые слова: концентрированные комбикорма КР-1, молодняк крупного рогатого скота, соевый шрот, рапсовый жмых, лизингидрохлорид, обеспеченность сырым жиром, продуктивность, себестоимость.

A.I. KOZINETS¹, M.A. NADARINSKAYA¹, E.A. KAPITONOVA²,
O.G. GOLUSHKO¹, T.G. KOZINETS¹, S.A. KOVALEVA¹, M.S. GRIN¹

EFFECTIVENESS OF REDUCING THE AMOUNT OF SOYBEAN MEAL IN THE COMPOSITION OF KR-1 CONCENTRATED COMPOUND FEED

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

²*Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA n.a. K. I. Skryabin, Moscow, Russia*

The use in the post-weaning period of starter compound feed containing the

necessary amount of protein and biologically active substances will ensure the preservation of gains at the level of 700-850 grams. At present, feed additives including wastes of oil extraction industry and food industry are used in feeding young cattle. This paper contains the results of research on the effectiveness of reducing the amount of soybean meal in the composition of KR-1 concentrated compound feed. It was found that with the reduction of soybean meal in the composition of KR-1 concentrated compound feed from 21 to 12 %, the average daily gain of calves increased by 3.0-3.1 %, and the cost of gain decreased by 2.2-3.5 %. Complete replacement of soybean meal contributed to an increase in average daily gain by 4.3-5.3 % while reducing the cost of gain by 4.6-10.3 %.

Keywords: KR-1 concentrated compound feed, young cattle, soybean meal, rapeseed cake, lysine hydrochloride, crude fat content, productivity, cost of production.

Введение. Растущему организму, развивающемуся в определённых условиях внешней среды, для нормального протекания процессов роста и развития, необходим комплекс многочисленных элементов. Полноценное формирование организма животного обеспечивается точным по времени созреванием жизненно важных функциональных систем, однако на его жизнедеятельность оказывают влияние факторы, которые могут нарушить естественную резистентность к опасным агентам. Вследствие этого снижается эффективность использования питательных веществ корма, что негативно отражается на состоянии здоровья животных, их воспроизводительной способности и продуктивности [1]. В значительной степени это обусловлено большой микробной нагрузкой на поголовье [2].

Своевременное начало кормления телёнка комбикормом и достаточное потребление комбикорма способствуют развитию рубца, что, в свою очередь, является условием для успешного отъёма от молока. Современная система выращивания ставит перед собой задачу максимально быстро и физиологически обосновано достичь необходимого уровня потребления концентрированных кормов. Применение комбикормов-стартеров в послемолочный период позволит обеспечить получение сохранения приростов на уровне 700-850 г. Физиологически необходимое количество протеина и биологически активные вещества, используемые в составе комбикормов-концентратов, должны быть направлены на увеличение количества потребляемого корма, оказывать положительное влияние на здоровье молодняка крупного рогатого скота, способствовать росту и развитию организма.

При разработке новых рецептов комбикормов-концентратов для телят особое внимание следует уделять протеиновой составляющей. В ряде комбикормов-концентратов КР-1, производимых как на комбикормовых заводах, так и на частных производствах, основным

высокобелковым компонентом выступает соевый шрот или термически обработанное соевое зерно. Применение в составе отечественных высокобелковых кормов (рапсового и льняного жмыха, люпина, гороха и др.) встречается нечасто или используется ограничено, это является актуальной задачей, которая обеспечит эффективность выращивания телёнка за счёт улучшения аминокислотного питания телёнка [3, 4, 5, 6].

В настоящее время в кормлении молодняка крупного рогатого скота используют широкий спектр кормовых добавок. Среди компонентов этих добавок – отходы маслоэкстракционной промышленности и пищевой промышленности, микробиологического синтеза, препараты витаминов, ферментов, аминокислот, антибиотиков, сорбентов, антиоксидантов, вкусовых средств и многих других. Каким бы ни был многочисленным перечень добавок в животноводстве при их использовании должен соблюдаться чёткий контроль рецептуры [4, 7, 8, 9, 10, 11].

Целью исследований явилось изучить эффективность продуктивного действия комбикормов КР-1 при замене соевого шрота на рапсовый жмых с включением препаратов аминокислот в рационах молодняка крупного рогатого скота от рождения до 75-дневного возраста.

Материал и методика исследований. Исследования по оценке эффективности ввода комбикормов-концентратов КР-1 разработанных рецептур проводили в условиях РДУП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области на молодняке крупного рогатого скота согласно схеме. Животные для 1 опыта отбиралась по принципу пар-аналогов живой массы 40,0-42,0 кг 9-10-дневного возраста и массой при рождении в пределах 35,0-40,0 кг. Исследования на молодняке крупного рогатого скота проводили по следующей схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных в группе, гол.	Продолжительность, дн.	Учётный период
с 9-10 дневного возраста (первый опыт)			
I контрольная	12	75	ОР+ КР-1 стандартного рецепта № 1
II опытная	12	75	ОР+КР-1 рецепта № 2
III опытная	12	75	ОР+ КР-1 рецепта № 3
с рождения (второй опыт)			
I контрольная	10	65	ОР+ КР-1 стандартного рецепта № 1
II опытная	10	65	ОР+КР-1 рецепта № 2
III опытная	10	65	ОР+ КР-1 рецепта № 3

В состав комбикормов КР-1 II, III опытных групп включены белковые компоненты в разном соотношении. Рецепт № 2 характеризовался частичной заменой соевого шрота в составе на рапсовый жмых (6,0 %) и вводом лизина монохлоргидрата 0,10 %, в рецепте № 3 соевый шрот полностью заменялся рапсовым жмыхом 35,0 % с включением 0,23 % лизина монохлоргидрата. Аналоги I контрольной группы получали комбикорм КР-1 стандартного рецепта с максимальным вводом соевого шрота 21,0 %.

Второй опыт исследования эффективности ввода новых комбикормов проводился на телятах с рождения и до 65-дневного возраста.

Исследования по оценке питательной ценности комбикормов-концентратов для молодняка крупного рогатого скота проводили в РУП «Центральная научно-исследовательская лаборатория»: сухое вещество – по ГОСТу 31640-2012, сырого жира – по ГОСТу 13496.15-92, сырого протеина – по ГОСТу 13496.4-93 п. 2, сырой золы – по ГОСТу 26226-95 п. 2, сахара – по ГОСТу 26176-91 п. 2, сырой клетчатки – по ГОСТу 13496.2-91, крахмала – по ГОСТу 26176-91 п. 2, массовую долю кальция – по ГОСТу 26570-95, фосфора – по ГОСТу 26657-97, калия – по ГОСТу 23268.7-78, магния – по ГОСТу 30502-97, железа – по ГОСТу 1079-97; меди – по СТБ 1079-97, цинка – по СТБ 1079-97, кобальта – по СТБ 1079-97, марганца – по СТБ 1079-97, селена – по СТБ 1696-2009, йода – по ТНПА ГФ РБ т. 1, ст. 2.2.36., витамина А – по МВИ.МН 3701-2010, витамина Д₃ – по МВИ.МН 3701-2010, витамина Е – по МВИ.МН 3701-2010.

Химический состав кормов определялся в лаборатории биохимических исследований РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» влагу по принятым методикам: влага – по ГОСТу 13496.3; сырой протеин – по ГОСТу 13496.4; сырая клетчатка – по ГОСТу 13496.2; сырой жир – по ГОСТу 13496.15; сырая зола – по ГОСТу 26226.

На основе стандартного состава КР-1 нами разработаны рецептуры концентрированных комбикормов для молодняка крупного рогатого скота, предполагающие сокращение ввода соевого шрота и ограниченного наличия на большей части заводов рапсового шрота в состав комбикорма для телят до 75-дневного возраста и замену его рапсовым жмыхом (таблица 2). Недостаточное количество лизина в рапсовом жмыхе балансировалось вводом препарата «L-лизин монохлоргидрат». В связи с более высокой концентрацией жиров и фосфатов, по сравнению с соевым шротом, при увеличении доли рапсового жмыха снижается потребность в дополнительном использовании растительных масел и источников фосфора (монокальцийфосфата), что в настоящее время

положительно влияет на уменьшение стоимости конечного корма.

Таблица 2 – Состав комбикорма КР-1 для молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Содержание по % по массе		
	Рецепт № 1	Рецепт № 2	Рецепт № 3
Кукуруза	20,0	20,0	20,0
Пшеница	17,0	13,2	11,07
Ячмень шелушённый (экструд.)	10,8	10,8	10,8
Тритикале	10,0	10,0	10,0
Шрот соевый	21,0	12,0	-
Жмых рапсовый	6,0	19,0	35,0
Масло растительное (соевое)	1,5	1,5	-
ЗСОМ «Агромилк-1»	9,0	9,0	9,0
Сахар песок	0,5	0,5	0,5
Премикс ПКР-1	1,0	1,0	1,0
Известняковая мука	1,9	1,9	1,7
Соль поваренная	0,3	0,3	0,3
Монокальцийфосфат	1,0	0,7	0,4
L-лизин монохлоридат	-	0,10	0,23
Пробиотик	+	+	+
Адсорбент	+	+	+
Ароматизатор подсластитель	+	+	+
Кокцидиостатик	+	+	+
Антиоксидант	+	+	+
В одном кг комбикорма содержится:			
Кормовые единицы	1,24	1,24	1,22
Обменной энергии, МДж	11,7	11,77	11,49
Сухого вещества, кг	0,89	0,89	0,89
Сырого протеина, г	211	210	209
Лизина, г	11,6	11,6	11,6
Метионин+цистин, г	7,0	7,8	8,8
Переваримого протеина, г	182	177	171
Сырого жира, г	40	52	53
Сырой клетчатки, г	32	41	53
Крахмала, г	317	298	288
Сахара, г	69	71	74
Кальция, г	10,3	10,5	10,2
Фосфора, г	7,4	7,3	7,3

Дополнительное введение кормовой добавки «L-лизин монохлоридат» в количестве 0,10 и 0,23 % обеспечивает одинаковое содержание аминокислоты лизина на уровне 11,6 г в 1 кг. Использование

рапсового жмыха в составе рецептов взамен соевого шрота также способствует повышению концентрации суммы метионина и цистина, как в 1 кг комбикорма-концентрата КР-1, так и в соотношении с лизином (от 61 до 76 % по отношению к лизину).

Одинаковое содержание фосфора во всех рецептах комбикормов-концентратов при замене соевого шрота на рапсовый жмых на уровне 0,7 % обеспечено снижением количества ввода монокальцийфосфата с 1,0 до 0,4 %. В связи с большим содержанием сырого жира в рапсовом жмыхе растительные масла в составе комбикорма-концентрата с его максимальным вводом исключены.

Суточный рацион, представленный в таблице 3, содержит в своём составе 13,82 МДж обменной энергии на 1 кг сухого вещества, 270 г сырого протеина, кальций-фосфорное соотношение – 1,2.

Таблица 3 – Рационы кормления телят по фактически потребленным кормам (на 60 дн.)

Показатель	I группа		II группа		III группа	
	кг	% по питательности	кг	% по питательности	кг	% по питательности
1	2	3	4	5	6	7
Заменитель цельного молока	0,75	63,7	0,75	62,2	0,75	60,9
Соевый шрот	0,10	4,5	0,10	4,4	0,10	4,3
Комбикорм №1	0,610	31,8	-	-	-	-
Комбикорм №2	-	-	0,655	33,4	-	-
Комбикорм №3	-	-	-	-	0,710	34,8
В рационе содержится:						
Кормовых единиц	2,38		2,43		2,49	
Обменной энергии, МДж	18,25		18,82		19,27	
Сухого вещества, кг	1,32		1,36		1,41	
Сырого протеина, г	357,5		366,4		377,2	
в т.ч. лизина, г	10,0		10,6		11,2	
Переваримого протеина, г	318		323		329	
Сырого жира, г	220		230		233	
Клетчатки, г	25		32		43	
Крахмал, г	195		197		206	
Сахара, г	52		56		62	
Кальция, г	13,4		14,0		14,3	
Фосфора, г	11,5		11,7		12,1	
Магния, г	1,9		2,1		2,4	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Калия, г	14,6	14,7	14,8
Натрия, г	0,00	0,00	0,00
Серы, г	3,7	4,5	5,7

При анализе данных рациона к 60-дневному возрасту с использованием новых комбикормов и учетом улучшения поедаемости изучаемых составов концентратов установлено, что потребление сырого протеина в опытных группах выросло на 2,4 и 5,5 %, в том числе лизина – на 6,0 и 12,0 %, сырого жира – на 4,5 и 5,9 %.

В таблице 4 представлены данные изучения индивидуальной поедаемости комбикорма КР-1 молодняком крупного рогатого скота после смены рациона с добавлением грубых кормов.

Таблица 4 – Рационы кормления телят по фактически потребленным кормам (на 80 дн.)

Показатель	I группа		II группа		III группа	
	кг	% по питательности	кг	% по питательности	кг	% по питательности
1	2	3	4	5	6	7
Сено злаковое	0,500	7,2	0,510	6,9	0,580	7,4
Сенаж разнотравный	1,200	11,8	1,450	13,3	1,660	14,5
Комбикорм №1	1,590	64,5	-	-	-	-
Комбикорм №2	-	-	1,700	64,4	-	-
Комбикорм №3	-	-	-	-	1,790	63,4
Заменитель цельного молока	0,250	16,5	0,250	15,4	0,250	14,7
В рационе содержится:						
Кормовых единиц	3,06		3,27		3,44	
Обменной энергии, МДж	29,7		32,1		33,9	
Сухого вещества, кг	2,60		2,89		3,05	
Сырого протеина, г	506,6		542,1		576,8	
в т.ч. лизина, г	25,1		27,5		28,7	
Переваримого протеина, г	409		428		444	
Сырого жира, г	155		183		194	
Клетчатки, г	319		369		437	
Крахмал, г	505		507		516	
Сахара, г	145		162		180	
Кальция, г	26,5		28,9		30,5	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
Фосфора, г	16,2	17,1	18,2
Магния, г	4,5	5,1	6,1
Калия, г	35,0	38,1	40,9
Натрия, г	0,00	0,00	0,00
Серы, г	5,80	8,08	11,1

При анализе рациона молодняка крупного рогатого скота по фактической поедаемости отмечено улучшения потребление не только комбикормов, но и основных кормов рациона, приучение к которым проводилось в этот период. Обеспеченность обменной энергией у опытных животных была выше, чем контрольных аналогов на 8,1 и 14,2 %.

Уровень сырого протеина на 1 МДж обменной энергии составил 17,1 г в контроле против 16,9 и 17,02 г в опытных группах, переваримого протеина – 13,8 г, 13,3 и 13,01 г в таком же соотношении. Количество поступившего лизина относительного данных в контрольной группе было выше на 9,6 и 14,3 % во II и III группах. Кальций фосфорное соотношение было в среднем в пределах 1,6.

Рацион во втором-научно-хозяйственном опыте был сходным по основным показателям состава кормов и питательности на 1 кг сухого вещества. Разница в поедаемости комбикорма по периодам имела небольшую разницу (рисунки 1 и 2).

Исследования по изучению поедаемости концентрированного корма КР-1 у телят, потреблявших комбикорм с 10-го дня жизни, свидетельствуют, что молодняк в III группе превзошел по этому показателю контрольных аналогов на 47,9 % за 12 дней изучения, животных II группы – на 24,3 % (рисунок 1).

Установлено, что в среднем за исследуемый период молодняк II и III опытных групп 65-80-дневного возраста превзошёл контроль на 7,6 и 14,5 % (рисунок 2).

За период контроля установлено увеличение количества потреблённого комбикорма-концентрата КР-1 на 25 % при использовании в составе 12 % шрота соевого и 19 % жмыха рапсового. При полной замене шрота соевого в рецепте потребление комбикорма-концентрата увеличилось на 39 %. При индивидуальном скармливании телятам комбикормов, выработанных по новым рецептам, не установлено отказов от потребления. Результаты, полученные в ходе второго опыта, подтверждают положительное влияние применения рапсового жмыха в составе комбикорма-концентрата КР-1 на его потребление.

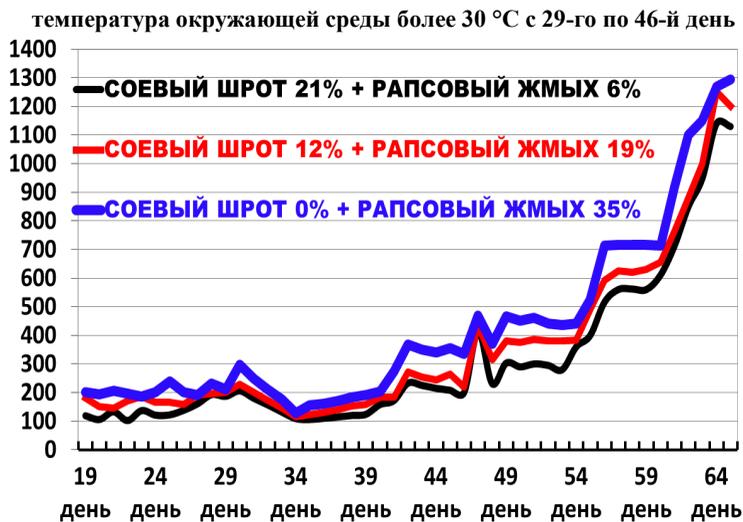


Рисунок 1 – Среднесуточное потребление комбикорма-концентрата КР-1 в первом опыте, грамм на голову в сутки

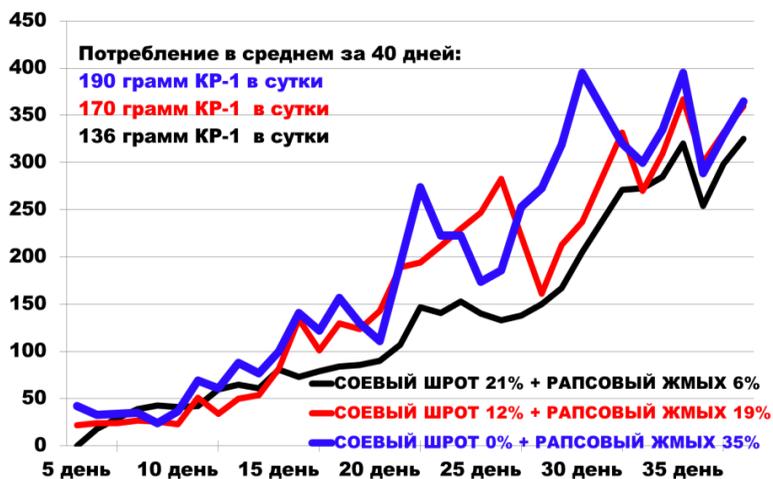


Рисунок 2 – Среднесуточное потребление комбикорма-концентрата КР-1 во втором опыте, грамм на голову в сутки

Продуктивное действие разработанных рецептов комбикормов с изменением протеиновых компонентов было выше результата, полученного у контрольных телят, на 3,1 и 5,3 % при скармливании с 10- и до 85-дневного возраста. Включение рецептов КР-1 с заменой основного белкового источника – соевого шрота – на рапсовый жмых с рождения до 65 дней обусловило повышение среднесуточного привеса на 3,0-4,3 % (таблица 5).

Таблица 5 – Эффективность включения и выращивания молодняка крупного рогатого скота до 75-дневного возраста

Показатель	Группы*		
	I	II	III
Первый научно-хозяйственный опыт			
Живая масса в начале опыта, кг	39,9±1,48	40,3±1,51	39,7±1,77
Живая масса в конце опыта, кг	101,8±4,39	104,2±4,83	104,9±5,45
Валовой прирост за опыт, кг	61,9	63,9	65,2
Среднесуточный привес за опыт, г	794	819	836
% к контролю	100	103,1	105,3
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	3,43	3,48	3,55
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	8,93	8,62	8,01
Второй научно-хозяйственный опыт			
Живая масса в начале опыта, кг	38,4±1,33	37,9±0,85	37,5±1,08
Живая масса в конце опыта, кг	77,7±2,64	78,4±3,30	78,5±2,39
Валовой прирост за опыт, кг	39,3	40,5	41,0
Среднесуточный привес за опыт, г	605	623	631
% к контролю	100	103,0	104,3
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	3,26	3,24	3,20
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	9,48	9,27	9,04

Уровень снижения себестоимости 1 кг прироста за счёт полной замены соевого шрота рапсовым жмыхом с учетом улучшения поедаемости корма составил 0,92 рубля или 10,3 %.

Заключение. В результате проведённых исследований по скармливанию кормовых концентратов с включением рапсового жмыха в количестве 19 и 35 % при одновременном применении дополняющего аминокислотного действия лизинсодержащей кормовой добавки установлена возможность снижения и полной замены количества соевого шрота в составе комбикормов-концентратов КР-1 без снижения их продуктивного действия на организм молодняка крупного рогатого скота. Уменьшение с 21 до 12 % количества вводимого в состав комбикорма-концентрата КР-1 соевого шрота не оказало отрицательного влияния на получение среднесуточных привесов телят, способствовало увеличению

данного показателя на 3,0-3,1 % и снижению себестоимости приростов на 2,2-3,5 %. Полная замена соевого шрота, который вводился в количестве 21 %, способствовало увеличению среднесуточного прироста на 4,3-5,3 % при одновременном снижении себестоимости приростов на 4,6-10,3 %.

Литература

1. Хохрин, С. Н. Кормление крупного рогатого скота, овец, коз и лошадей : справочное пособие / С. Н. Хохрин. – СПб. : ПрофиКС, 2003. – 452 с.
2. Борознов, С. Л. Использование пробиотиков и пребиотиков в лечении и профилактике болезней телят / С. Л. Борознов // Учёные записки ВГАВМ. – 2008. – Т. 44, вып. 1. – С. 69-73.
3. Гаджиев, Б. А. Использование нетрадиционных кормов при выращивании ремонтного и откармливаемого молодняка свиней в условиях Среднего Урала : автореф. дис... канд. с.-х. наук : 06.02.02 / Гаджиев Б.А. – Новосибирск, 1997. – 22 с.
4. Вторичные продукты маслоэкстракционной промышленности в кормлении сельскохозяйственных животных: рекомендации по использованию в рационах сельскохозяйственных животных фосфатидно-масляной эмульсии, соапстока, жирной отбельной глины и сырья после сепарации маслосемян рапса / В.М. Голушко [и др.]. - Жодино. 2020. – 20 с.
5. Николаев, С. И. Научное обоснование и практическое использование побочных продуктов масложировой и перерабатывающей промышленности в рационах сельскохозяйственных животных : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук / С. И. Николаев. – Москва, 2000. – 45 с.
6. Испанова, А. М. Энергетически балансирующая добавка на основе отходов масложировой промышленности / А. М. Испанова, А. Г. Мещеряков, В. Г. Резниченко // Региональная науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Оренбург, 2004. – Ч. 3. – С.215-216.
7. Девяткин, А. И. Рациональное использование кормов в промышленном животноводстве / А. И. Девяткин, Н. Н. Ливенцев. – Моква : Россельхозиздат, 1996. – 87 с.
8. Кормовая добавка «Лактумин» в рационах молодняка крупного рогатого скота / А. И. Козинец [и др.] : Науч.-практический центр Нац. акад. Наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2016. – 12 с.
9. Влияние дрожжевых пробиотических добавок на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота / И. Н. Миколайчик [и др.] // Вестник мясного скотоводства. – 2017. - № 1 (97). – С. 86-92.
10. Хазиахметов Ф. С. Результаты использования пробиотика «Витафорт» в рационах молодняка сельскохозяйственных животных / Ф. С. Хазиахметов, А.Ф. Хабиров, Р. Х. Авзалов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. - №3 (59). – С. 140-143.
11. Галиев, А. И. Влияние полиферментного препарата «Кист» на организм телят в различных условиях микроклимата : автореф. дисс. ... канд. биол. наук / А. И. Галиев. – Казань, 2011. – 18 с.

Поступила 25.03.2024 г.

А.И. КОЗИНЕЦ¹, М.А. НАДАРИНСКАЯ¹, Е.А. КАПИТОНОВА²,
О.Г. ГОЛУШКО¹, Т.Г. КОЗИНЕЦ¹, С.А. КОВАЛЁВА¹, М.С. ГРИНЬ¹,
Н.В. МАЗЮК¹

КОРМОВАЯ ДОБАВКА С НАНОЧАТИЦАМИ СЕЛЕНА В СОСТАВЕ РАЦИОНОВ ДЛЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

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

*²Московская государственная академия ветеринарной медицины и
биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия*

Для успешного ведения промышленного скотоводства необходимо уделять повышенное внимание полноценному кормлению и повышению коэффициента полезного действия кормов. Для этого необходимо создавать рационы, сбалансированные по микроэлементному составу и биологически активным веществам. В последнее время с этой целью в кормлении животных используют биологически активные препараты – нанопорошки металлов, обладающие пролонгированным действием, которые способны повысить активность биохимических и физиологических процессов в организме. В представленной статье отражены результаты работы по изучению эффективности скармливания разных уровней препарата «Нано-селен (Se)» молодняку крупного рогатого скота в молочный период. Исследования показали, что использование изучаемого препарата в количестве 0,10 мг Se (наночастицы) на 1 кг сухого вещества рациона в кормлении молодняка крупного рогатого скота в молочный период оказывает положительное влияние на эффективность его выращивания. Так, среднесуточный привес повысился на 5,2 %, себестоимости прироста снизилась на 5,2 %, дополнительной прибыли на голову составила 47,4 руб.

Ключевые слова: наночастицы, селен, Нано-селен (Se), молодняк крупного рогатого скота, продуктивность, себестоимость.

A.I. KOZINETS¹, M.A. NADARINSKAYA¹, E.A. KAPITONOVA²,
O.G. GOLUSHKO¹, T.G. KOZINETS¹, S.A. KOVALEVA¹, M.S. GRIN¹,
N.V. MAZYUK¹

FEED ADDITIVE WITH SELENIUM NANOPARTICLES AS PART OF THE DIET FOR YOUNG CATTLE

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

²*Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –
MVA n.a. K. I. Skryabin, Moscow, Russia*

For successful industrial cattle breeding we should pay greater attention to adequate feeding and improve the efficiency of feed. For this purpose, it is necessary to create rations balanced in terms of microelement composition and biologically active substances. Recently, in this regard, biologically active preparations such as long-acting metal nanopowders, which are able to increase the activity of biochemical and physiological processes in the body, have been used in animal feeding. This article contains the results of work on studying the effectiveness of feeding different levels of the preparation “Nano-Selen (Se)” to young cattle in the pre-weaning period. The research has shown that the use of the studied preparation in the amount of 0.10 mg Se (nanoparticles) per 1 kg of dry matter of the diet in the feeding of young cattle in the pre-weaning period has a positive effect on the efficiency of its growth. Thus, average daily gain increased by 5.2 %, cost of gain decreased by 5.2 %, additional profit per head amounted to 47.4 rubles.

Keywords: nanoparticles, selenium, “Nano-selenium (Se)”, young cattle, productivity, cost of gain.

Введение. С переводом отрасли животноводства на промышленную основу для повышения молочной и мясной продуктивности крупного рогатого скота всё большее внимание уделяется полноценному кормлению и повышению коэффициента полезного действия кормов.

Для развития кормовой базы, обеспечивающей потребность животных в необходимом количестве питательных веществ, требуется создание рационов, сбалансированных по микроэлементному составу, содержащих биологически активные вещества, которые позволяют максимально обеспечить необходимыми минеральными компонентами. В последнее время большое значение придается использованию в кормлении сельскохозяйственных животных экологически безопасных и биологически активных препаратов, обладающих пролонгированным действием на биохимические и продуктивные показатели [1, 2].

В получении высокой продуктивности животных большую роль

играют биопрепараты – нанопорошки металлов, которые способны повысить активность биохимических и физиологических процессов в организме. Повышенный интерес вызывают биологически активные добавки в виде ультрадисперсных порошков металлов (УДПМ), которые отличаются от ранее известных форм биодобавок тем, что они экологически безопасны, высокоэффективны и экономически выгодны. Наибольшей биологической активностью обладают порошки таких металлов, как железа, кобальта, меди [3, 4].

Диапазон применения нанопорошков весьма велик. Хорошо зарекомендовали себя в отраслях растениеводства и животноводства [5, 6, 7]. Высокодисперсные порошки металлов при введении в организм обладают рядом преимуществ – они малотоксичны, отличаются высокой биодоступностью и могут оказывать положительное воздействие на жизнедеятельность микрофлоры [8]. Установлено, что при введении высокодисперсных микроэлементов меди, железа, марганца, цинка в рацион кормления цыплят-бройлеров, поросят в качестве микроэлементов положительно влияло на среднесуточный прирост живой массы птицы [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11].

Необходимость ежедневного ввода селена в состав рационов молодняка крупного рогатого скота доказана давно. Создан широкий диапазон добавок неорганической и органической природы с разной степенью усвояемости. Однако усвояемость животными этого ультра-микроэлемента из комбикормов (неорганическая форма селена) всегда имело ограниченный предел и часто граничила с соблюдением точной дозировки из-за высокой токсичности используемых в них добавок [12]. Одним из способов было включение селенита натрия, относящегося к 1 классу опасности. Интерес к использованию наночастиц нульвалентного селена с размером 20-60 нм стабилизированных белком показал, что его использование в составе рационов стимулирует синтез селеносодержащих ферментов и в несколько раз менее токсичен неорганической формы этого микроэлемента. Установлено, что увеличивается активность каталазы и пероксидазы на 15,2 и 26,6 %, количество диеновых конъюгантов и малонового диальдегида, свободных радикалов перекисного окисления уменьшается на 21,3 и 14,6 % [13].

Поскольку корм является единственным источником селена для животных его усвояемость из него также находится не на высоком уровне и может снижаться под действием разных факторов, поэтому удовлетворение потребности в этом микроэлементе для молодняка крупного рогатого скота в начальный период выращивания требует высокой усвояемости его из корма [14].

Жидкие формы нанопрепаратов, растворённые в специальной среде

специально приготовленные нанопорошки, для молодняка сельскохозяйственных животных и птицы показывают хорошие результаты, поскольку потребление сухих кормов на начальном этапе нестабильное, чтобы иметь возможность точно нормировать потребление элемента на день. В связи с этим перспективным представляются исследования по изучению влияния высокодисперсных суспензий или растворов металлов на эффективность использования рационов в кормлении молодняка крупного рогатого скота, что актуально и имеет большое практическое значение.

Целью наших исследований явилось изучение эффективности скармливания разных уровней препарата «Нано-селен (Se)» молодняку крупного рогатого скота в молочный период.

Материал и методика исследований. Исследования содержания селена, цинка и железа в компонентах комбикормов и рационов проводились в ГНУ «Институт физико-органической химии», ГУ «ЦНИЛ» и ГУ «Научно-практический центр гигиены» на атомно-эмиссионном спектрометре на индуктивно-связанной плазме. Пробоподготовка: высокотемпературная кислотная минерализация с использованием HNO_3 и H_2O_2 .

Препарат «Нано-селен (Se)» представляет собой стабилизированный модифицированными полисахаридами коллоидный раствор селена красного цвета без посторонних включений. Содержит в своём составе от 0,30 до 1,0 грамма в одном литре наночастиц селена и предназначен для использования в кормлении крупного рогатого скота и свиней в составе заменителя цельного молока, цельного молока, выпаиваемой воды.

Гранулометрический состав препарата, установленный в Центре исследований и испытаний материалов ГНУ «Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа», показал наличие 90 % частиц размером менее 55,7 нм, 50 % частиц размером менее 31 нм, 10 % частиц размером менее 6,2 нм.

Технология производства наночастиц металлов в виде эмульсии разработана в ГУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» совместно с НТООО «Актех» (г. Минск). В испытательном центре Института порошковой металлургии проведён анализ гранулометрического состава образцов нанопрепарата «Нано-селен (Se)». Гранулометрический состав исследуемого образца определяли на лазерном анализаторе размера частиц Zetasizer Nano ZS фирмы Malvern (Великобритания). Диапазон измеряемых размеров: 0,3 нм - 10,0 мкм. Усредненное значение вычисляли на основании результатов не менее 5 последовательных измерений.

Исследования по изучению эффективности использования наночастиц селена путем их выпаивания молодняку крупного рогатого скота в количествах 0,05 и 0,10 мг наночастиц селена на один кг потребляемого сухого вещества (при использовании препарата «Нано-селен (Se)» проведены в ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района Минской области по схемам, представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Схемы научно-хозяйственных исследований на телятах

Группа	Кол-во животных в группе, гол	Условия кормления
I контроль	11	ОР (молоко, КР-1, КР-2, кукуруза, соевый шрот, сено, сенаж, силос)
II опытная	11	ОР + препарат «Нано-селен (Se)» в количестве 0,05 мг Se на 1 кг СВ. В 1-й месяц – 0,10 мл (г) препарата гол./сут. 2-й месяц - 0,15 мл (г) препарата гол./сут. 3-й месяц – 0,23 мл (г) препарата гол./сут.
III опытная	11	ОР + препарат «Нано-селен (Se)» в количестве 0,10 мг Se на 1 кг СВ. 1-й месяц – 0,20 мл (г) препарата гол./сут. 2-й месяц - 0,30 мл (г) препарата гол./сут. 3-й месяц – 0,46 мл (г) препарата гол./сут.

Опыт по изучению эффективности использования препарата «Нано-селен (Se)» (концентрация наночастиц селена 0,5 г/кг) проводили на телятах со средней живой массой 40 кг в возрасте с 3-15 дней. Различия между опытными группами и контрольными животными заключались в использовании при выпойке молока телятам II группы препарата «Нано-селен (Se)» 0,05 мг наночастиц селена на 1 кг сухого вещества рациона, телятам III группы – 0,10 мг наночастиц селена на 1 кг сухого вещества рациона. С увеличением потребления сухого вещества рациона корректировка количества задаваемого препарата в сутки для телят II группы проводилась ежемесячно: 0,10 мл (г) препарата в сутки в 1-й месяц выращивания, 0,15 мл (г) – во 2-й, 0,23 мл (г) – в 3-й. Для телят III группы количество препарата «Нано-селен (Se)» на гол./сут. в первый месяц выращивания составило 0,20 мл, во 2-й месяц – 0,30 мл, в 3-й – 0,46 мл.

Продуктивность подопытных животных определяли путём взвешивания до и после скармливания препарата.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Суточный рацион подопытного поголовья по фактически потреблённым кормам за три

месяца приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Рационы молодняка крупного рогатого скота по фактически потребленным кормам (в среднем за период)

Корма и показатели	Группа животных								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Период выращивания								
	первый месяц			второй месяц			третий месяц		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Молоко цельное, кг	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	3,00	3,00	3,00
Комбикорм КР-1, кг	0,21	0,29	0,31	0,69	0,81	0,77	1,00	1,00	1,00
Комбикорм КР-2, кг	-	-	-	-	-	-	0,34	0,55	0,64
Соевый шрот, кг	-	-	-	-	-	-	0,20	0,20	0,20
Сено разнотравное, кг	-	-	-	-	-	-	0,10	0,10	0,10
Сенаж злаково-бобовый, кг	-	-	-	-	-	-	0,34	0,59	0,48
Силос кукурузный, кг	-	-	-	-	-	-	0,34	0,59	0,48
Нано-селен (Se), г	-	0,10	0,20	-	0,15	0,30	-	0,23	0,46
В рационе содержится:									
Кормовых единиц	2,05	2,15	2,17	2,63	2,77	2,72	2,93	3,30	3,36
Обменной энергии, МДж	16,0	16,9	17,1	21,39	22,73	22,28	26,52	30,11	30,55
Сухого вещества, кг	0,96	1,04	1,05	1,39	1,49	1,46	2,02	2,34	2,36
Сырого протеина, г	249	264	267	338	360	353	453	493	500
Сырого жира, г	229	231	232	244	248	247	162	172	173
Клетчатки, г	8	11,5	12,28	27,32	32,08	30,49	158	211	199
Сахара, г	306	311	3120	334	341	339	256	274	276
Кальция, г	10,0	10,9	11,06	15,05	16,31	15,89	19,64	22,48	22,69
Фосфора, г	9,1	9,89	10,07	13,59	14,70	14,33	16,67	18,13	18,40
Магния, г	1,1	1,24	1,28	2,11	2,37	2,29	4,25	4,84	4,87
Калия, г	10,1	10,8	10,9	14,2	15,2	14,8	24,9	30,1	29,3
Серы, г	2,9	3,12	3,17	4,12	4,42	4,32	5,23	5,77	5,80

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Железа, мг	61	69,98	72,33	116,9	130,9	126,2	283,3	338,6	339,1
Меди, мг	4,7	5,79	6,07	11,3	12,9	12,4	24,5	28,28	29,03
Цинка, мг	31,4	36,44	37,71	61,86	69,49	66,95	114,6	134,4	140,5
Кобальта, мг	0,98	1,28	1,36	2,81	3,27	3,11	4,50	4,85	4,99
Марганца, мг	13,9	18,48	19,63	41,49	48,39	46,09	115,7	143,1	146,4
Йода, мг	0,5	0,50	0,51	0,70	0,76	0,74	1,23	1,51	1,59
Селена, мг	0,121	0,194	0,250	0,261	0,371	0,434	0,429	0,589	0,709

Обменной энергии в сухом веществе рационов телят в среднем за первый месяц исследований содержалось 16,3-16,7 МДж, во второй – 15,3-15,4 МДж, в третий – 12,9-13,1 МДж; сырого протеина – 25,4-25,9 %, 24,2-24,3 и 21,1-22,4 %; сырого жира – 22,1-23,9 %, 16,6-17,5 и 7,3-8,0 %; крахмала – 6,6-8,9 %, 15,0-16,4 и 22,7 и 24,4 %; сахара – 29,7-31,9 %, 22,9-24,0 и 11,7-12,7 %; кальция – 1,0-1,1 %, 1,1 и 1,0 %; фосфора – 0,9-1,0 %, 1,0 и 0,8 % соответственно. Концентрация селена в сухом веществе рационов телят, в том числе с распределением его источников (в форме наночастиц из добавки и из кормов рационов) по месяцам выращивания, представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание селена в рационах

Показатель	Месяц исследований	Группа		
		I	II	III
Селена (всего), мг в рационе	1-й	0,121	0,194	0,250
Селена (всего), мг в 1 кг СВ:		0,13	0,19	0,24
в т.ч. селена в нано форме			0,05	0,10
в т.ч. селена из кормов рациона	2-й	0,13	0,14	0,14
Селена (всего), мг в рационе		0,261	0,371	0,434
Селена (всего), мг в 1 кг СВ:		0,19	0,25	0,30
в т.ч. селена в нано форме	3-й		0,05	0,10
в т.ч. селена из кормов рациона		0,19	0,20	0,20
Селена (всего), мг в рационе		0,429	0,589	0,709
Селена (всего), мг в 1 кг СВ:		0,21	0,25	0,30
в т.ч. селена в нано форме			0,05	0,10
в т.ч. селена из кормов рациона		0,21	0,20	0,20

Увеличение содержания селена в сухом веществе рационов молодняка крупного рогатого скота путём использования препарата «Нано-селен (Se)» из расчёта дополнительного обеспечения 0,05 и 0,10 мг Se способствовало повышению среднесуточного потребления с кормами

рационов сухого вещества на 10,5 и 10,4 %, обменной энергии – на 8,5 и 8,7 %. Количество потреблённого комбикорма-концентрата КР-1, задаваемого животным вволю до достижения потребления на уровне 1 кг, увеличилось при использовании препарата «Нано-селен (Se)» на 10,5 и 9,5 % за весь период исследований.

Результаты выращивания молодняка крупного рогатого скота в опыте при использовании в рационах различных количеств препарата «Нано-селен (Se)» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели живой массы молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа		
	I	II	III
Живая масса в начале опыта, кг	40,2±1,27	40,6±1,38	40,6±1,10
Живая масса в конце опыта, кг	110,6±3,72	117,0±4,84	114,6±4,13
Валовой прирост за опыт, кг	70,4±3,06	76,4±3,69	74,0±3,69
Среднесуточный привес за опыт, г	848±35,7	920±39,8	892±38,4
% к контролю	100	108,5	105,2

За период проведения опыта валовой прирост в опытных группах телят при использовании препарата «Нано-селен (Se)» в количестве 0,05 мг установлено повышение валового прироста по отношению к контролю на 8,5%, а в количестве 0,10 мг на 5,1%.

Повышение суточной продуктивности телят II и III опытных групп по сравнению с контрольной группой составило 72 и 44 г, 8,5 и 5,2 % соответственно.

Стоимость среднесуточного рациона во II опытной группе повысилась по отношению к контролю всего на 3,0 %. Общие затраты на получение валового прироста во II группе повысились на 25,2 руб., в III – на 26,5 руб. Установлено снижение себестоимости 1 кг прироста во II группе на 0,6 руб. или на 5,1 %, в III группе разница с контролем составила 0,23 руб. или 1,9 % (таблица 5).

Таблица 5 – Экономические показатели использования наночастиц селена в рационах молодняка крупного рогатого скота

Показатель	Группа животных		
	I	II	III
1	2	3	4
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	2,99	2,98	3,08
Расход кормов за опыт (83 дня) на 1 голову, ц к. ед.	2,11	2,27	2,28
Стоимость среднесуточного рациона, руб.	6,667	6,864	6,874

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
Общая стоимость израсходованных кормов за опыт на 1 голову, руб.	553	570	571
Стоимость 1 к. ед., руб.	2,701	2,601	2,601
Стоимость кормов, затраченных на 1 кг прироста, руб.	7,860	7,457	7,710
Получено прироста живой массы, кг	70,4	76,4	74,0
Удельный вес кормов в структуре себестоимости, %	65	65	65
Общие затраты на получение валового прироста, руб.	851,27	876,51	877,81
Себестоимость 1 кг прироста, руб.	12,09	11,47	11,86
Снижение себестоимости 1 кг прироста по отношению к I группе, руб.	-	0,62	0,23
Дополнительная прибыль за период опыта на 1 голову, руб.	-	47,4	17,0

Уровень дополнительной прибыли с введением в рацион телят II группы составил 47,4 руб. на голову и 521,4 руб. на группу, а в III опытной группе – 17,0 руб. на голову и 187 руб. на группу.

Заключение. Использование нового препарата «Нано-селен (Se)» в количестве 0,10 мг Se (наночастицы) на 1 кг сухого вещества рациона в кормлении молодняка крупного рогатого скота в молочный период оказывает положительное влияние на эффективность его выращивания. Так, среднесуточный привес повысился на 5,2 %, себестоимости прироста снизилась на 5,2 %, дополнительной прибыли на голову составила 47,4 руб.

Литература

1. Влияние нанокapsулированного биологически активного препарата на ремонтных свинок / О. Сеин [и др.] // Ветеринария сельскохозяйственных животных. – 2014. - № 3. – С. 11-15.
2. Действие на кроликов железа и меди в ультрадисперсной форме при их введении в организм животных с кормом / А. А. Назарова [и др.] // Кролиководство и звероводство. – 2008. - № 6. – С. 8-10.
3. Тихомиров, С. А. Закономерности консолидации металлических нанопорошков никеля и железа : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.16.06 / С. А. Тихомиров ; Ин-т металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова РАН. - Москва, 2007. – 26 с.
4. Изучение безопасности введения наночастиц меди с различными физико- химическими характеристиками в организм животных / О. Я. Богословская [и др.] // Вестник Оренбургского ГУ. – 2009. - № 2. – С. 47-49.
5. Нанотехнологии и информационные технологии – технологии XXI века : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2006. – 247 с.
6. Головин, Ю. И. Введение в нанотехнологию / Ю. И. Голович. – Москва : Машиностроение, 2003. – 112 с.

7. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005 год : сб. / под ред. П. П. Мальцева. – Москва : Техносфера, 2006. – 152 с.

8. Сизова, Е. А. Влияние высокодисперсных препаратов на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / Е. А. Сизова, А. М. Макеева // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2020. – № 12. – С. 22-33.

9. Коваленко, Л. В. Биологически активные нанопорошки железа / Л. В. Коваленко, Г. Э. Фолманис // Перспективные материалы. – 2005. – № 2. – С. 39-43.

10. Ле, Вьет Фьонг. Использование высокодисперсных порошков железа, меди, марганца, цинка в премиксах цыплят-бройлеров : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.02 / Ле Вьет Фьонг. – Москва, 2005. – 114 с.

11. Курилкина, М. Я. Эффективность использования микро-порошков в составе эктрудата при кормлении цыплят-бройлеров / М. Я. Курилкина, С. А. Мирошников, Т. Н. Холодилина // Известия Оренбургского ГАУ. – 2011. - № 4. – С. 169-171.

12. Сулова, И. В. Продуктивность и показатели обмена веществ у бычков при скармливании рационов с различным уровнем селена / И. В. Сулова, И. О. Кирнос, В. М. Дуборезов // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 4. – С. 60-64.

13. Новый биологически активный препарат на основе наночастиц селена / А. Г. Храмов [и др.] // Вестник Северо-Кавказского ГТУ. – 2010. – № 4 (25). – С. 122-125.

14. Seleno-compounds and carnosic acid added to diets with rapeseed and fish oils affect concentrations of selected elements and chemical composition in the liver, heart and muscles of lambs / M. Gzauderna [et al.] // Springer science+business media, part of Springer nature. – 2017. – 02.12. – <https://dot.org/10/1007/s12011-017-z>.

Поступила 25.03.2024 г.

УДК 636.2.084.429

А.Н. КОТ¹, И.Ф. ГОРЛОВ², М.И. СЛОЖЕНКИНА², А.А. МОСОЛОВ²,
А.К. НАТЫРОВ³, Н.Н. МОРОЗ³, Г.Н. РАДЧИКОВА¹,
А.М. ГЛИНKOVA¹, В.В. КАРЕЛИН⁴

ПОЕДАЕМОСТЬ КОРМОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ РАЗНОЙ КРАТНОСТИ КОРМЛЕНИЯ

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*Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия*

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

В статье представлены результаты исследований, целью которых было

изучить зависимость показателей белкового обмена в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективности использования протеина в организме животных от кратности кормления. Установлено положительное влияние трёхразового кормления на физиологическое состояние животных, показатели рубцового пищеварения и белкового обмена у бычков в возрасте 3-6 месяцев. Так, отмечены более эффективное использование протеина в рубце и интенсификация процессов микробного синтеза, повысилась эффективность продуктивного действия корма. Среднесуточный прирост живой массы увеличился на 4,9 %. В результате затраты кормов снизились на 2,3 %, а затраты протеина – на 2,8 %.

Ключевые слова. бычки, травяные корма, рационы, концентрированные корма, гематологические показатели, рубцовое пищеварение

A.N. KOT¹, I.F. GORLOV², M.I. SLOZHENKINA², A.A. MOSOLOV²,
A.K. NATYROV³, N.N. MOROZ³, G.N. RADCHIKOVA¹,
A.M. GLINKOVA¹, V.V. KARELIN⁴

FEED INTAKE AND PRODUCTIVITY OF YOUNG CATTLE AT DIFFERENT FREQUENCY OF FEEDING

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

²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of
Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia*

³*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia*

⁴*Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine,
Vitebsk, Republic of Belarus*

The paper contains the results of research aimed at studying the dependence of protein metabolism indicators in the rumen of young cattle and the efficiency of protein utilization in the body of animals on the frequency of feeding. The research showed the positive effect of three times a day feeding on physiological state of animals, indicators of rumen digestion and protein metabolism in young bulls aged 3-6 months. So, more efficient protein utilization in the rumen and intensification of microbial synthesis processes were revealed, the efficiency of productive effect of feed increased. The average daily weight gain increased by 4.9%. As a result, feed and protein costs decreased by 2.3% and 2.8%, respectively.

Keywords. young bulls, grass feed, diets, concentrated feed, hematological parameters, ruminal digestion.

Введение. Реализовать высокую продуктивность животных простым увеличением в рационах доли высокобелковых кормов на практике сложно и нерентабельно [1, 2, 3]. Это приводит не только к перерасходу кормов и удорожанию получаемой продукции, но и

отрицательно влияет на здоровье животных, что влечёт за собой резкое сокращение срока их продуктивного использования [4, 5, 6, 7].

Новый подход в физиологии питания базируется на положении, что потребность животного в протеине удовлетворяется за счёт аминокислот микробного белка и нераспавшегося в рубце протеина [8, 9, 10, 11, 12].

Главным фактором эффективного использования протеина в организме служит создание благоприятных условий в рубце, обеспечивающих максимальный синтез микробного белка с одновременным увеличением потока в кишечник кормового протеина. При увеличении продуктивности животных микробный белок не в состоянии удовлетворить возрастающие потребности организма в аминокислотах. В такой ситуации возрастает роль «транзитного» кормового протеина, избежавшего распада в рубце, как источника доступного для обмена белка. При этом чем выше продуктивность животных, тем больше вклад нераспавшегося в рубце протеина рациона в общий пул аминокислот организма. В свою очередь, нераспавшийся в рубце кормовой протеин должен содержать большую часть незаменимых аминокислот и иметь высокую переваримость в кишечнике [13, 14, 15, 16]. В то же время необходимо иметь в виду, что абсолютных показателей распадаемости быть не может, так как на процессы ферментации влияет множество факторов. Один и тот же корм, полученный в разных условиях производства, может иметь разную распадаемость протеина [17, 18, 19].

Время задержки в рубце существенно влияет на распадаемость грубого корма. Протеин, длительное время задерживающийся в рубце, распадается с большей интенсивностью, чем быстро эвакуируемый из него. Протеин грубых кормов плотно скрыт под клеточной оболочкой, богатой целлюлозой и лигнином, поэтому для его расщепления необходимо более длительное воздействие протеолитических ферментов микроорганизмов [20, 21, 22]. Зерновые корма быстрее эвакуируются из преджелудков, однако расщепляются в значительной степени, что указывает на особенность физико-химических свойств их протеина [23, 24, 25].

Эффективность использования азота находится в большой зависимости от концентрации доступной для обмена энергии, что предполагает значительные колебания расщепляемости сырого протеина отдельных кормов. В этой связи видна зависимость показателей белкового обмена в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективности использования протеина в организме животных от кратности кормления.

Цель работы – изучить зависимость показателей белкового обмена в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективности использования протеина в организме животных от кратности кормления.

Материал и методика исследований. Исследования по определению зависимости показателей белкового обмена в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективности использования протеина в организме животных от кратности кормления кормов проведены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В качестве подопытных животных использовались бычки белорусской чёрно-пёстрой породы в возрасте 3-6, 6-9, 9-12 и 12-18 месяцев.

Исследования проводились по следующей схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения исследований

Группа	Количество животных, гол.	Возраст животных, мес.	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I опыт-ная	3	3-6	60	ОР (травяные корма + комбикорм) - кормление 2 раза в день
II опыт-ная	3	3-6	60	ОР - кормление 3 раза в день

В процессе проведения опытов определена расщепляемость протеина концентрированных высокобелковых кормов через различные промежутки времени и установлена динамика его распада. Изучение расщепления высокобелковых кормов в рубце между кормлениями проводилось при разной величине интервалов между кормлениями. В контрольной группе кормление проводилось с интервалом в 8 часов, а в опытной – 12 часов.

В контрольной группе животные получали смесь концентратов в размолотом виде, а в опытной смесь была проэкструдирована и размолота. В ходе проведения опытов были отобраны образцы рубцовой жидкости и изучена расщепляемость протеина концентрированных кормов. Также определены гематологические показатели и энергия роста подопытных животных.

Определение зависимости показателей процессов пищеварения в рубце молодняка крупного рогатого скота и эффективности использования кормов при скармливании концентратов с высоким содержанием расщепляемого протеина и неструктурных углеводов подвергнутых баротермической обработке также проводилось в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» на бычках белорусской чёрно-пёстрой

породы в возрасте 3-6, 6-9, 9-12 и 12-18 месяцев.

Физиологические эксперименты по изучению показателей рубцового пищеварения в сложном желудке проведены на сложно оперированных животных с вживлёнными хроническими канюлями рубца (Ø 2-5 см), через которые в рубец вводились нейлоновые мешочки, а также происходил отбор содержимого рубца.

Химический состав кормов, используемых в опытах, определялся по схеме общего зоотехнического анализа в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству».

В кормах определялись: первоначальная, гигроскопичная и общая влага – по ГОСТу 27548-97 п.7; массовая доля сырого протеина – по ГОСТу 13496.4-93 п. 3 с применением автоматического анализатора UDK 132 и UDK 159 (VELP, Италия); массовая доля сырой клетчатки – по ГОСТу 13496.2-91 с применением полуавтоматического анализатора FIWE-6; массовая доля сырого жира – по ГОСТу 13496.15-2016 п. 9.1; массовая доля сырой золы – по ГОСТу 26226-95; органическое вещество, БЭВ [26, 27].

Количественные и качественные параметры процессов рубцового метаболизма определяли методом *in vivo*.

Интенсивность процессов рубцового пищеварения у бычков определяли путём отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления и отфильтрованного через четыре слоя марли,

В жидкой части рубцового содержимого определяли следующие показатели: концентрацию ионов водорода (рН) – по ГОСТу 26180-84 п. 3; концентрацию аммиака и общий азот – по ГОСТу 13496.4-93 п. 3 с применением автоматического анализатора UDK 132 и UDK 159 (VELP, Италия); общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама; количество инфузорий – путём подсчёта в 4-сетчатой камере Горяева.

Кровь для анализа, взятую в утренние часы до начала кормления, стабилизировали трилоном-Б (2,0-2,5 ед./мл) и исследовали в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Биохимические показатели крови определяли с помощью биохимического анализатора Ascent 200, гематологические показатели – на анализаторе URIT-3000Vet Plus.

Кроме рубцового пищеварения и гематологических показателей в процессе опытов изучали: поедаемость кормов – путём проведения еженедельных контрольных кормлений в течение двух смежных суток по

разности массы заданных кормов и несъеденных остатков; интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных – путём индивидуального взвешивания в начале и в конце опыта; эффективность использования кормов – путём расчёта затрат энергии и протеина на прирост.

Статистическая обработка результатов анализа проведена с учётом критерия достоверности по Стьюденту.

При оценке значений критерия достоверности исходили в зависимости от объёма анализируемого материала. Вероятность различий считалась достоверной при уровне значимости $P < 0,05$. В работе приняты следующие обозначения уровня значимости (P): * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В четвёртом физиологическом опыте изучались закономерности белкового обмена и расщепляемости протеина в рубце бычков 3-6-месячного возраста при двукратном и трёхкратном кормлении. В состав рациона на протяжении всего периода животные контрольной и опытных групп получали сенаж, комбикорм КР-3 и размолотый горох. Потребление этих кормов бычками разных групп, как показал учёт их поедаемости, находилось практически на одном уровне. Отмечено повышение потребления сенажа во II группе на 5 %. Состав рационов и их питательность по фактически съеденным кормам приведён в таблице 2.

Таблица 2 – Рацион подопытных животных (по фактически съеденным кормам)

Корма и питательные вещества	Группа животных	
	I	II
1	2	3
Сенаж разнотравный, кг	6,00	6,30
Комбикорм КР-3, кг	1,50	1,50
Горох, кг	0,30	0,30
В рационе содержится:		
Кормовых единиц	3,72	3,81
Обменной энергии, МДж	42,0	43,1
Сухого вещества, кг	4,22	4,36
Сырого протеина, г	519	533
Сырого жира, г	132	135
Сырой клетчатки, г	1037	1085
БЭВ, г	2320	2381
Кальция, г	40,3	41,8
Фосфора, г	17,3	17,7
Магния, г	9,75	10,14
Калия, г	38,0	39,3

Продолжение таблицы 2

	1	2	3
Серы, г		7,56	7,83
Железа, мг		1357	1420
Меди, мг		140	142
Цинка, мг		184	188
Марганца, мг		349	360
Кобальта, мг		2,81	2,86
Йода, мг		1,16	1,19

В структуре рациона доля травяных кормов составила 48 %, концентрированных – 52 %. Среднесуточное потребление сухого вещества в опытных группах было на уровне 4,2-4,4 кг. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 9,9 МДж/кг. Доля сырого протеина в сухом веществе рационов находилась на уровне 12,2 %. В расчёте на одну кормовую единицу приходилось 140 г сырого протеина. Количество клетчатки в сухом веществе составило 24-25 %. Отношение кальция к фосфору находилось на уровне 2,3/1.

Динамика распада протеина представлена на рисунке 1.

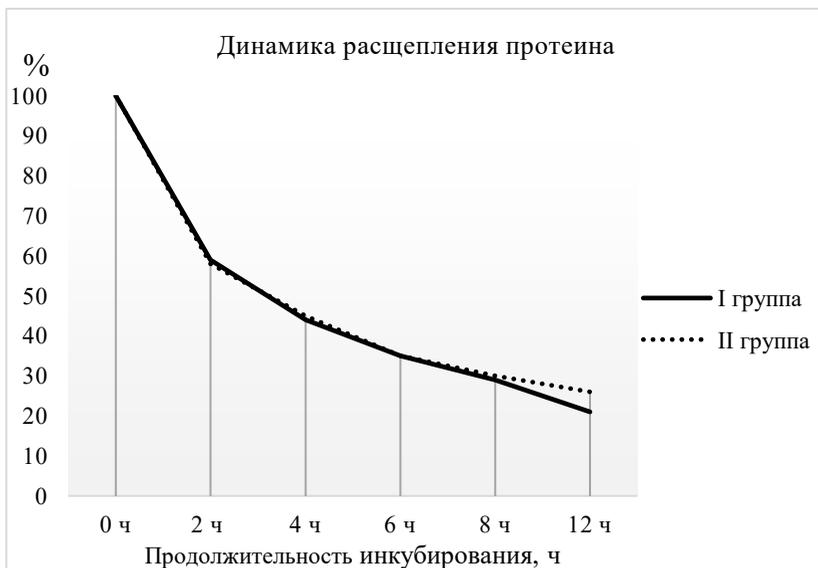


Рисунок 1 – Распадаемость протеина в рубце молодняка в возрасте 3-6 месяцев

В начале и в конце опыта у животных были взяты образцы рубцовой жидкости. Как показали исследования, рубцовое пищеварение у животных опытных групп отличалось незначительно (таблица 3).

Таблица 3 – Параметры рубцового пищеварения подопытных животных

Показатель	Группа			
	I		II	
	в начале опыта	в конце опыта	в начале опыта	в конце опыта
pH	6,7±0,06	6,6±0,06	6,6±0,14	6,5±0,10
ЛЖК, ммоль/100 мл	9,63±0,09	11,2±0,1	10,13±0,22	11,3±0,21
Азот общий, мг/100 мл	144±3,49	123,8±2,59	146±3,49	133,5±4,8
Аммиак, мг/100 мл	10,13±0,15	11,97±0,2	9,83±0,18	11,17±0,58
Инфузории, тыс./мл	673±11,84	727±17,0	690±4,05	750±13,0

Кислотность рубцовой жидкости в опытных группах находился на уровне 6,5-6,6. У животных, получавших корм 3 раза в сутки, в рубцовой жидкости отмечалось повышение содержания общего азота на 7,8 %, инфузорий – на 3,2 %. В то же время концентрация аммиака снизилась на 6,7 %. Остальные показатели отличались незначительно и находились в пределах физиологической нормы.

В связи с тем, что процессы пищеварения у молодняка крупного рогатого скота в 3- и в 6-месячном возрасте значительно отличаются, были проведены исследования показателей рубцового пищеварения на протяжении переходного периода в возрастном аспекте. Установлено, что с возрастом снижается уровень общего азота на 8,5-14,0 %, что, по нашему мнению, обусловлено изменением структуры рациона. В то же время увеличивается содержание летучих жирных кислот на 16,3-11,5 %, аммиака – на 18,2-20,3 и инфузорий – на 8,0-8,3 %.

Для изучения физиологического состояния подопытных животных были отобраны и исследованы образцы крови (таблица 4). Как показали исследования, животные были клинически здоровы, все гематологические показатели находились в пределах физиологических норм.

Таблица 4 – Гематологические показатели бычков

Показатель	Группа	
	I	II
1	2	3
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	9,37±0,24	9,1±0,170
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,45±0,15	6,53±0,17
Гемоглобин, г/л	105,47±1,29	108,63±2,07

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Общий белок, г/л	81,1±1,1	83,13±3,43
Глюкоза, ммоль/л	2,77±0,13	2,9±0,10
Мочевина, ммоль/л	4,35±0,2	4,36±0,20
Кальций, ммоль/л	2,73±0,145	2,81±0,08
Фосфор, ммоль/л	1,67±0,04	1,82±0,10
Гематокрит, %	38,4±1,68	39,6±0,97

В крови животных, получавших корма 3 раза в день, отмечалось незначительное увеличение уровня гемоглобина – на 3 %, глюкозы – на 4,7, фосфора – на 6,0 и гематокрита – на 3,1 %. В то же время содержание лейкоцитов снизилось на 2,9 %. Однако установленные различия были недостоверны.

Проведённые контрольные взвешивания показали, что увеличение частоты кормлений положительно повлияло на продуктивность животных (таблица 5). Так, во II опытной группе отмечено увеличение среднесуточных приростов живой массы с 723 до 759 г или на 4,9 %. Затраты кормов в этой группе были ниже, чем в I на 2,3 % и составили 5,02 к. ед. Эффективность использования протеина кормов также увеличилась на 2,8 %.

Таблица 5 – Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг		
в начале опыта	139,2±1,3	137,8±1,0
в конце опыта	182,6±1,8	183,4±1,4
Валовой прирост, кг	43,4±0,7	45,6±0,4
Среднесуточный прирост, г	723±22,4	759±12,4
в % к контролю	100	104,9
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	5,14	5,02
в % к контролю	100	97,7
Затраты протеина на 1 кг прироста, кг	0,72	0,70
в % к контролю	100	97,2

Заключение. Установлено положительное влияние 3-разового кормления на физиологическое состояние животных, показатели рубцового пищеварения и белкового обмена у бычков в возрасте 3-6 месяцев.

В группе, получавшей корма 3 раза в день, отмечено увеличение содержания общего азота в рубцовой жидкости на 7,8 % и количества

инфузорий – 3,2 %. В то же время концентрация аммиака, наоборот, снижается на 6,7 %, что свидетельствует о более эффективном использовании протеина в рубце и интенсификации процессов микробного синтеза.

Трёхразовое кормление способствует повышению эффективности продуктивного действия корма. Среднесуточный прирост живой массы увеличился на 4,9 %. В результате затраты кормов снизились на 2,3 %, а затраты протеина – на 2,8 %.

Литература

1. 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, 2022. – С. 252-256.

2. Выращивание телят с использованием заменителей молока с разным содержанием лактозы / И. В. Богданович, А. В. Астренков, Е. И. Приловская, Т. М. Натянчик, В. А. Томчук, В. В. Данчук, Л. В. Кладницкая, А. В. Пашенко // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2020. – С. 452-455.

3. Влияние скармливания заменителя цельного молока на физиологическое состояние и продуктивность телят / А. Н. Кот, М. И. Сложенкина, Г. Н. Радчикова, А. Г. Марусич, Е. Н. Суденкова, М. В. Джумкова, В. А. Люндышев // Зоотехническая наука Беларуси 6 сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 2. – С. 11-18.

4. 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, 2023. – С. 28-32.

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

6. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота разных сапропеллей / И. В. Богданович, С. А. Ярошевич, Е. П. Симоненко, В. А. Томчук, В. В. Данчук, В. И. Передня, Е. Л. Жилич, В. А. Люндышев // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2019. – С. 210-215.

7. 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 6 сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 2. – С. 18-26.

8. 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 6 сб. науч. тр. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 160-171.

9. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота, выращенного на заменителе сухого обезжиренного молока и заменителе цельного молока в послемолочный период / Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалёва, И. В. Богданович, С. Н. Пилюк, М. В. Джумкова, В. О. Лемешевский, И. В. Яночкин, Е. И. Приловская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2021. – Т. 56, ч. 2. – С. 3-13.

10. 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. – п. Персиановский, 2020. – С. 212-216.

11. Влияние соотношения фракций протеина в заменителе цельного молока на эффективность выращивания телят / А. Н. Кот, Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалёва, М. В. Джумкова, Е. А. Лёвкин // Достижения и актуальные вопросы современной гигиены животных : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию юбилею кафедры гигиены животных имени проф. В.А. Медведского. – Витебск, 2023. – С. 62-67.

12. Обмен веществ и продуктивность телят при скармливании разных молочных продуктов / Г. Н. Радчикова, А. М. Глинкова, Н. В. Пиллок, М. В. Джумкова, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. А. Мосолов, Н. И. Мосолова, А. К. Натыров, Н. Н. Мороз, С. А. Коваленко, И. В. Яночкин // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, ч. 2. – С. 44-54.

13. 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, 2023. – С. 16-22.

14. Влияние скармливания нового заменителя обезжиренного молока на эффективность выращивания телят / А. М. Глинкова, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, И. В. Богданович, В. А. Люндышев, А. В. Астренков, Л. Н. Гамко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 52-57.

15. Влияние осоложенного зерна на поедаемость кормов и продуктивность коров / И. В. Богданович, С. Н. Пиллок, 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, 2020. – С. 449-453.

16. 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. междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 220-226.

17. 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, 2022. – С. 152-157.

18. Возможность балансирования рационов молодняка крупного рогатого скота за счёт местных масличных и бобовых культур / А. М. Глинкова, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, И. В. Богданович, Д. В. Медведева // Инновационное развитие продуктивного и непродуктивного животноводства : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2022. – С. 212-216.

19. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота белково-витаминно-минеральных добавок / А. М. Глинкова, 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, 2023. – 2023. С. 57-63.

20. 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, 2022. – С. 247-252.

21. Кормление молодняка крупного рогатого скота с использованием местных источников протеина / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, А. К. Натыров, Н. И. Мороз, С. Н. Пилюк, Т. М. Натынчик, Е. И. Приловская // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2021. – С. 1102-1105.

22. Повышение эффективности использования протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота / Т. Л. Сапсалева, 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, г. Брянск, 15 дек. 2023 г. – Брянск, 2023. - С. 266-271.

23. Влияние скармливания 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, 2023. – С. 172-177.

24. Повышение кормовой ценности комбикормов для телят / Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, И. В. Богданович, А. К. Натыров, Н. И. 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. – Солёное Займище, 2021. – С. 1448-1453.

25. Влияние скармливания белково-энергетической добавки на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / А. М. Глинкова, Д. М. Богданович, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, И. В. Богданович, В. А. Люндышев // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 213-220.

26. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленькая. – Минск : Ураджай, 1981. – 143 с.

27. Зоотехнический анализ кормов : учеб. пособие / Е. А. Петухова [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 239 с.

Поступила 4.04.2024 г.

А.Н. КОТ¹, В.Ф. РАДЧИКОВ¹, Б.К. САЛАЕВ², А.К. НАТЫРОВ²
И.С. СЕРЯКОВ³, А.Н. КОПЫТКОВ⁴, В.И. ПЕТРОВ³, Г.В. БЕСАРАБ¹,
Т.М. НАТЫНЧИК⁵

ЦИНК В ФОРМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ В КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

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

²*Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова,
г. Элиста, Россия*

³*Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь*

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

⁵*Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь*

В процессе повышения эффективности производства продукции животноводства большое внимание уделяется кормлению, сбалансированному по витаминным, минеральным и биологически активным веществам. С ростом продуктивности в организме животных происходит интенсификация обменных процессов, на которые большое влияние оказывают микроэлементы, недостаток которых в рационе отрицательно сказывается на здоровье и продолжительности жизни животного. Для восполнения этого недостатка широко используются кормовые добавки, оказывающих комплексное положительное влияние на весь организм. Целью работы стало изучение закономерностей протекания пищеварительных процессов в рубце и обмена веществ в организме молодняка крупного рогатого скота при скармливании органического соединения цинка. В ходе исследований установлено, что использование органической формы цинка вместо сернокислого в количестве 50 %, 75 и 100 % в рационах молодняка крупного рогатого скота 9-12-месячного возраста позволяет повысить продуктивность животных на 1,3-3,7 % при снижении затрат кормов на получение прироста на 0,7-2,0 %.

Ключевые слова: бычки, травяные корма, рационы, концентрированные корма, цинк, гематологические показатели, рубцовое пищеварение.

A.N. KOT¹, V.F. RADCHIKOV¹, B.K. SALAEV², A.K. NATYROV²
I.S. SERYAKOV³, A.N. KOPYTKOV⁴, V.I. PETROV³, G.V. BESARAB¹,
T.M. NATYNCHIK⁵

ZINC IN THE FORM OF ORGANIC COMPOUND IN THE FEED- ING OF YOUNG CATTLE

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

²*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia*

³*Belarusian State Agricultural Academy, Gorky, Republic of Belarus*

⁴*Don State Agrarian University, Persianovski settlement, Russia*

⁵*Polesie State University, Pinsk, Republic of Belarus*

In the process of increasing the efficiency of livestock production, great attention is paid to feeding balanced in vitamins, minerals and biologically active substances. With increasing productivity there is an intensification of metabolic processes in the body of animals, which are greatly influenced by microelements, the lack of which in the diet adversely affects the health and life expectancy of the animal. To compensate for this deficiency, feed additives are widely used, which have a comprehensive positive effect on the entire body. The aim of the work was to study the regularities of digestive processes in the rumen and metabolism in the body of young cattle fed an organic zinc compound. In the course of research, it was found that the use of an organic form of zinc instead of zinc sulphate in the amount of 50 %, 75 and 100 % in the diets of young cattle of 9-12 months of age allowed increasing the productivity of animals by 1.3-3.7 % with a decrease in feed costs for weight gain by 0.7-2.0 %.

Keywords: young bulls, grass feed, diets, concentrated feed, zinc, hematological parameters, ruminal digestion.

Введение. Основной целью успешной деятельности сельскохозяйственных предприятий является повышение эффективности и объёмов производства продукции животноводства [1, 2, 3, 4]. В получении продукции выращивания молодняка крупного рогатого скота 60-70 % приходится на корма. Чем выше продуктивность, тем более высокие требования предъявляются к качеству кормов и сбалансированности рационов по питательным веществам [5, 6, 7, 8]. В связи с этим важную роль в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных играет обеспеченность их питательными, минеральными (в том числе микроэлементами) и биологически активными веществами [9, 10, 11, 12, 13]. На сбалансированность рационов молодняка крупного рогатого скота и взрослых животных, наряду с удовлетворением их потребности в основных питательных веществах, существенное влияние оказывает обеспеченность их минеральными веществами и витаминами [14, 15]. В связи

с расширением и детализацией представлений о потребностях животных и о физиологической роли биогенных минеральных элементов эти вопросы приобрели огромное значение при организации их питания [16, 17, 18]. Действуя в качестве катализаторов многочисленных реакций обмена веществ в организме, биологически активные вещества способствуют снижению потерь основных питательных веществ корма, связанных с процессом превращения их в вещества тела и продукцию. Причём, с ростом продуктивности в организме животных происходит интенсификация обменных процессов, на которые большое влияние оказывают микроэлементы, так как являются активными их участниками. В результате более эффективного использования питательных веществ рациона производство продукции животноводства на тех же кормах значительно увеличивается [19, 20].

Минеральные вещества важны в биохимии питания животных. Наряду со специфическими функциями большую роль минеральные вещества играют в утилизации метаболитов аминокислот и углеводов, в поддержании осмотического давления, буферной ёмкости жидкостей и тканей организма, нервного и мышечного возбуждения, регуляций каталитических процессов, проявлении иммунобиологической реактивности организма. Недостаток минеральных веществ в рационе отрицательно сказывается на степени минерализации скелета, здоровье и продолжительности жизни животного, воспроизводительных функциях [21].

Активность многих ферментов зависит от металлов, которые, как химически активные элементы, изменяют простатическую конфигурацию белковой молекулы фермента и это определяет его активность.

На практике для восполнения недостатка минеральных веществ широко используются кормовые добавки, которые обогащают рацион животных недостающими элементами питания и служат активаторами обменных процессов, оказывая комплексное положительное влияние на весь организм [22, 23, 24, 25, 26].

Цель работы – изучение закономерностей протекания пищеварительных процессов в рубце и обмена веществ в организме молодняка крупного рогатого скота при скармливании органического соединения цинка.

Материал и методика исследований. Исследования проведены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и ГП «Жодино-АгроПлемЭлита» на молодняке крупного рогатого скота в возрасте 9-12 месяцев. Для выполнения поставленных задач методом пар-аналогов были подобраны четыре группы клинически здоровых животных с

учётом живой массы, возраста, упитанности и одинаковой продуктивности. Кормление проводилось в соответствии с нормами [27].

В контрольной группе в составе концентрированных кормов скармливалась соль сернокислого цинка, а в опытной группе – органического (глицинат цинка) согласно схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема исследований

Группа	Количество животных, голов	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
I контрольная	3	30	ОР (травяные корма + комбикорм) + сернокислый цинк согласно нормам
II опытная	3	30	ОР + органический цинк (50% от потребности)
III опытная	3	30	ОР + органический цинк (75% от потребности)
IV опытная	3	30	ОР + органический цинк (100% от потребности)

По такой же схеме проведён и научно-хозяйственный опыт для определения оптимальной нормы скармливания органического цинка молодняку крупного рогатого скота. В процессе исследований изучены показатели рубцового пищеварения, потребление кормов, гематологические показатели и продуктивность животных.

В опытах определялись следующие показатели:

- поедаемость кормов – путём проведения ежедекадных контрольных кормлений в течение двух смежных суток по разности массы заданных кормов и несъеденных остатков;

- интенсивность роста и уровень среднесуточных приростов животных – путём индивидуального взвешивания в начале и в конце опыта;

- эффективность использования кормов – путём расчёта затрат энергии на прирост.

Для определения питательности рационов были отобраны и проанализированы корма, используемые для кормления подопытных животных. В лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» определялся химический состав кормов, используемых в опытах по схеме общего зоотехнического анализа. Отбор проб проведен по ГОСТу 27262-87.

В кормах определялись: первоначальная, гигроскопичная и общая

влага – по ГОСТу 27548-97; массовая доля сырого протеина – по ГОСТу 13496.4-93 п. 3 с применением автоматического анализатора UDK 159 (VELP, Италия); массовая доля сырой клетчатки – по ГОСТу 13496.2-91 с применением полуавтоматического анализатора FIWE-6; массовая доля сырого жира – по ГОСТу 13496.15-2016 п. 9.1; массовая доля сырой золы – по ГОСТу 26226-95; БЭВ [28].

Количество микро и макроэлементов в рационе рассчитывалось на основе справочных данных. Содержание цинка в кормах определялось в испытательной лаборатории отдела биохимии и биотехнологии РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию».

Количественные и качественные параметры процессов рубцового метаболизма определяли методом *in vivo*.

Интенсивность процессов рубцового пищеварения у бычков изучена путем отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления и отфильтрованного через четыре слоя марли. В жидкой части рубцового содержимого определяли: концентрацию ионов водорода (рН) – по ГОСТу 26180-84 п.3; общий азот – по ГОСТу 13496.4-93 п. 3 с применением автоматического анализатора UDK 159 (VELP, Италия); концентрацию аммиака – микродиффузным методом в чашках Конвея; общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама.

Кровь для анализа отбиралась в утренние часы кормления, стабилизировалась трилоном-Б (2,0-2,5 ед./мл). Биохимические показатели крови определяли с помощью биохимического анализатора Accent 200, гематологические показатели – на анализаторе URIT-3000Vet Plus.

Статистическая обработка результатов анализа была проведена с учётом критерия достоверности по Стьюденту.

Результаты эксперимента и их обсуждение. На протяжении всего опыта подопытные животные получали смесь кукурузного силоса и сенажа из злаковых растений и комбикорм (таблица 2).

Отличие между контрольной и опытными группами заключалось в том, что в контрольной группе животные получали серноокислый цинк, а в опытных группах серноокислый цинк был заменён на глицинат цинка в количестве 50 %, 75 и 100 % от скармливаемого серноокислого цинка. Силос животные получали вволю, комбикорм – нормированно.

В структуре рациона на долю концентрированных кормов приходилось 32 % по питательности. Травяные корма в структуре рациона занимали 68 %. Проведение контрольных кормлений показало, что концентрированные корма животные съедали полностью. Потребление травяных кормов было выше в опытных группах.

Таблица 2 – Рацион подопытных животных

Корма и питательные вещества	Группы животных			
	I	II	III	IV
Силосно-сенажная смесь	13,22	13,32	13,47	13,51
Комбикорм КР-3	2,00	2,00	2,00	2,00
В рационе содержится:				
Корм. ед.	7,14	7,18	7,24	7,25
Обменная энергия, КРС, МДж	81,9	82,3	83,0	83,2
Сухое вещество, г.	7,66	7,71	7,78	7,79
Сырой протеин, г	805,1	809,8	816,9	818,8
Сырой жир, г	240,8	242,2	244,3	244,9
Сырая клетчатка, г	1441,0	1451,2	1466,6	1470,7
БЭВ, г	4680	4705	4742	4752
Кальций, г	62,91	63,28	63,84	63,99
Фосфор, г	28,39	28,52	28,71	28,76
Магний, г	13,18	13,26	13,38	13,41
Калий, г	100,3	101,0	102,0	102,3
Сера, г	13,18	13,26	13,38	13,41
Железо, мг	1074	1081	1092	1095
Медь, мг	192	192	193	193
Цинк, мг	257	258	259	260
Марганец, мг	416	418	421	422
Кобальт, мг	2,80	2,80	2,80	2,81
Йод, мг	1,86	1,87	1,88	1,88

В среднем в сутки подопытный молодняк получал 7,7-7,9 кг/голову сухого вещества рациона. Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона опытных групп составило 10,5 МДж/кг. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 11,3 %. Количество клетчатки в сухом веществе составило 20 %.

Влияние различных солей цинка и норм ввода их в состав комбикормов на протекание обменных процессов в рубце изучалось по изменению показателей рубцовой жидкости. Анализ данных рубцовой жидкости показал, что рубцовое пищеварения у животных опытных групп отличалось незначительно (таблица 3). У животных опытных групп отмечено повышение уровня рН на 1,1-3,2 % и общего азота на 1,2-3,9 %. В то же время установлено снижение содержания аммиака на 0,9-3,0 % и летучих жирных кислот на 2,3-3,4 %. Однако отмеченные различия были недостоверны.

Таким образом, несмотря на некоторые изменения в протекании процессов пищеварения в рубце животных, все показатели находились в пределах нормы.

Таблица 3 – Показатели рубцового пищеварения

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
pH	6,31±0,14	6,45±0,23	6,38±0,30	6,51±0,23
ЛЖК, ммоль/100 мл	11,6±1,5	11,2±1,60	11,33±0,22	11,26±0,37
Аммиак, мг/100 мл	22,6±1,20	21,93±2,05	22,26±0,68	22,39±1,54
Азот общий, мг/100 мл	129,5±8,5	131±4	134,5±4,5	133,5±8,5

В конце опыта для изучения физиологического состояния подопытных животных были отобраны и исследованы образцы крови (таблица 4). Как показали исследования, гематологические показатели находились в пределах физиологических норм.

Таблица 4 – Морфо-биохимические показатели крови подопытных животных

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Эритроциты, $10^{12}/л$	6,32±0,23	6,41±0,27	6,6±0,16	6,53±0,23
Гемоглобин, г/л	114±5,51	115,67±4,37	116,33±4,37	115,33±5,48
Общий белок, г/л	76,47±3,13	75,93±2,26	77,77±3,06	76,47±2,30
Глюкоза, ммоль/л	2,83±0,09	2,77±0,09	2,93±0,12	2,9±0,23
Мочевина, ммоль/л	3,99±0,28	3,79±0,16	3,92±0,20	3,89±0,20
Кальций общий, ммоль/л	2,89±0,14	2,95±0,09	3±0,16	3,01±0,07
Фосфор неорганический, ммоль/л	1,8±0,18	1,77±0,11	1,85±0,06	1,74±0,13

Использование органических и неорганических солей цинка в составе комбикормов не оказало значительного влияния на состав крови животных. У молодняка опытных групп отмечено повышение уровня эритроцитов на 1,4-4,4 %, гемоглобина – на 1,2-2,0 и кальция – на 2,1-4,2 %. В то же время концентрация мочевины снизилась на 1,8-5,0 %. Однако отмеченные различия были недостоверны.

Контроль за живой массой подопытных животных осуществлялся путём проведения взвешиваний животных. В результате установлено влияние солей цинка на продуктивность животных (таблица 5).

Изучение динамики роста молодняка крупного рогатого скота показало, что включение в состав рациона различных доз глицината цинка оказало положительное влияние на энергию роста животных. Так, у животных, получавших соль в органической форме, установлено увеличение энергии роста на 1,3-3,7 %.

Таблица 5 – Динамика живой массы и эффективность использования кормов подопытным молодняком

Показатель	Группа			
	I	II	III	IV
Живая масса:				
в начале опыта, кг	259,3±1,3	256,4±2,50	258,4±1,90	263±1,90
в конце опыта, кг	336,5±2,1	334,7±3,40	338±3,40	343,2±3,10
Валовой прирост, кг	77,3±1,9	78,3±1,80	79,6±2,20	80,2±2,20
Среднесуточный прирост, г	859±20,7	870±19,9	884,5±24,7	891,1±24,8
В % к контролю	100	101,3	103,0	103,7
Затраты кормов на 1 кг прироста, к. ед.	8,31	8,25	8,18	8,14
% к контролю	-	99,3	98,4	98,0

Более высокая продуктивность отмечена у молодняка III и IV опытных групп. Также в этих группах более эффективно использовались питательные вещества рациона. Благодаря этому затраты кормов в этих группах были ниже, чем в первой на 1,6-2,0 % и составили 7,31 и 7,28 к. ед., в то время как в контрольной группе этот показатель был равен 7,43 к. ед.

Заключение. Использование органической формы цинка вместо сернокислого цинка в количестве 50 %, 75 и 100 % в рационах молодняка крупного рогатого скота 9-12-месячного возраста способствовало повышению уровня рН на 1,1-3,2 % и общего азота на 1,2-3,9 % в рубцовой жидкости. В то же время отмечено снижение количества аммиака на 0,9-3,0 % и летучих жирных кислот на 2,3-3,4 %. Применение хелатной формы цинка в рационах молодняка крупного рогатого скота позволило повысить продуктивность животных на 1,3-3,7 % при снижении затрат кормов на 1 кг прироста на 0,7-2,0 %.

Литература

1. Влияние скармливания белково-энергетической добавки на физиологическое состояние и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / А. И. Глинкова, 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 науч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Брянск, 2023. – С. 213-220.
2. 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, 2022. – С. 247-252.
3. Типовая зооигиеническая система управления качеством свиноводческого комплекса / А. А. Хоченков, Д. Н. Ходосовский, В. В. Соляник, В. А. Безмен, И. И. Рудаковская, А. Н. Соляник, А. С. Петрушко, Т. А. Матюшонок, С. В. Соляник, М. В. Джумкова, Л. А. Танана, А. И. Шамонина, М. В. Пестис, Р. Г. Труховский ; Научно-практический

центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2021. – 44 с.

4. Джумкова, М. В. Органолептическая оценка мясосальной продукции, полученной от свиней 2-й и 4-й категорий / М. В. Джумкова // Учёные записки ВГАВМ. – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 76-81.

5. Влияние скармливания 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, 2023. – С. 172-177.

6. Влияние скармливания нового заменителя обезжиренного молока на эффективность выращивания телят / А. М. Глинкова, А. Н. Кот, М. В. Джумкова, И. В. Богданович, В. А. Люндышев, А. В. Астренков, Л. Н. Гамко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 52-57.

7. Выращивание телят с использованием заменителей молока с разным содержанием лактозы / И. В. Богданович, А. В. Астренков, Е. И. Приловская, Т. М. Натычник, В. А. Томчук, В. В. Данчук, Л. В. Кладницкая, А. В. Пашенко // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VI Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2020. – С. 452-455.

8. Джумкова, М. В. Эффективность откорма молодняка свиней и выбракованных свиноматок до тяжёлых весовых кондиций в условиях промышленной технологии : дисс. ... канд. с.-х. наук / М. В. Джумкова ; Научно-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2021. – 170 с.

9. Богданович, И. В. Система выращивания телят с включением в рацион дроблёного зерна кукурузы / И. В. Богданович // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 28-32.

10. 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. – Жодино, 2023. – Т. 58, ч. 1. – С. 160-171.

11. Кормление молодняка крупного рогатого скота с использованием местных источников протеина / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Г. В. Бесараб, М. В. Джумкова, А. К. Натыров, Н. И. Мороз, С. Н. Пиллюк, Т. М. Натычник, Е. И. Приловская // Модернизация аграрного образования : сб. науч. тр. по материалам VII Междунар. науч.-практ. конф. – Томск-Новосибирск, 2021. – С. 1102-1105.

12. Кормовые концентраты для коров / А. Н. Кот, В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва, Е. О. Гливанский, М. В. Джумкова, Н. А. Шарейко, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, В. О. Лемешевский // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2021. – С. 143-150.

13. Совершенствование рационов нетелей в летний и зимний периоды / В. П. Цай, Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, А. М. Глинкова, Д. В. Медведева, В. О. Лемешевский // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2023. – С. 222-227.

14. 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, 2023. – С. 16-22.

15. Влияние осоложенного зерна на поедаемость кормов и продуктивность коров / И. В. Богданович, С. Н. Пиллюк, 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, 2020. – С. 449-453.

16. 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, 2022. – С. 152-157.

17. 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, 2022. – С. 252-256.

18. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота, выращенного на заменителе сухого обезжиренного молока и заменителе цельного молока в послемолочный период / Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалаева, И. В. Богданович, С. Н. Пилюк, М. В. Джумкова, В. О. Лемешевский, И. В. Яночкин, Е. И. Приловская // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2021. – Т. 56, ч. 2. – С. 3-13.

19. Эффективность скармливания молодняку крупного рогатого скота разных сапропелей / И. В. Богданович, С. А. Ярошевич, Е. П. Симоненко, В. А. Томчук, В. В. Данчук, В. И. Передня, Е. Л. Жилич, В. А. Ляндышев // Инновации в животноводстве – сегодня и завтра : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. – Жодино, 2019. – С. 210-215.

20. Микроэлементный состав мяса и внутренних органов откормочного молодняка свиней / А. А. Хоченков, М. В. Джумкова, Д. Н. Ходосовский, А. С. Петрушко, Т. А. Матюшенок // Учёные записки учреждения ВГАВМ. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 130-133.

21. Влияние кратности кормления на использование протеина и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, В. П. Цай, Д. В. Медведева, В. А. Трокоз, В. И. Карповский, С. Г. Зиновьев // Актуальні проблеми підвищення якості та безпека виробництва й переробки продукції тваринництва : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпр, 2021. – С. 92-97.

22. Богданович, И. В. Эффективность производства говядины при включении в рацион цельного зерна кукурузы / И. В. Богданович // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2022. – Т. 57, № 1. – С. 168-176.

23. Повышение кормовой ценности комбикормов для телят / Г. Н. Радчикова, А. Н. Кот, И. В. Богданович, А. К. Натъров, 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». – Солёное Займище, 2021. – С. 1448-1453.

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

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, 2020. – С. 212-216.

26. Портной, А. И. Жирорастворимые витамины в составе сыворотки крови бычков при выращивании с использованием сборного нетоварного молока / А. И. Портной, О. А. Василевская // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 25–27 мая 2023 года. – Горки, 2023. – С. 307-311.

27. Нормы кормления крупного рогатого скота / Н. А. Попков, В. Ф. Радчиков, А. И.

Саханчук [и др.] – Жодино : Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2011. – 260 с. – ISBN 978-985-6895-10-7.

28. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е. Н. Мальчевская, Г. С. Миленькая. – Минск : Ураджай, 1981. – 143 с.

Поступила 4.04.2024 г.

УДК 636.2.084.41:636.087.72/.74

А.Н. КОТ¹, Б.К. САЛАЕВ², А.К. НАТЫРОВ², Б.С. УБУШАЕВ²,
Н.Н. МОРОЗ², А.А. РАЙХМАН³, А.Г. МАРУСИЧ³, Е.А. ЛЁВКИН⁴,
Е.А. ДОЛЖЕНКОВА⁴

БАЛАНСИРОВАНИЕ РАЦИОНОВ РЕМОУТНЫХ ТЁЛОК ЗА СЧЁТ МЕСТНЫХ БЕЛКОВЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*
²*Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова,
г. Элиста, Россия*

³*Белорусская государственная орденов Октябрьской революции
и Трудового Красного знамени сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Республика Беларусь*

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

Производство комбикормов с включением различных белковых, минеральных и биологически активных добавок позволяет полностью удовлетворить потребности животных в различных элементах питания. В настоящее время в Республике Беларусь возделываются новые сорта рапса, люпина и других высокобелковых кормовых средств с минимальным количеством антипитательных веществ. Зерно этих культур способно заменить в существующих добавках дефицитные и дорогостоящие компоненты, такие как подсолнечный и соевый шрот. В ходе исследований разработаны кормовые добавки, содержащие новые источники белка, энергии, минеральных и биологически-активных веществ, которые позволяют производить комбикорма для ремонтных тёлочек 12-16 месячного возраста, не уступающие по кормовой и питательной ценности стандартным комбикормам КР-3. Скармливание этих добавок животным в количестве 25 % по массе в составе комбикорма на фоне зимних рационов даёт возможность повысить среднесуточный прирост живой массы на 7,0 % при снижении затрат кормов на его получение на 6,7 %.

Ключевые слова: зерно рапса, люпина, комбикорм, ремонтные тёлочки, рационы, кровь, приросты, затраты кормов.

A.N. KOT¹, B.K. SALAEV², A.K. NATYROV², B.S. UBUSHAEV²,
N.N. MOROZ², A.Y. RAIKHMAN³, A.G. MARUSICH³, E.A. LEVKIN⁴,
E.A. DOLZHENKOVA⁴

BALANCING THE DIETS OF REPLACEMENT HEIFERS THROUGH LOCAL PROTEIN MINERAL SUPPLEMENTS

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

²*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia*

³*Belarusian State Agricultural Academy, Gorky, Republic of Belarus*

⁴*Vitebsk State Academy for Veterinary Medicine,
Vitebsk, Republic of Belarus*

Manufacturing of compound feed containing various protein, mineral and biologically active supplements makes it possible to fully satisfy the needs of animals for various nutritional elements. Currently, new varieties of rape, lupine and other high-protein forages with a minimum amount of anti-nutrients are being cultivated in the Republic of Belarus. Grains of these crops can replace scarce and expensive components such as sunflower and soybean meal in existing supplements. In the course of research, feed supplements containing new sources of protein, energy, mineral and biologically active substances were developed. This allows for production of compound feed for replacement heifers of 12-16 months of age, which is not inferior in feed and nutritional value to standard compound feed KR-3. Feeding these supplements to animals in the amount of 25% by weight of compound feed during the winter season makes it possible to increase the average daily gain in live weight by 7.0% with a decrease in feed costs by 6.7%.

Keywords: rape seed, lupine seed, compound feed, replacement heifers, diets, blood, gains, feed costs.

Введение. Полноценное кормление крупного рогатого скота непосредственно влияет на прирост молодняка и увеличение массы взрослых особей, суточный удой, репродуктивные функции и многие другие показатели [1, 2, 3, 4]. Грамотно составленный рацион должен включать необходимое количество питательных веществ (витамины, минералы), при этом важно, чтобы они поступали в форме, которую животным было бы удобно потреблять и легко усваивались [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Производство комбикормов с включением различных белковых, минеральных и биологически активных добавок позволяет полностью удовлетворить потребности животных в различных элементах питания и повышать коэффициент полезного действия кормов [13, 14, 15]. Также лучше использовать различного рода обогатители и дополнительные

источники питательных веществ, производить на основе зернофуража и БВМД комбикорма, не уступающие по качеству приготовленным на комбикормовых заводах [16, 17, 18, 19].

В настоящее время в Республике Беларусь возделываются новые сорта рапса, люпина, гороха и других высокобелковых кормовых средств с минимальным количеством антипитательных веществ [20, 21, 22, 23]. Однако до настоящего времени накоплено недостаточно экспериментального материала, позволяющего широко использовать указанное зерно в составе кормовых добавок для обогащения зернофуража [24, 25, 26]. В связи с этим назрела необходимость по замене в существующих добавках дефицитных и дорогостоящих компонентов (подсолнечный и соевый шрот) более дешёвыми источниками белка, энергии и минерально-витаминного сырья. Поэтому необходима разработка белково-витаминно-минеральной добавки (БВМД) с оптимальным соотношением местных белковых, энергетических и минеральных компонентов, что является новизной исследований [27, 28, 29, 30].

Цель работы – изучить эффективность скармливания белково-витаминно-минеральных добавок (БВМД) на основе зерна рапса, люпина местной селекции и минерально-витаминного премикса в составе комбикормов молодняка крупного рогатого скота, выращиваемого на племенные цели.

Материал и методика исследований. Для научно-хозяйственного опыта было отобрано 40 голов ремонтных тёлочек в возрасте 12 месяцев (две группы по 20 голов в каждой) (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных, голов	Возраст, мес.	Особенности кормления
I контрольная	20	12-16	ОР (сенаж, патока) + комбикорм КР-3 с включением подсолнечного шрота в количестве 10% по массе
II опытная	20	12-16	ОР + комбикорм КР-3 с включением БВМД в количестве 25% по массе

Различия в кормлении заключались в том, что молодняк контрольной группы получал сенаж, патоку и комбикорм КР-3 с включением подсолнечного шрота в количестве 10 % по массе, а тёлки II опытной группы – комбикорм КР-3 с включением БВМД в количестве 25 % по массе.

В состав БВМД включены (% по массе): рапс – 20, люпин – 54,

витамино-минеральная добавка – 26. Зерно рапса и люпина подвергали экстракции с целью снижения расщепляемости протеина в рубце.

Результаты и эксперимента и их обсуждение. В 1 кг БВМД содержалось: 0,9 кормовых единиц, 9,3 МДж обменной энергии, 0,74 кг сухого вещества, 329 г сырого протеина, 27 г жира, 40 г сахара, 30 г кальция, 15 г фосфора.

Состав суточных рационов ремонтных тёлочек по фактически съеденным кормам был следующим: комбикорм – 2,5 кг, кукурузный силос – 12,6-12,7 кг, патока – 0,5 кг. В рационах тёлочек содержалось 5,7-5,9 к. ед., 60,5-62,1 МДж обменной энергии, 805,6-815,1 г сырого протеина, 464,3-471,0 г сахара. В структуре рационов комбикорма составили 49-51 %, силос – 42-46, патока – 5-7 % по питательности.

Соотношение расщепляемого протеина к нерасщепляемому в рационе тёлочек контрольной группы составило 68:32, в опытной – 61:39. Это объясняется тем, что добавки, входящие в комбикорма, подвергали экстракции.

В таблице 2 представлен морфо-биохимический состав крови тёлочек.

Таблица 2 – Морфо-биохимический состав крови

Показатели	Группа	
	I	II
Общий белок, г/л	72,9±1,8	73,8±0,9
Гемоглобин, г/л	9,6±0,6	9,75±0,7
Эритроциты, $10^{12}/л$	7,8±0,3	7,9±0,5
Лейкоциты, $10^9/л$	8,6±0,4	8,4±0,6
Резервная щёлочность, мг%	473,5±9,5	481,0±7,5
Мочевина, ммоль/л	2,8±0,3	2,6±0,5
Сахар, ммоль/л	6,8±0,4	7,1±0,6
Кальций, ммоль/л	3,0±0,4	3,1±0,5
Фосфор, ммоль/л	1,3±0,1	1,4±0,3
Магний, ммоль/л	0,9±0,08	1,0±0,5
Сера, ммоль/л	25,1±0,6	25,9±0,7
Медь, мкмоль/л	1,1±0,03	0,90±0,6
Цинк, мкмоль/л	3,9±0,2	4,0±0,3
Каротин, ммоль/л	0,4±0,03	0,5±0,04
Альбумины, г/л	39,9±1,9	40,1±1,8
Глобулины, г/л	33,0±2,0	33,7±1,9

Данные показатели находились в пределах физиологических норм и составили: общий белок – 72,9-73,8 г/л, гемоглобин – 9,6-9,75 г/л, эритроциты – 7,8-7,9 $\times 10^{12}/л$, лейкоциты – 8,4-8,6 $\times 10^9/л$, резервная щёлочность – 473,5-481,0 мг%, мочевина – 2,6-2,8 ммоль/л, сахар – 6,8-7,1

ммоль/л, кальций – 3,0-3,1 ммоль/л, фосфор – 1,3-1,4 ммоль/л, магний – 0,9-1,0 ммоль/л, сера – 25,1-25,9 ммоль/л, медь – 0,9-1,1 мкмоль/л, цинк – 3,9-4,0 мкмоль/л, каротин – 0,4-0,5 ммоль/л, альбумины – 39,9-40,1 г/л, глобулины – 33,0-33,7 г/л.

Включение в состав комбикорма БВМД в количестве 25 % по массе обеспечило увеличение среднесуточного прироста тёлочек на 5,0 % при снижении затрат кормов на 6,7 % (таблица 3).

Таблица 3 – Живая масса и среднесуточные приросты животных

Показатель	Группа	
	I	II
Живая масса, кг:		
в начале опыта	312±3,8	313±4,2
в конце опыта	406±4,3	412±4,6
Валовой прирост, кг	94±6,1	99±6,3
Среднесуточный прирост, г	782±14	821±18
% к контролю	100,0	105,0
Затраты кормов на 1 ц прироста, ц к. ед.	7,5	7,0
% к контролю	100,0	93,3

Вывод. Разработаны кормовые добавки, содержащие новые источники белка, энергии, минеральных и биологически-активных веществ, позволяющие приготовить комбикорма для ремонтных тёлочек 12-16-месячного возраста, не уступающие по кормовой и питательной ценности стандартным комбикормам КР-3. Скармливание разработанных БВМД тёлочкам в количестве 25 % по массе в составе комбикорма на фоне зимних рационов даёт возможность повысить их среднесуточный прирост живой массы на 7,0 % при снижении затрат кормов на его получение на 6,7 %.

Литература

1. Микроэлементные добавки в рационах бычков / В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалёва, С. А. Ярошевич, В. А. Люндышев // Сельское хозяйство. – 2011. – № 1. – С. 159-163.
2. Радчиков, В.Ф. Новые ферментные препараты в кормлении молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков. – Жодино, 2003. – 72 с.
3. Эффективность скармливания дробилки в рационах телят / В. Ф. Радчиков, А. М. Глинкова, Г. В. Бесараб, А. Н. Кот, В. И. Акулич, Н. А. Яцко, С. Н. Пиллок // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогигиена, содержание. – С. 36-43.
4. Энергетическое питание молодняка крупного рогатого скота : моногр. / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. К. Гурин, В. О. Лемешевский, А. Н. Кот, Н. А. Яцко, Г. Н. Радчикова, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глинкова, Ю. Ю. Ковалевская, С. И. Кононенко, В. Н. Куртина, С. Н. Пиллок, Е. П. Симоненко, Н. А. Шнитко, С. А. Ярошевич, В. М. Будько, А. Н. Шевцов, Г. В. Бесараб ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. –

Жодино, 2014. – 166 с.

5. 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. – Жодино, 2021. – 21 с.

6. Радчиков, В.Ф. Совершенствование системы полноценного кормления молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков. – Барановичи, 2003. – 190 с.

7. 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. – Жодино, 2002. – Т. 37. – С. 173-176.

8. Использование энергии рационов бычками при включении хелатных соединений микроэлементов в состав комбикормов / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, Н. И. Масолова, А. М. Глинкова, И. В. Сучкова, В. В. Букас, Л. А. Возмитель // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2015. – Т. 50, ч. 2 : Технология кормов и кормления, продуктивность. Технология производства, зоогигиена, содержание. – С. 43-52.

9. Эффективность включения в рацион телят заменителя сухого обезжиренного молока / В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, М. В. Джумкова, Л. Н. Гамко, А. Г. Менякина, О. Ф. Ганущенко, В. Г. Микулёнок // Инновации в отрасли животноводства и ветеринарии : сб. Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск, 2021. – С. 263-271.

10. 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. Сложеникина // Аграрно-пищевые инновации. – 2020. - № 2 (10). – С. 50-61.

11. Конверсия энергии рационов бычками в продукцию при использовании органических микроэлементов / В. К. Гурин, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. А. Люндышев // Известия Горского ГАУ. – 2015. – Т. 52, № 4. – С. 83-88.

12. Протеиновое питание молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, Ю. Ю. Ковалевская, В. К. Гурин, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалёва, А. М. Глинкова, В. О. Лемешевский, В. Н. Куртина ; Науч.-практический центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Жодино, 2013. – 119 с.

13. 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.

14. Организация полноценного кормления сельскохозяйственных животных с использованием органических микроэлементов / И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, А. И. Саханчук, С. А. Линкевич, Е. Г. Кот, С. П. Воронин, Д. С. Воронин, В. В. Фесина // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. - № 3. – С. 80-86.

15. Экструдированный обогатитель на основе льносемени и ячменной крупки в рационах телят / В. Ф. Радчиков, О. Ф. Ганущенко, В. К. Гурин, С. Л. Шинкарёва, В. А. Люндышев // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2015. – № 1. – С. 92-97.

16. Переваримость кормов и продуктивность телят в зависимости от скармливаемого зерна / В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, В. А. Медведский, О. Ф. Ганущенко, И. В. Сучкова, В. Н. Куртина, В. В. Букас // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : материалы 83-й Междунар. науч.-практ. конф. – Ставрополь, 2018. – С. 103-111.

17. Сушёная 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. – Гродно, 2018. – С. 161-163.

18. Использование в рационах бычков силоса, заготовленного с концентратом-обогабителем / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, А. Н. Кот, Г. В. Бесараб, В. А. Медведский, В. Г.

Стояновский // Актуальні питання технології продукції тваринництва : зб. ст. за результатами II Всеукр. Наук.-практ. інтернет-конференції, 26-27 жовтня 2017 року. – Полтава, 2017. – С. 78-84.

19. Экструдированный пищевой концентрат в рационах молодняка крупного рогатого скота : монография / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, В. П. Цай, О. Ф. Ганушенко, А. Н. Кот, Т. Л. Сапсалаёва. – Жоди́но, 2017. – 118 с.

20. Особенности рубцового пищеварения нетелей при скармливании рационов в летний и зимний периоды / В. П. Цай, В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, А. Н. Кот, А. М. Гли́нкова, В. М. Будько // Фундаментальные и прикладные проблемы повышения продуктивности животных и конкурентоспособности продукции животноводства в современных экономических условиях АПК РФ : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ульяновск, 2015. – Т. 1: Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов. – С. 300-303.

21. Энерго-протеиновый концентрат в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, В. П. Цай, Т. Л. Сапсалаёва, С. Л. Шинкарёва // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию юбилею фак. технол. менеджмента. – Ставрополь : АГРУС, 2014. – С. 208-213.

22. Продукты переработки рапса в рационах молодняка крупного рогатого скота / С. И. Кононенко, И. П. Шейко, В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалаёва, А. М. Гли́нкова // Сборник научных трудов СКНИИЖ. – Краснодар, 2014. – Вып. 3. – С. 136-141.

23. Технология получения конкурентоспособной говядины от мясного скота в условиях поименного 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. Пилюк. – Жоди́но, 2015. – 92 с.

24. Комбикорм КР-3 экструдированным обогатителем в рационах бычков на откорме / В. Ф. Радчиков, С. Л. Шинкарёва, В. К. Гурин, О. Ф. Ганушенко, С. А. Ярошевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2014. – Вып. 17, ч. 1. – С. 114-123.

25. Кормовые добавки с сапропелем в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В. И. Передня, В. Ф. Радчиков, В. П. Цай, В. К. Гурин, А. Н. Кот, В. Н. Куртина // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. тем. сб. – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 150-155.

26. 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. – Гродно, 2014. – Т. 26. – С. 246-257.

27. 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., 15-17 мая 2013 г. – Краснодар, 2013. – Ч. 2. – С. 151-155.

28. Важный источник протеина для молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, Т. Л. Сапсалаёва, Д. В. Гурина, Л. А. Возмитель, В. В. Букас // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно : ГГАУ, 2016. – Т. 35: Зоотехния. – С. 151-157.

29. Кормовые добавки из местного сырья – источник дешёвого протеина в рационах молодняка крупного рогатого скота / В. Ф. Радчиков, В. К. Гурин, В. П. Цай, А. Н. Кот, В. Н. Куртина // Известия ФГБОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет». – 2016. – Т. 53, № 2. – С. 99-104.

Поступила 8.04.2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Портной А.И., Шейко И.П. Республиканскому унитарному предприятию «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» 75 лет!	3
ГЕНЕТИКА, РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, БИОТЕХНОЛОГИЯ РАЗМНОЖЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВО	
Богданович Д.М., Петрушко Е.В. Кинематика подвижности спермы козлов-производителей, трансгенных по гену рекомбинантного лактоферрина	7
Богданович Д.М., Плавский В.Ю., Будевич А.И., Януж Н.В., Сапсалёв С.А. Влияние лазера красной области спектра на физико-химические показатели спермы хряков	13
Василюк О.Я., Гридюшко И.Ф., Шейко И.П., Бальников А.А. Взаимосвязи количественных признаков продуктивности свиной материнских пород и их линий	20
Василюк О.Я., Гридюшко И.Ф., Шейко И.П., Бальников А.А., Орловская Е.В. Комплексная программа совершенствования и использования селекционных стад свиней белорусской крупной белой породы в племенных предприятиях республики	29
Голубец Л.В., Якубец Ю.А., Дешко А.С., Гайсенек Е.Л., Касницкий В.В. Эффективность трансплантации эмбрионов коров в зависимости от их качества, стадии развития и сезона года	39
Голубец Л.В., Якубец Ю.А., Дешко А.С., Гайсенек Е.Л., Касницкий В.В. Эффективность трансплантации эмбрионов в зависимости от категории донора и быка, используемого для осеменения	47
Леткевич Л.Л., Симоненко В.П., Ганджа А.И., Кириллова И.В., Ракович Е.Д., Журина Н.В., Ковальчук М.А. Развитие яйцеклеток коров после процедуры ИКСИ	55
Невар К.В. Биометрические модели и селекционно-генетические параметры селекционируемых признаков популяции племенных свиней	63
Пайтеров С.Н., Богданович Д.М., Сапсалев С.А., Кирикович Ю.К., Пайтерова О.В. Влияние квантов света синего и красного видимого спектра на эффективность эмбриотрансплантации крупного рогатого скота	74

Пайтерова О.В., Будевич А.И., Кирикович Ю.К., Жук Н.Ф. Сохранность и приживляемость замороженно-оттаянных эмбрионов крупного рогатого скота при использовании L-карнитина в составе среды для извлечения зародышей	82
Рудак А.Н., Герман А.И., Герман Ю.И. Использование полиморфизма STR-локусов для прогнозирования спортивной работоспособности лошадей	89
Храмченко Н.М., Невар К.В., Садовская Т.Н. Использование экономических комплексных индексов племенной ценности в свиноводстве	95
Шейко И.П., Приступа Н.В., Янович Е.А., Аниховская И.В., Каскасиан М.А. Продуктивные качества свиней породы ландрас в племенных хозяйствах Беларуси	103
ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВ И КОРМЛЕНИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ	
Богданович И.В. Выращивание молодняка крупного рогатого скота в молочный период с использованием зерна кукурузы	112
Глинкова А.М., Сложенкина М.И., Мосолов А.А., Пилюк Н.В., Измайлович И.Б., Садомов Н.А., Медведская Т.В., Радчикова Г.Н., Джумкова М.В., Астренков В.В. Эффективность рационов с повышенной нормой обменной энергии в кормлении молодняка крупного рогатого скота	121
Голуб И.А., Маслинская М.Е., Радчиков В.Ф., Сапсалёва Т.Л., Ткачёва И.В., Шарейко Н.А., Бесараб Г.В. Влияние жмыха льна масличного на физиологическое состояние молодняка крупного рогатого скота и переваримость питательных веществ корма	131
Дашкевич М.А., Буштевич В.Н., Гавриленко В.П., Трошина А.Д., Углик Т.А. Морфологические показатели ассимиляционного аппарата растений тритикале озимого и их связь с урожайностью зеленой массы	141
Евсеенко Е.Е. Использование сухой добавки кормовой, содержащей наноселен, в рационах молодняка свиней	151
Евсеенко Е.Е., Шваб Л.А. Использование препаратов наноселена в рационах свиней на откорме	159
Карпеня М.М., Орехво Д.А., Клундук Л.Ф., Подрез В.Н., Радчиков В.Ф., Карпеня С.Л., Горovenko М.В., Ногина Т.Н., Шамич Ю.В. Оптимизация витаминно-минерального питания высокопродуктивных коров	168

Карпеня М.М., Радчиков В.Ф., Шамич Ю.В., Хоченков А.А., Карпеня С.Л., Подрез В.Н., Крыцына А.В. Формирование продуктивных качеств племенных быков при разной обеспеченности биологически активными веществами	175
Козинец А.И. Влияние кормовой добавки «Адсорбент микотоксинов «Беласорб» на морфо-биохимический состав крови телят	183
Козинец А.И., Козинец Т.Г., Капитонова Е.А., Голушко О.Г., Райхман А.Я., Надаринская М.А., Гринь М.С., Ковалёва С.А., Мазюк Н.В., Джумкова М.В. Продуктивность и гематологические показатели крови молодняка крупного рогатого скота при использовании в рационах коровой добавки MDK	192
Козинец А.И., Надаринская М.А., Капитонова Е.А., Голушко О.Г., Козинец Т.Г., Ковалева С.А., Гринь М.С. Эффективность снижения количества соевого шрота в составе комбикорма-концентрата КР-1	200
Козинец А.И., Надаринская М.А., Капитонова Е.А., Голушко О.Г., Козинец Т.Г., Ковалева С.А., Гринь М.С., Мазюк Н.В. Кормовая добавка с наночастицами селена в составе рационов для молодняка крупного рогатого скота	211
Кот А.Н., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Мосолов А.А., Натыров А.К., Мороз Н.Н., Радчикова Г.Н., Глинкова А.М., Карелин В.В. Поедаемость кормов и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при разной кратности кормления	220
Кот А.Н., Радчиков В.Ф., Салаев Б.К., Натыров А.К., Серяков И.С., Копытков А.Н., Петров В.И., Бесараб Г.В., Натынчик Т.Н. Цинк в форме органического соединения в кормлении молодняка крупного рогатого скота	232
Кот А.Н., Салаев Б.К., Натыров А.К., Убушаев Б.С., Мороз Н.Н., Райхман А.Я., Марусич А.Г., Лёвкин Е.А., Долженкова Е.А. Балансирование рационов ремонтных тёлочек за счёт местных минеральных добавок	242

Научное издание

ЗООТЕХНИЧЕСКАЯ НАУКА БЕЛАРУСИ

Сборник научных трудов

Том 59

Часть 1

Ответственный за выпуск, ведущий редактор М.В. Джумкова
Переводчик А.В. Власик

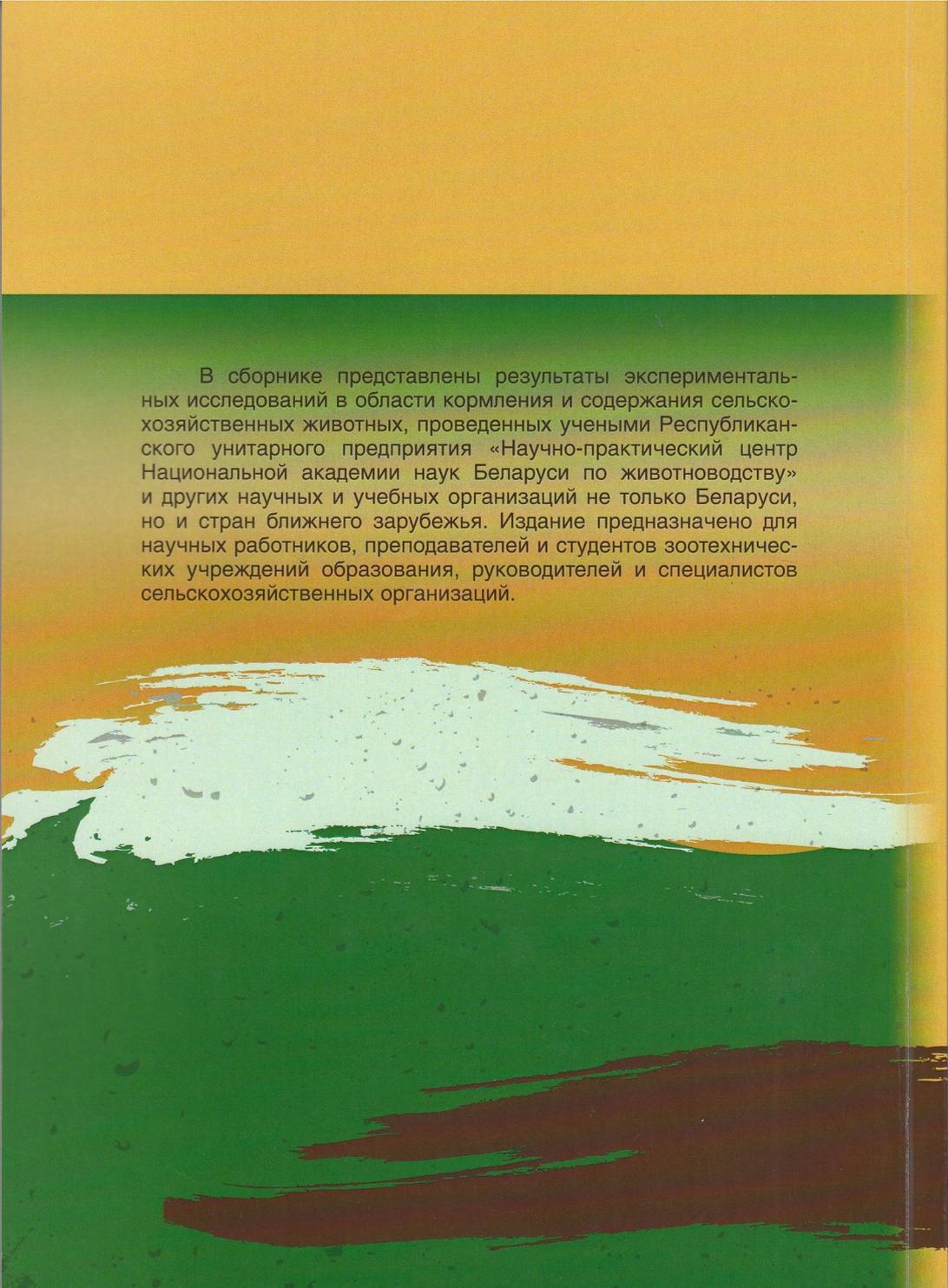
Подписано в печать 31.07.2024 г. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Усл.-печ. л. 14,65. Уч.-изд. л. 13,82
Тираж 100 экз. Заказ №

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

The background of the page is an abstract composition of broad, expressive brushstrokes. At the top, there is a solid yellow band. Below it, a large green area is defined by a thick, white, textured brushstroke that runs horizontally across the middle. The bottom portion of the page features a dark brown or maroon brushstroke, also running horizontally. The overall effect is that of a hand-painted or artistically rendered background.

В сборнике представлены результаты экспериментальных исследований в области кормления и содержания сельскохозяйственных животных, проведенных учеными Республиканского унитарного предприятия «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.