
УДК 636.084.1/3:577.12:579.64

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БИОЛОГИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Кальницкий Б.Д.¹, Калашников В.В.²

¹Институт физиологии, биохимии и питания с.-х. животных, РАСХН, Боровск

²Россельхозакадемия, Москва, Россия

Любой технологический приём, связанный с кормлением и содержанием животных, в конечном счете является эффективным, если он биологически обоснован и соответствует физиологическим возможностям организма. Отсюда вытекает важность и значимость тех биологических проблем, которые представлены на обсуждение конференции.

Одной из основных задач биологической науки в области животноводства было и есть познание биологической сущности высокой продуктивности животных, т.е. выяснение фундаментальных различий функций у высоко- и низкопродуктивных животных, установление морфологических и биохимических механизмов регуляции этих функций, лежащих в основе высокой продуктивности. Нам важно знать, насколько генетически детерминирована высокая продуктивность и насколько другие факторы могут влиять на качество и количество получаемой продукции. Требуется выяснить, как влияет изменение направленности метаболических потоков в организме животных на их продуктивность, какие существуют резервы и возможности для получения животных с заданным потенциалом продуктивности, в том числе с помощью биотехнологических приемов.

Поэтапное решение этой задачи в предыдущие годы позволило выявить особенности переваривания корма в пищеварительном тракте, всасывания и метаболизма питательных веществ у высокопродуктивных животных, выявить возможности ферментной, субстратной и гормональной регуляции обмена веществ у сельскохозяйственных животных в связи с интенсивностью роста, продуктивностью и физиологическим состоянием, изучить молекулярно-биологические аспекты биосинтеза компонентов молока и мяса, разработать способы стимуляции роста, воспроизводительной и лактационной функций животных.

Важные этапы исследований в этом направлении включают в себя оптимизацию протеинового и энергетического питания жвачных животных, которая базируется на создании условий для эффективного синтеза микробного белка в преджелудках и максимального поступления белка корма в кишечник. Прежние нормы потребности в сыром и переваримом протеине в новой системе заменены физиологически более адекватными величинами потребности в метаболизируемом (обменном) протеине. В ней учитывается, что количество образующегося в рубце микробного протеина находится в прямой зависимости от обеспеченности процесса энергией. Для характеристики качественного состава протеина разработаны и унифицированы методы определения и даны параметры растворимости и распадаемости протеина в рубце жвачных животных по основным кормам.

Идентифицированы аминокислоты, в наибольшей степени лимитирующие синтез белков молока (метионин, фенилаланин, лизин, лейцин, треонин и гистидин). Эта группа аминокислот учитывается и нормируется в первую очередь для оптимизации обеспеченности высокопродуктивных коров аминокислотами по фазам лактации. Установленные нами данные по аминокислотному составу фракций протеина кормов, скорости освобождения отдельных аминокислот из нераспадаемой фракции протеина корма и скорости эвакуации кормовых частиц из преджелудков позволили определить доступность основных аминокислот из различных

белковых источников и, соответственно, разработать способы повышения конверсии протеина кормов в белок молока.

Согласно современным представлениям, нормирование нужно осуществлять таким образом, чтобы можно было предсказать ожидаемую реакцию животных (продукцию компонентов молока или динамику в теле жира и белка в течение воспроизводительного цикла) через количественное предсказание продуктов переваривания питательных веществ в желудочно-кишечном тракте, которые пойдут на образование составных частей молока. Для обеспечения полноценного питания высокопродуктивных коров необходимо знать не только химический состав кормов, но и биологическую доступность нутриентов.

Другим важным приоритетом в разработке прогрессивных систем нормирования является нормирование энергетического питания. Доказано, что эффективность конверсии энергии зависит от того, на какие физиологические функции она используется - на поддержание, лактацию, воспроизводство, рост и откармливание животных. Разная степень усвоения и использования ее на разные функции зависит от того, каким набором субстратов (нутриентов) обменная энергия представлена на данном типе рациона. Например, меньшая величина теплового инкремента (15,4%) имеет место в случае, если на поддержание используются преимущественно летучие жирные кислоты, на белковый синтез - аминокислоты и на жиरोотложение - липиды. Биохимическая эффективность превращения углеводов корма в жир молока составляет 67-70%, а эффективность превращения кормового жира в молочный жир - 94-97%. Значительная выгода может быть получена, если каждый орган будет снабжаться оптимальным набором необходимых, специфических для него нутриентов. Отсюда вытекает необходимость углубления наших знаний о потребностях в субстратах синтеза в отдельных органах и тканях.

В настоящее время определены в первом приближении общие потребности в пластических субстратах и энергии на продукцию молока определенного состава, на поддержание, на переваривание и всасывание нутриентов в желудочно-кишечном тракте у коров разной живой массы и продуктивности. Установлена роль высших жирных кислот в повышении эффективности использования обменной энергии в процессе молокообразования. Выявлены возможности оптимизации питания жвачных животных за счет использования синтетических источников азота, биологически активных веществ, кормов с разной распадаемостью в рубце протеина и углеводов с целью повышения продуктивного использования питательных веществ корма.

Результаты исследований, полученные в последние годы в области питания высокопродуктивных жвачных животных, позволяют перейти от традиционной оценки обеспечения валовой питательностью (энергией и протеином) к установлению потребностей животных в метаболитах-субстратах, к разработке способов оптимизации их образования и использования для более экономного расходования кормов и повышения продуктивной эффективности животных.

В настоящее время интенсивно ведутся также исследования по совершенствованию системы питания свиней. Новая система должна включать в себя идентификацию той органической части корма, которая по эффективности переваривания, всасывания и использования в процессе метаболизма на продуктивные цели отражает его биологическую ценность, т.е. доступность питательных веществ для усвоения и включения в различные метаболические циклы.

Эта система должна учитывать взаимосвязь качественного состава корма с возможностью использования составляющих химических компонентов (аминокислоты, жирные кислоты, углеводы) в различных кормовых ситуациях. Например, общий протеин, входящий в состав отдельных кормов, разделяют на фракцию незаменимых аминокислот и другие соединения азота. Характерно, что сумма этих двух фракций не идентична количеству сырого протеина, определяемого классическим методом ($N \times 6,25$). Применение традиционного метода приводит к переоценке

содержания белка в рационе на 10-30%. Кроме того, в последние годы наблюдается негативное воздействие избыточного потребления азота на окружающую среду. Следовательно, перед наукой стоит проблема снижения уровня протеина в рационах свиней за счет повышения его биологической ценности. Оптимальная обеспеченность продуктивных функций незаменимыми аминокислотами (на поддержание и прирост массы тела) у растущих свиней достигается потреблением так называемого «идеального белка», при этом сумма незаменимых и заменимых аминокислот составляет около 10% (соотношение близкое 1:1) в рационе. Аминокислотный состав «идеального белка» приравнивается к аминокислотному составу отложенных в организме белков.

При оценке белков как источника энергии необходимо учитывать, что калорическая ценность отдельных аминокислот колеблется от 4 до 25 МДж/кг⁻¹ сырого протеина. Термин «липиды» в новой системе оценки кормов не идентичен классическому определению сырого жира, а количество триацилглицеролов в полноценных рационах рассматривается в качестве той доли липидов рациона, которая напрямую включается в органы и ткани свиней после минимального межклеточного метаболизма. Углеводы классифицируют по их переваримости в подвздошной кишке и ферментируемости в толстом кишечнике.

Большая работа проведена по уточнению норм потребностей в аминокислотах с учетом их биологической доступности для моногастрических животных. Изучены возрастные особенности белково-аминокислотного, энергетического, витаминного и минерального питания, адаптивные изменения пищеварительных функций и количественные параметры биосинтеза белков и липидов в организме свиней в зависимости от возраста, породы, направления продуктивности и факторов питания. На основании этих исследований разработаны высокоэффективные рецепты комбикормов и премиксов.

Перспективы дальнейших работ в области протеинового питания связаны с углублением исследований по метаболизму аминокислот и их использованию на различные функции животных с целью сокращения потерь аминокислот, в т.ч. на энергетические нужды организма, снижения затрат протеина корма на синтез продукции и степени загрязнения окружающей среды азотом.

Подытоживая обзор научных исследований по вопросам питания, следует подчеркнуть, что перспективным направлением в области нормирования питания высокопродуктивных сельскохозяйственных животных является использование принципа субстратного обеспечения продуктивных функций. При высокой напряженности обменных процессов дисбаланс по любому нутриенту у высокопродуктивных животных может приводить к срыву продукционного процесса и к развитию патологических процессов. Поэтому нужно подбирать для них кормовые рационы, основываясь на знании метаболизма животного. Посредником же между кормовым рационом и метаболическими структурами выступают конечные продукты переваривания - низкомолекулярные соединения, являющиеся субстратами для транспортных и ферментативных процессов в межклеточном обмене.

Работа по переходу на новый принцип нормирования питания животных уже ведется, но пока это начальные стадии, направленные на изучение обусловленности потоков субстратов-метаболитов условиями кормления в качественном и количественном плане. Исследуются затраты субстратов на энергетические и пластические цели в целом организме и в отдельных органах, а в дальнейшем предстоит детализировать структуру метаболических потоков на клеточном и субклеточном уровнях.

Использование принципа нормирования кормления по субстратной обеспеченности продуктивных функций выгодно и для управления качеством получаемых продуктов, так как позволяет оптимизировать потоки субстратов при синтезе тех или иных компонентов продукции. А проблема качества животноводческой

продукции и, в первую очередь, ее биологической полноценности, является важной и актуальной.

Рассматривая эту проблему в более общем плане, необходимо подчеркнуть важность разработки системы мониторинга физиолого-биохимических процессов для снижения метаболического стресса, повышения качества молочного сырья и продления сроков хозяйственного использования высокопродуктивных коров. Достигнутый прогресс в совершенствовании молочной продуктивности коров в целом не сопровождался таким же ростом по признакам продуктивного долголетия и качества получаемой продукции. Пока нет ясности в том, по каким критериям вести мониторинг и селекцию, чтобы поддерживать высокие показатели резистентности и адаптивности, которые отражают жизнеспособность и напрямую связаны с качеством получаемого молочного сырья. Поэтому разработку научных основ мониторинга продуктивных функций, здоровья и комфортности условий содержания животных необходимо оценивать как важную и актуальную задачу и в плане фундаментальных исследований, и в прикладном аспекте.

В области исследований биосинтеза в нашей стране и за рубежом достигнуты результаты, существенные для понимания процессов, лежащих в основе получения продуктов животноводства. Изучены фундаментальные механизмы дифференцировки и регуляции функциональной активности секреторных клеток молочной железы, мышечной и жировой ткани у животных, выращиваемых на мясо. При изучении биосинтеза компонентов молока установлены и обоснованы условия питания для максимального образования и использования предшественников молока у коров. Разработаны теоретические основы формирования баланса метаболитов в молочной железе, определены параметры метаболизма, выявлены адаптивные изменения транспорта аминокислот в секреторные клетки молочной железы при сдвигах в состоянии питания. Предложены новые способы стимуляции молокообразования и продукции молочного белка.

Выявлены и количественно охарактеризованы основные структуры и процессы, обуславливающие темпы наращивания массы скелетной мускулатуры в ходе онтогенеза: рост мышечных волокон в длину, коррелирующий с продольным ростом костей скелета, увеличение с возрастом числа ядер на единицу длины мышечного волокна, динамика трансляционной активности, параметры внутриклеточной деградации белков мышц и др. Разработанная в институте компьютерная модель роста крупного рогатого скота позволила вскрыть ряд системных закономерностей и наметить пути комплексного биоэкономического анализа технологий выращивания и откорма скота.

Познание процессов синтеза и деградации белка в организме животных и разработка на их основе способов управления этими процессами даст возможность существенно повысить эффективность конверсии питательных веществ корма в белковые продукты, такие как мясо, молоко, шерсть, яйцо и другие. По имеющимся данным, величина конверсии составляет у моногастричных животных 40-60%, у растущего скота и лактирующих коров 20-30%, а у овец и того ниже. К тому же необходимо учитывать, что объем синтеза белка намного выше уровня потребления протеина с кормом. Например, лактирующая корова потребляет около 2 кг переваримого протеина, а синтезируется его в организме около 4 кг в сутки. Молодые быстросрастущие свиньи потребляют около 250 г переваримого протеина, а синтезируют около 500-600 г в сутки, овцы синтезируют 250 г, молодые козы около 400 г, молодой крупный рогатый скот – около 2500-3000 г в сутки. Разница между количеством отложенного белка (или выделенного с молоком, шерстью, яйцом и т.д.) и вновь синтезированного отражает количество тканевого белка, распавшегося в течение суток. Эти величины распада, как правило, также превышают суточное потребление протеина, т.е. 300-350 г для свиней и около 3,5 кг для лактирующей коровы. Отношение отложено/синтезировано составляет 30% у быстросрастущих свиней, 33% у лактирующих коров, 6 % у откармливаемых бычков. Задача состоит в

том, чтобы научиться управлять этими процессами. Предстоит установить критические этапы и лимитирующие факторы биосинтеза, на которые в перспективе можно будет воздействовать путем рационального кормления, применения биологически активных веществ и улучшения генотипических признаков животных. Предстоит научиться регулировать соотношение процессов синтеза белков и липидов за счет перераспределения интенсивности и направленности метаболических потоков между органами и тканями с помощью биологически активных веществ, изменяющих эндокринный статус.

По-прежнему остаются востребованными исследования по изучению видоспецифичности и возрастным особенностям метаболизма отдельных витаминов в организме животных, по их взаимодействию с другими биологически активными веществами, по разработке биологических критериев оценки витаминной обеспеченности и уточнению на их основе потребностей и норм ввода витаминов в полнорационные комбикорма с учетом возраста, продуктивности и физиологического состояния животных.

Актуальными являются также исследования минерального обмена у сельскохозяйственных животных для разработки мероприятий по профилактике минеральной недостаточности и патологии костной ткани, по определению биологической доступности ряда макро- и микроэлементов из различных кормов и добавок, химических соединений, природных источников и отходов промышленности.

Исследования процессов эндокринной регуляции метаболизма и продуктивности в настоящее время выявили различия между высоко- и низкопродуктивными животными, позволили предложить производству гормональные тесты раннего отбора телочек с высоким потенциалом продуктивности. Они основаны на определении функционального состояния коры надпочечников и инсулярного аппарата. Таких тестов пока мало, поиск их должен быть усилен.

Другой аспект проблемы состоит в раннем отборе животных с высоким потенциалом хозяйственного долголетия как основы для разведения животных, устойчивых к условиям внешней среды. При этом крайне необходимым является, во-первых, выяснение самой возможности передачи признаков долголетия по наследству и, во-вторых, определение того, в какой мере хозяйственное долголетие сочетается с высокой продуктивностью животных. Эта работа требует многолетних кропотливых исследований. Пока установлено, что большинство телочек от матерей - долгожителей определяются как высокопродуктивные. Нужны пригодные на производстве тесты раннего отбора животных с устойчивым метаболическим типом.

Интенсивно ведутся исследования по разработке теоретических основ и созданию новых комплексных препаратов химического синтеза и пробиотиков для разработки практических способов повышения продуктивности, неспецифической резистентности животных, сохранности молодняка и стимуляции общего иммунного статуса.

В последнее время большое внимание уделяется развитию биотехнологических исследований. Одной из стратегических задач развития исследований в области биотехнологии следует считать создание животных с заданными признаками, в том числе продуцирующих с молоком биологически активные вещества. Ведутся исследования по разработке технологий получения трансгенных животных – доноров органов и тканей для ксенотрансплантации, технологий клонирования животных на основе трансплантации ядер соматических клеток в энуклеированные яйцеклетки. Совместно с ВИЖем получены трансгенные свиньи с интегрированными генными конструкциями, содержащими нуклеотидные последовательности двух генов общего комплекса гистосовместимости человека, которые по современным представлениям должны предотвращать сверхострое отторжение органов и тканей при ксенотрансплантации их человеку.

В институте получен рекомбинантный штамм лактобацилл с геном соматолиберина. При производственном испытании его на лактирующих коровах наблюдалось повышение надоя молока на 19% и выхода молочного белка на 14%.

Методы трансгенеза не являются единственным направлением исследования молекулярной генетики в животноводстве. Заслуживают внимания новые подходы в селекции с привлечением комплекса молекулярно-генетических маркеров, разрабатываемых на основе полиморфизма длин рестриктных фрагментов ДНК, генетической дактилоскопии и проведения трудоемких работ по картированию генов у основных видов с.-х. животных.

С использованием методов иммунохимической технологии разрабатываются способы мониторинга функционального состояния иммунной системы, тесты для прогнозирования и практические приемы иммунокоррекции метаболизма с целью «биологического конструирования» животных новых типов с заданными признаками по резистентности, стрессустойчивости, качеству производимой продукции и затратам кормов на ее производство. Эта работа требует своего продолжения.

В области биотехнологии прокариотов перспективны исследования по созданию пробиотических препаратов. Разработаны регламенты производства экологически чистых, безвредных пробиотиков, направленных на оптимизацию рубцового пищеварения. Отселекционированы штаммы бактерий, активно продуцирующих пропионат, а также бактерий, обеспечивающих восстановление нитратов до аммония в рубце жвачных. В будущем на их основе могут быть разработаны пробиотики для консервирования и производства экологически чистых кормов. Большое внимание уделяется вопросам теоретического обоснования и практического использования биологических и химических препаратов для получения высококачественных кормов.

Таким образом, актуальными на перспективу биологическими проблемами в области животноводства являются:

- совершенствование и разработка новых систем питания для жвачных и моногастричных животных на основе изучения процессов метаболизма и управления ими кормовыми факторами;
- управление процессами биосинтеза компонентов продукции, интенсивностью роста животных, физиологическими функциями, определяющими возможность продления хозяйственного долголетия маточного поголовья;
- разработка диагностических и контрольных тестов и способов управления качеством получаемой продукции;
- разработка и совершенствование биоинженерных технологий получения животных с заданными признаками с использованием методов генной и клеточной инженерии.

Review of results and perspectives in the field of productive animals biology

¹B.D. Kalnitsky, ²V.V. Kalashnikov

¹*Institute of Physiology, Biochemistry and Nutrition of Farm Animals,*
²*Russian Agricultural Academy*

Recent research efforts in the field of ruminant nutrition were devoted at optimization of protein and energy nutrition on the base of ensuring preconditions for effective microbial synthesis in the rumen and for maximal amino acid inflow into small intestine combined with adequate metabolizable energy intake. With the aim to estimate the qualitative features of feed proteins, the unified methods were established and parameters of protein solubility and degradability in the rumen were evaluated for most commonly

used feeds in Russia. At high level of milk production we need to know not only chemical composition of feeds, but biological availability of nutrients too. Ideally, each organ would be supplied by sets of nutrients, specific and optimal for given level of functional activity or protein accretion rate. Recent research on this context were carried out in the field of refinement of essential amino acid requirements for monogastric animals. On the base of these investigations the effective compositions of concentrates and premixes were obtained for growing pigs. The urgent problem in the field of productive animals biology is monitoring of physiological processes aimed to decrease metabolic stresses, ameliorate milk quality and to elongate the cow's productive life span. The theoretical and experimental research were carried out with the aim to evaluate the preconditions for biologically effective utilization of milk precursors in mammary gland, to estimate the shifts in metabolic parameters in various nutritional states. The data obtained in these investigations caused the developments of new practical methods of stimulation of milk protein yield. Intensive research were carried out in the field of construction of new complex chemical compounds and probiotics aimed to increase productivity and nonspecific resistance and to stimulate immune system in ruminants and pigs. The recombinant strain of *Lactobacillus* with somatoliberin gene was constructed and used as feed additive to ration of lactating cows. The milk yield was increased by 19% and milk protein yield by 14%. The new strains of bacteria were selected which intensively produce propionate or reduce nitrates to ammonia in the rumen. The perspective research areas are also gene and cell engineering technologies, gene mapping and study of DNA polymorphisms for marker-assisted selection.

Key words: protein nutrition, ruminants, pigs, ration optimization, lactation, somatoliberin, probiotics

Prob. Prod. Anim. Biol., 2007 1:6-12