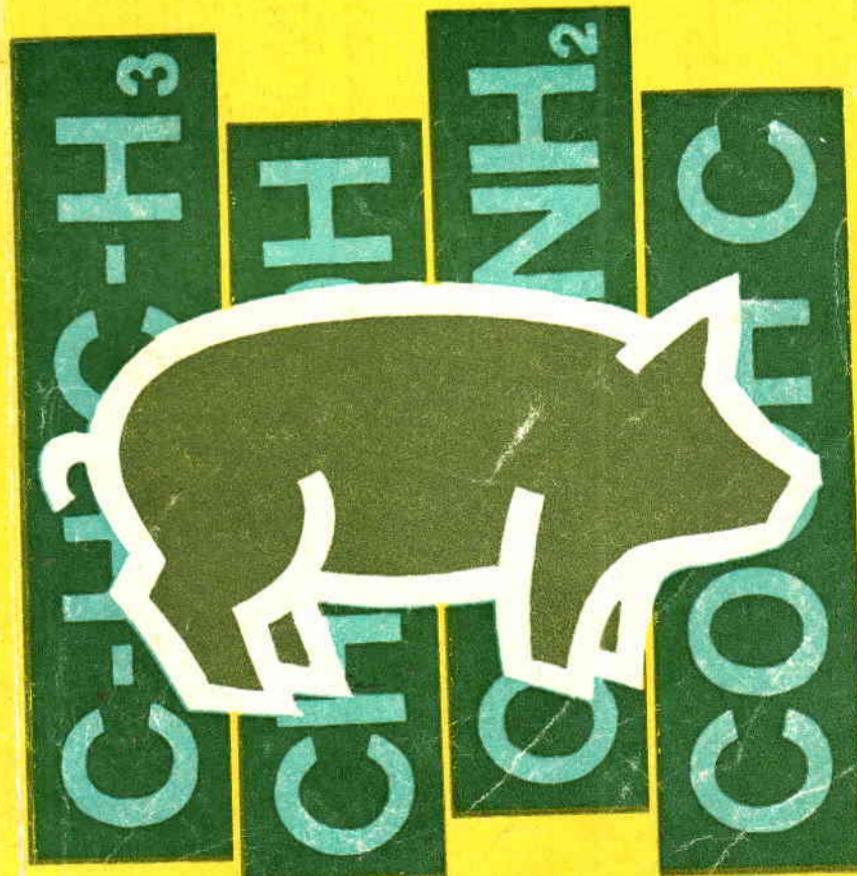


В. В. ЩЕГЛОВ

БЕЛКОВОЕ И АМИНОКИСЛОТНОЕ ПИТАНИЕ ЖИВОТНЫХ



Л.Р. 168

Синтез

В. В. ЩЕГЛОВ

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

**БЕЛКОВОЕ
И АМИНОКИСЛОТНОЕ
ПИТАНИЕ ЖИВОТНЫХ**

Сергей ОСС

ИЗДАТЕЛЬСТВО „УРАДЖАЙ“
МИНСК 1974

Шеглов В. В.

Белковое и аминокислотное питание животных.

Щег 32 Мп., «Ураджай», 1974.
208 стр. с илл.

В книге описаны химическое строение, функции и роль белков и аминокислот, пути биохимических превращений их и аминов (небелковых азотсодержащих веществ) в организме животных, а также содержание этих веществ в различных кормах.

На основании научных данных приведены нормы потребности в белковых веществах молодняка и взрослых животных и птицы, предложены методы принципы балансирования рационов по протеину и аминокислотам.

Рассчитана книга на широкий круг работников животноводства, руководителей хозяйств, экономистов, работников кормодобывающихbrigad, студентов сельскохозяйственных вузов.

639.09

Увеличение производства продуктов животноводства — одна из важнейших задач сельского хозяйства. Мясо, молоко, яйца — ценнейшие в биологическом отношении продукты питания человека, но производство их трудоемкое и дорогостоящее.

В Отчетном докладе XXIV съезду КПСС Л. И. Брежнев сказал: «Для бесперебойного снабжения населения наиболее ценными продуктами питания, удовлетворения в них растущего спроса советских людей в новой пятилетке должен быть сделан крупный шаг вперед в этой области».

Научные достижения в области кормления сельскохозяйственных животных дают основание утверждать, что успешное решение задач по увеличению производства продуктов животноводства может быть осуществлено лишь при условии строгого учета всех физиологических потребностей животных как на поддержание жизнедеятельности, так и на образование продукции.

В системе полноценного кормления особенно важно обеспечить животных протеином. Проблема белка, а он дефицитен в мировом масштабе, привлекает к себе серьезное внимание ученых и специалистов всех стран мира. Белок животного происхождения особенно ценный в питании человека, однако производство его сопряжено со значительными затратами кормового протеина. Как свидетельствуют данные ФАО за 1964 г., произведено белка животного происхождения 22,7 млн. тонн, а затрачено протеина кормового 203 млн. тонн. Соотношение белка затраченного и полученного составляет 9, то есть на каждую тонну животного белка расходовалось 9 тонн кормового. Расчеты показывают, что при современном нормировании и балансировании рационов коэффициент

© Издательство «Ураджай», Минск, 1974 г.

0-4-7-7-050 45-74
М305(5)-74

использования протеина корма на производство молока составляет 33,0%, мяса свиней — 34,0, мяса крупного рогатого скота — 8,0—10,0 и мяса птицы — около 17% (Н. Ф. Ростовцев, 1963).

Приведенные данные свидетельствуют о необходимости не только увеличения производства кормового белка, но и рационального и экономного использования его. Уровень и качество протеинового питания должны соответствовать биологическим особенностям обмена веществ, направлению и уровню продуктивности, физиологическому состоянию животного организма. Несоблюдение этих условий является одной из основных причин нерационального использования кормового протеина, перерасхода его на единицу получаемой продукции.

На современном этапе развития науки проблема белкового питания рассматривается как необходимость обеспечения животных определенным набором аминокислот. Животному организму требуется не белок как таковой, а его составные части — аминокислоты, которые высвобождаются из белка в процессе пищеварения в желудочно-кишечном тракте и затем используются для поддержания жизнедеятельности организма и образования новых белков тканей и продукции.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых доказано, что количество аминокислот и их соотношение в рационе являются главными факторами, определяющими полноценность протеинового питания. Отсутствие или недостаток в рационе одной или нескольких аминокислот приводит к нарушению белкового обмена, перерасходу кормового протеина, отрицательно сказывается на состоянии здоровья и продуктивности животных. Это положение является отправным пунктом теории сбалансированного аминокислотного питания животных — основы современного подхода к решению нормированного и рационального использования кормового протеина. Подсчитано, что в результате несбалансированности аминокислот в рационе около 30% кормового протеина не может быть использовано животным организмом для образования белка тканей и теряется, превращаясь в энергию. Принципиальным положением теории сбалансированного аминокислотного питания является необходимость знаний аминокислотного состава кормов и потребности животных в отдельных аминокислотах.

На основе новых теоретических подходов в решении проблемы протеинового питания животных представляется возможность широко использовать добавки синтетических аминокислот для повышения качества протеина и экономного расходования его на производство продукции. Следует особенно подчеркнуть тот факт, что в свете современных данных проблема аминокислот и качества протеина относится не только к животным с однокамерным желудком, но и в значительной мере затрагивает жвачных.

Высокий уровень ведения животноводства на современном этапе научно-технического прогресса немыслим без глубоких знаний теоретических и практических основ полноценного кормления животных. Вопросы белкового и аминокислотного питания животных требуют особенно пристального внимания, ибо здесь заложены огромные резервы дальнейшего развития животноводства и увеличения производства высококачественной животноводческой продукции.

Глава I.

СОСТАВ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА И ФУНКЦИИ БЕЛКОВ И АМИНОКИСЛОТ

Элементарный состав, функции, свойства и строение белков

Белки, или протеины, — главная составная часть каждого организма. Являясь материальным субстратом жизни, они играют решающую роль в обмене веществ. Гениальное определение белка как субстрата жизни дано Ф. Энгельсом: «Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом, и повсюду, где мы встречаем какое-либо белковое тело, которое не находится в процессе разложения, мы без исключения встречаем и явления жизни».

Белки обладают рядом особенностей, которые не свойственны никаким другим органическим соединениям и которые обеспечивают функционирование белковых тел как основы живого вещества, его роста и развития. К числу наиболее важных особенностей белков относятся:

- 1) бесконечное разнообразие структуры и вместе с тем высокая видовая специфичность ее;
- 2) исключительное многообразие химических и физических превращений;
- 3) способность к внутримолекулярным взаимодействиям;
- 4) наличие биокатализитических свойств и других.

Из многообразных химических, физических и биологических свойств белков наибольший практический интерес представляют биологические. Наиболее важное значение имеет биокатализитическая активность белков. Многие белки благодаря соединенной с ними активной группе или в силу особого строения молекулы обладают способностью ускорять ход химических реакций в организме. Белки с этими свойствами относятся к группе фер-

ментов. Наличие многообразных индивидуальных ферментов и ферментных систем обеспечивает быстрое и направление протекание в организме большого количества химических реакций, регулируя тем самым биохимические процессы непрерывного обновления белковых тел. Следовательно, ферменты оказывают самое непосредственное влияние на сущность жизненных явлений.

Следующим, весьма важным биологическим свойством белков является их гормональная активность, то есть способность оказывать воздействие на целые системы химических реакций в организме. Белки-гормоны регулируют взаимосвязь протекания комплекса реакций и координируют их взаимодействие в строго определенном направлении.

Важным свойством белков является их защитная функция, а некоторым из них присущи и токсичные свойства (бактериальные токсины, яды змей).

Исклучительное многообразие функций, химических, физических и биологических свойств белковых веществ, высокая лабильность свидетельствуют о большой сложности их химического строения. В элементарный состав белков в отличие от всех других органических соединений обязательно входит азот, а в большинство — еще и сера (табл. 1).

Таблица 1
Элементарный состав белков

Элемент	Содержание, %
Углерод	50—55
Водород	6,5—7,3
Азот	15—18
Кислород	21—24
Сера	0—2,4

Несмотря на то, что наибольший процент в составе белков приходится на углерод и кислород, многообразие свойств и функций белка, его специфичность определяют элементы азот и сера. Содержание азота в различных белках колеблется от 15 до 18%. Однако в большинстве случаев на практике пользуются средним показателем — 16%. На основании этого показателя рассчитывают со-

держение общего (сырого) протеина в различных тканях: количество азота умножается на коэффициент 6,25 ($100:16 = 6,25$).

Химический состав белковых тел чаще всего исследуется методом гидролиза в растворах кислот или щелочей, а также методом гидролиза белков при помощи протеолитических ферментов при $37-40^\circ$ в специальных биологических термостатах. Последний метод предложен в 1870 г. русским ученым Н. Любавиным. С помощью кислотного гидролиза А. Браконю в 1820 г. впервые выделил из белка (желатина) аминокислоту глицин. Первая же аминокислота была получена из сока спаржи в 1806 г. Вокленом и Робике.

Со времени открытия аминокислот и до наших дней ученые разных стран мира выделили около 150 различных аминокислот, а к 1955 г. — все аминокислоты, входящие в состав белков. Их оказалось менее 30. Все остальные аминокислоты находятся в свободном состоянии. Аминокислоты белков принято делить на постоянно и редко встречающиеся. Постоянно встречаются в белках 19 аминокислот.

Структура белковой молекулы долгое время представлялась в виде полипептидной цепи. В настоящее время в связи с разработкой методов определения аминокислот и структурного анализа в достаточной степени изучена первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белковой молекулы.

Первичная структура определяет собой количество и последовательность расположения аминокислот в молекуле белка. Несмотря на сложность и трудоемкость определения последовательности расположения аминокислот в белковой молекуле ученым удалось выяснить первичную структуру ряда белков (клупени, инсулин, миоглобин кашалота, гемоглобин человека, трипсиноген, вирус табачной мозаики, рибонуклеаза и др.).

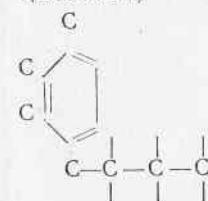
Под **вторичной структурой** белковой молекулы подразумевают конфигурацию полипептидных цепей, входящих в состав молекулы. Исследованиями Полнига и Кори установлено, что полипептидная цепь белка имеет структуру α -спирали, в которой на каждые пять витков приходится 18 аминокислотных остатков, и первый аминокислотный остаток лежит в той же плоскости, что и 18-й.

Третичная структура характеризует пространственную конфигурацию белковой молекулы, то есть дает представление об объеме, форме и взаимном расположении участков полипептидной цепи по отношению друг к другу. В настоящее время установлена третичная структура очень небольшого количества белков — миоглобина, рибонуклеазы, субъединиц гемоглобина, лизоцима куриного яйца и химотрипсина.

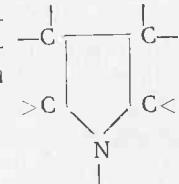
Четвертичная структура — это взаимное пространственное расположение отдельных субъединиц в крупной молекуле белков с большим молекулярным весом, состоящей, как правило, из субъединиц меньшего молекулярного веса.

Аминокислоты белков, их строение, свойства и классификация

Аминокислоты — это химические соединения (кристаллы белого цвета), которые являются составными частями белка. В состав аминокислот входит углерод (C), водород (H), кислород (O), азот (N) и иногда сера (S). Углеродные атомы в молекулах аминокислот, которых насчитывается от 2 до 9, образуют скелет в виде открытой цепочки $\begin{array}{ccccc} & | & | & | & | \\ -C & -C & -C & -C & -C \\ & | & | & | & | \end{array}$, одного шестичленного ароматического кольца, соединенного с трехчленной цепочкой,



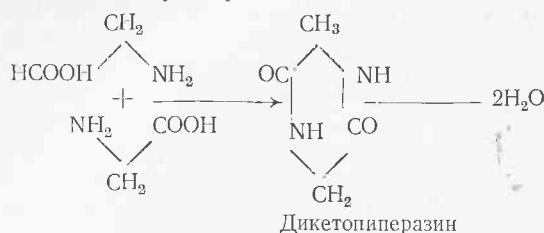
или пятичленного гетероциклического кольца, образованного из атомов углерода и азота



Основными активными группами аминокислот являются аминные — NH_2 и карбоксильные — $COOH$ радикалы, которые определяют химические свойства аминокислот. В зависимости от присутствия той или иной группы они могут реагировать и как кислоты, и как щелочи. Со щелочами они ведут себя как кислоты и, наоборот, с кислотами — как щелочи. В первом случае в реакцию

вступает карбоксильная группа $\text{NH}_2-\text{R}-\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_2-\text{R}-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$, а во втором — аминогруппа $\text{NH}_2-\text{R}-\text{COOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NH}_3\text{Cl}-\text{R}-\text{COOH}$.

Аминокислоты могут взаимодействовать одновременно с двумя функциональными группами — аминной и карбоксильной. Например,

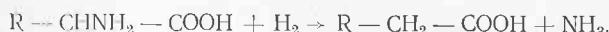


В результате взаимодействия двух аминоуксусных кислот из их остатков образуется циклический пептид дикетопиперазин.

В реакции с азотистой кислотой аминогруппа аминокислоты замещается гидроксильной группой OH и выделяется свободный азот (N): $\text{NH}_2-\text{R}-\text{COOH} + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{OH}-\text{R}-\text{COOH} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Эта реакция используется для количественного определения азота аминогрупп по Ван-Слайку. Большое биологическое значение имеет реакция дезаминирования, которая протекает в две стадии:



Реакция называется окислительным дезаминированием, так как при ней происходит окисление аминокислоты. При восстановительном дезаминировании реакция осуществляется следующим образом:

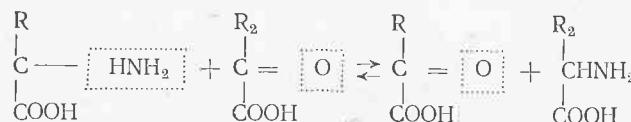


Имеется еще и гидролитическое дезаминирование:



В первом случае аминокислота превращается в кетокислоту, во втором — в органическую кислоту, в третьем — в оксикислоту.

Существенное значение в обмене белков имеет открытая А. Е. Браунштейном и М. Г. Крицман реакцией перегаминирования аминокислот, которая играет важную роль в окислительном цикле трикарбоновых кислот. Суть реакции заключается в обратном перемещении группы NH_2 от одной аминокислоты к другой α -кетокислоте с образованием новой α -аминокислоты. Реакция протекает при участии специфических для каждой аминокислоты ферментов трансамина.

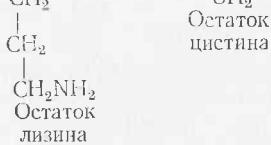
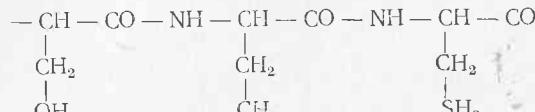
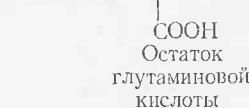
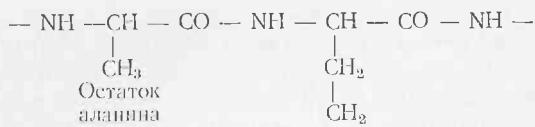


В обмене веществ существенную роль играет также реакция декарбоксилирования аминокислот, при которой аминокислоты теряют карбоксильную группу: $\text{R}-\text{CHNH}_2-\text{COOH} \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2\text{NH}_2 + \text{CO}_2$. Образующиеся амины часто являются ядовитыми веществами (кадаверин, путресцин), а некоторые, наоборот, обладают высокой физиологической активностью (гистамин усиливает секрецию пищеварительных желез).

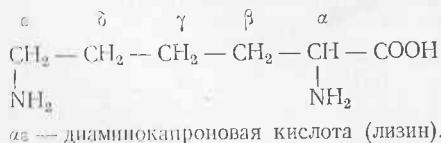
Из физических свойств аминокислот необходимо отметить прежде всего их высокую точку плавления — 178—314°C и хорошую растворимость (за исключением некоторых) в воде. Изоэлектрическая точка их находится в пределах 2,77—10,76. Наибольший молекулярный вес постоянно встречающихся в белках аминокислот 240,23 (цистин) и наименьший — 75,05 (глицин).

Аминокислоты входят в состав белков в разной последовательности, свойственной конкретному белку; в молекуле они связаны посредством пептидной связи — $\text{CO}-\text{NH}-$. В образовании таких связей важную роль играют пептидазы — катализаторы этого процесса, к которым относится трипептид глютатион, особенно восстановленный. Он активизирует ферменты азотистого обмена. Пептиды, состоящие из нескольких остатков аминокислот, называются полипептидами.

Полипептидная цепь имеет множество боковых ответвлений, представляющих собой остатки аминокислот, не входящих непосредственно в цепь. Это можно видеть на следующем примере.

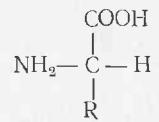


Отрезок полипептидной цепи белковой молекулы имеет различные функциональные группы ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$ и др.). Боковые ответвления могут соединяться с другими полипептидами, образуя белки с несколькими пептидными цепями. Взаимодействие функциональных групп в пределах одной цепи приводит к образованию циклов различных размеров. Присоединяя к себе вещества небелкового характера (углеводы, фосфорную кислоту и др.), пептидные цепи образуют сложные белки. По положению аминогруппы относительно карбоксильной различают α , β , γ , δ , ε и т. д. аминокислоты. Обычно встречающиеся в белках аминокислоты имеют аминогруппу при α -углеродном атоме. Если в состав аминокислоты входит две аминогруппы, то вторая находится у последнего от карбоксильной группы атома углерода, так как показано в приведенном примере:

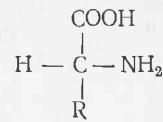


По стереохимической конфигурации, то есть по расположению атома водорода, аминной и карбоксильной

групп (у α -углеродного атома) различают аминокислоты D- и L-ряда. Это можно представить следующим примером:



L — аминокислота



D — аминокислота

В белках тканей животных обнаружены аминокислоты только L-ряда. Аминокислоты L- и D-ряда различны по своему биологическому значению. Ферментные системы животного организма приспособлены к усвоению аминокислот L-ряда. Из D-аминокислот лишь частично могут использоваться метионин, триптофан и фенилаланин.

Постоянно встречающиеся в белках аминокислоты по скелету углеродной цепи классифицируются на алифатические, ароматические и гетероциклические. В свою очередь алифатические аминокислоты по содержанию аминных, карбоксильных и сероводородных групп подразделяются наmonoаминомонокарбоновые, диаминомонокарбоновые, monoаминодикарбоновые и серусодержащие. Краткая характеристика, классификация и некоторые свойства аминокислот, встречающихся в белках, в общем виде показаны в табл. 2.

Определение аминокислот

В зависимости от целей изучения аминокислотного состава белков и биологических материалов применяют качественные или количественные методы определения отдельных аминокислот.

Качественные методы используются главным образом для установления присутствия той или иной аминокислоты в конкретном биологическом объекте. Они основаны на реакциях, дающих цветное окрашивание при взаимодействии растворов белка или аминокислот с определенным химическим реагентом.

Как уже отмечалось выше, при рассмотрении цветных реакций белков ксантипротейновая реакция специфична для циклических аминокислот (тирофина, фенилаланина, триптофана). При воздействии концентрирован-

Таблица 2

Классификация, структура и некоторые свойства аминокислот

техническое название	Название рациональное	Молеку- лярный вес	Содержа- ние азота, %	Раствори- мость в 100 г воды при 25°C	Изоточка	Химическая формула
<i>I. Алифатические. Моноаминокарбоновые аминокислоты</i>						
Глицин	Аминоуксусная кислота	75,05	18,67	24,99	5,97	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
Аланин	α -аминопропионовая кислота	89,06	15,73	16,51	6,00	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$
Валин	α -аминоаланновая кислота	117,09	11,96	8,85	5,96	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
Лейцин	α -аминоокапроновая кислота	131,11	10,68	2,19	5,98	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$
Изолейцин	α -амино- β -этилпропионовая кислота	131,11	10,68	4,12	6,02	$\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)\text{COOH}$
Серин	α -амино- β -оксипропионовая кислота	105,6	13,33	52,0	5,68	$\text{CH}_2\text{OHNCH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$
Тreonин	α -амино- β -оксимасляная кислота	119,08	11,75	1,56	—	$\text{CH}_3\text{CH(OH)CH}_2\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
<i>II. Аминомонокарбоновые аминокислоты</i>						
Лизин	α , ε -дигидроаланновая кислота	146,13	19,17	хорошая	9,74	$\text{NH}_2\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{COOH}$
Аргинин	α -амино- γ -гутанинди- β -вале- риновая кислота	171,14	32,08	»	10,76	$\text{NH}_2\text{C}=\text{N}(\text{NH}_2)\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
<i>III. Серусодержащие аминокислоты</i>						
Аспартатиновая кислота	α -аминоятарная кислота	133,06	10,53	0,50	2,77	$\text{COOH}\text{CH}_2\text{CH}-(\text{NH}_2)-\text{COOH}$
Глутаминовая кислота	α -аминоглутаровая кис- лота	147,08	9,52	0,84	3,22	$\text{COOH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}-$ $-(\text{NH}_2)\text{COOH}$
Цистин	β , β -дитиоди-аминопро- пионановая кислота	240,23	11,66	0,011	4,6–5,0	$2(\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2)-$ $-\text{COOH})$
Метицинин	α -амино- γ -метилти- масляная кислота	149,15	9,39	3,38	5,74	$\text{CH}_2(\text{SCH}_3)$ $\text{CH}_2-\text{CH}-(\text{NH}_2)\text{COOH}$
<i>IV. Ароматические аминокислоты</i>						
Фенилаланин	α -амино- β -фенилпропи- новая кислота	165,09	8,49	2,96	5,48	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}-$ $-(\text{NH}_2)\text{COOH}$
Тирозин	α -амино- β -оксифенилпро- пионановая кислота	181,9	7,74	0,045	5,66	$\text{HOCH}_2\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}$ $(\text{NH}_2)\text{COOH}$
<i>V. Гетероциклические аминокислоты</i>						
Пиролин	Пирролидин-2-карбоно- вая кислота	115,8	12,17	162,3	6,30	CH_2-CH_2 $\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$
Оксипролин	4—оксициролидин- 2—карбоновая кислота	131,08	10,69	36,11	5,83	$\text{OHCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$ $\text{CH}_2-\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{COOH}$

Продолжение табл. 2

Техническое название	Наименование рациональное	Молеку- лярный вес	Содержа- ние азота, %	Раствори- мость в 100 г воды при 25 °C		Изотопка	Химическая формула
				Раствори- мость в 100 г воды при 25 °C	Изотопка		
Триптофан	α -Амино- β -индолил- пропионовая кислота	204,11	13,72	1,13	6,80		
Гистидин	α -Амино- β -имида- золпропионовая кислота	155,09	27,10	4,29	7,59		

ной азотной кислоты белковые растворы, имеющие в своем составе аминокислоты, дают характерное желтое окрашивание. Раствор смеси азотных солей окиси и засоли ртути окрашивает раствор, в котором есть триозин, в кирпичный цвет (реакция Миллона). Триптофан обнаруживается реакцией Адамкевича, при которой добавление в раствор белка, содержащего эту аминокислоту, раствора глиоксиловой кислоты в серной кислоте дает темно-фиолетовое кольцо. Присутствие в белке аргинина можно установить по малиново-красному окрашиванию раствора при обработке его гипохлоридом натрия, а затем раствором β -нафтола (реакция Сакагуши).

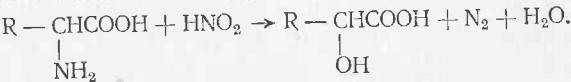
Все аминокислоты, также как и белки, дают реакцию с нингидрином. Растворы аминокислот при этой реакции окрашиваются в сине-фиолетовый цвет. Существуют и другие специфические реакции для большинства аминокислот.

Количественные методы хотя и трудоемкие, но дают более точное представление об аминокислотном составе изучаемого белка или ткани, позволяют более полно судить о некоторых их свойствах, дают сравнительную характеристику различных биологических объектов.

Все имеющиеся методы количественного анализа аминокислот можно разделить на химические, хроматографические, микробиологические, ферментативные и методы с применением изотопов.

Химические методы чаще всего основываются на реакции окрашивания при взаимодействии химического реагента с аминокислотой. Чем интенсивнее окраска, тем более высокая концентрация конкретной аминокислоты в исследуемом материале. Сравнивая при помощи фотометра степень окраски используемого раствора со стандартным, определяют количество аминокислоты в пробе.

Предложено много методов химического анализа. Наиболее известны и широко употребляются только некоторые из них, основанные на реакции с азотистой кислотой и нингидрином. В этой реакции аминокислоты, имеющие α -аминогруппу, при взаимодействии с азотистой кислотой образуют соответствующие оксикислоты с выделением азота по следующей схеме:



На основе этой реакции разработан нитритный метод (Ван-Слайка) определения аминокислот по количеству выделяющегося азота. При реакции аминокислот с нингидрином образуется угольный ангидрид и соответствующий альдегид, количество которых может быть определено.

Имеется ряд специфических реакций на отдельные аминокислоты. Гистидин и тирозин, например, определяют колориметрически в результате реакции с диазотированной сульфаниловой кислотой (реакция Паули), но для определения каждой из аминокислот их нужно разделять. Триптофан определяется колориметрически на основе реакции с парадиметиламинонензальдегидом (реактив Эрлиха) и нитритом натрия в кислой среде. Метионин дает окрашивание с нитропруссидом в сильно щелочном растворе. Качественные методы определения содержания тирозина, аргинина, фенилаланина, триптофана также относятся к специфическим.

В лабораторной практике только некоторые из химических методов количественного определения аминокислот находят применение, так как остальные сравнительно трудоемки, мало производительны и для них необходимы дефицитные реагенты. Наиболее доступны химические методы определения лизина, метионина, триптофана, глицина.

Лизин определяется на основании окрашивания в желтый цвет эпсилон (ϵ) аминогруппы при химической реакции с дипитрофторбензолом (ДНФБ). Интенсивность окраски дает возможность определить содержание лизина. Этим же методом определяют и доступное количество этой аминокислоты для организма животных.

Триптофан определяется на основании его свойства давать с парадиметиламинонензальдегидом окраску, интенсивность которой пропорциональна концентрации аминокислоты. Наиболее часто этот метод используется в лабораторной практике, поскольку при кислотном гидролизе триптофана разлагается.

Определить метионин можно по реакции его с нитропруссидом натрия.

Хроматографический метод определения аминокислот впервые предложен русским ботаником М. С. Цветом в 1903 г. Метод основан на принципе адсорбции. В послед-

ние два десятилетия он широко использовался для определения аминокислот.

Особенную популярность получили методы распределительной хроматографии на бумаге и ионообменной хроматографии. Как правило, указанными методами определяются постоянно встречающиеся аминокислоты в чистых белках, свободные аминокислоты, а также в различных биологических материалах и тканях (продукты растительного и животного происхождения, кровь, моча, молоко, шерсть и др.).

Определение аминокислот методом распределительной хроматографии на бумаге основано на распределении их между двумя фазами — неподвижной (целлюлоза бумаги, пропитанная водой) и подвижной (не смешивающейся с водой растворитель). Молекулы аминокислот переносятся подвижной фазой в новое место, причем каждая аминокислота имеет свой коэффициент распространения, в результате чего они располагаются на листе бумаги на различном расстоянии друг от друга.

Схематично весь процесс сводится к выполнению следующих последовательных операций: подготовка образца к гидролизу, гидролиз белка или биологического объекта, подготовка гидролизата к анализу и нанесение его на полоску бумаги, пропускание органических растворителей (хроматографирование), обработка хроматограмм раствором нингидрина в ацетоне, элюция аминокислот, установление экстинкции на фотометре и сравнение ее со стандартом и расчет содержания аминокислоты в пробе и образце. Подготавливается образец к гидролизу обезжикиванием его, удалением углеводов (из высококарбоновых материалов), выделением суммарного белка. Чтобы не допустить разрушения серусодержащих аминокислот (метионина, цистина, цистеина), в процессе гидролиза проводят оксидацию его надмуравиной кислотой (1 мл 30%-ной перекиси водорода + 9 мл 88%-ной муравиной кислоты, смесь выдерживают в течение часа при температуре 15—20°C, а затем охлаждают до 0°). В процессе оксидации цистин и цистеин окисляются до цистеиновой кислоты, а метионин — до метионинсульфоната, которые устойчивы к воздействию 6 н. HCl.

Наиболее ответственная и сложная операция в проведении хроматографии — это гидролиз образца. Выбор оптимальных условий гидролиза является решающим

для точности определения аминокислот при последующей за этим процессом хроматографии. Малейшее нарушение процесса гидролиза может привести к деструкции значительного количества аминокислот. Особенно большое внимание должно быть уделено сохранению соотношения навески к гидролизующему реагенту. Наиболее мягко гидролиз проходит в 6 н. HCl. В зависимости от температурных условий, давления, продолжительности гидролиза оптимальное соотношение навески к HCl, по данным различных авторов, составляет от 1:40 до 1:2000. Так, при гидролизе в колбах с обратным холодильником на бане при температуре 110—115° в течение 20—24 часов оптимальное соотношение 1:200; при гидролизе в автоклаве под давлением в две атмосферы и температуре 137° в течение 6 часов — 1:400, 1:1000; при гидролизе в запаянных ампулах в термостатах или бане при температуре 110° в течение 24—32 часов — 1:1000, 1:2000. Наиболее часто применяется гидролиз в запаянных ампулах, потому что в этом случае обеспечиваются благоприятные условия разложения белка и незначительные потери аминокислот.

Подготовленный для анализа гидролизат охлаждают до комнатной температуры и освобождают от гуминов путем фильтрования в воронке Нутчи с использованием водоструйного насоса через двойной бумажный фильтр. Осадок на фильтре отмывается небольшим количеством подкисленного (на 10 мл воды 2—3 капли 6-нормальной HCl) соляной кислотой бидистиллята. Фильтрат освобождают от HCl выпариванием в колбах Вюрца (рис. 1 и 2) под вакуумом или на роторном испарителе при температуре 50—55°. К упаренному гидролизату добавляют несколько миллилитров бидистиллята, тщательно обмывают стенки колбы и повторно выпаривают. Полученный осадок растворяют бидистиллятом и переносят в градуированные пробирки (при объемном методе измерения) или в бюксы с известным весом (при весовом методе измерения). Весовой метод считается более точным. В бюксах гидролизаты сгущают в вакуумэкскантере под сухим KOH до нужного веса. Обычно расчеты веса, до которого необходимо сгустить гидролизат, производят путем деления азота (в мкг) в навеске прогидролизованного корма на 2000. В этом случае концентрация азота в гидролизатах различных образцов будет

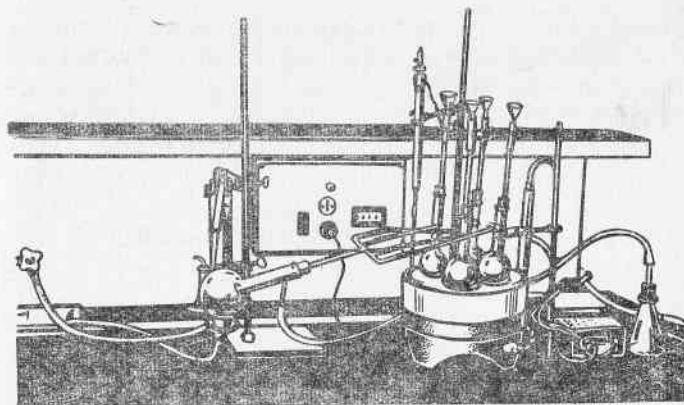


Рис. 1. Роторный испаритель.

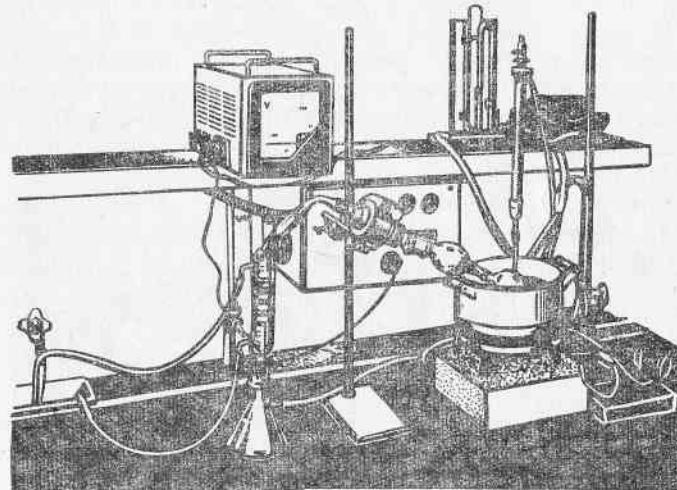


Рис. 2. Установка для вакуумного выпаривания HCl из гидролизатов в колбах Вюрца.

блиzkой. Подготовленный гидролизат переносят через фильтр в маленькие стеклянные пробирки с притертymi пробками и хранят в холодильнике.

На хроматографическую бумагу наносят гидролизат с помощью капиллярных микропипеток различных ко-

структур (рис. 3). Наносят его не более 0,03 г полосой, отступив от края бумаги на 7 см. На листе бумаги (29×65 см) размещают три полосы гидролизата и одну стандартной смеси чистых аминокислот. Лучшими сортами хроматографической бумаги считаются Ватман ЗММ, немецкая Шлейхер — Шюлль 2043, английский

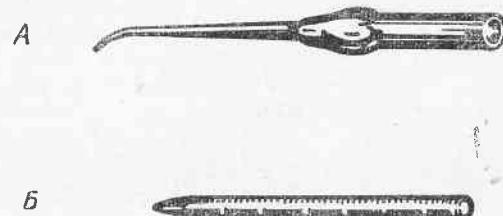


Рис. 3. Пипетки для нанесения гидролизатов:
А — полуавтоматическая микропипетка; Б — микропипетка, сделанная из пипетки на 0,1 мл.

Ватман I, а также отечественные — Ленинградская «медленная» и «быстрая». Солевые примеси из отечественных сортов бумаги удаляют промыванием в 0,25%-ном растворе оксихиналина (2,5 г 8-оксихиналина + 81 мл уксусной кислоты + вода до объема 1 л) с последующей сушкой бумаги и пропускания через нее растворителя — бутанол + уксусная кислота + вода. Для промывки бумаги можно использовать также трилон Б.

Хроматографирование нанесенных на бумагу гидролизаторов и стандартных смесей производят в специальных хроматографических камерах (рис. 4) с укрепленными в них ванночками, заполненными растворителем. В камере поддерживается

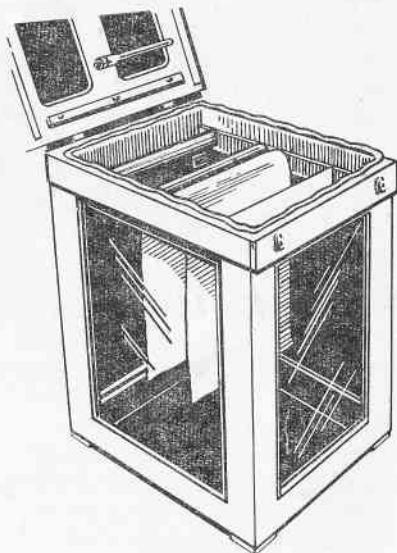


Рис. 4. Хроматографическая камера.

постоянная температура (20—25°C). Лучшие растворители: бутанол+уксусная кислота+вода в соотношении 300:60:140, растворитель хорошо разделяет цистин, лизин, гистидин, аргинин, аланин, тирозин, фенилаланин при 3—4-разовом пропускании; бутанол+уксусная кислота+вода в соотношении 4:1:5 (одно пропускание), а затем в соотношении 40:15:5 (3—4-разовое пропускание) для разделения аспарагиновой кислоты, серина, гликокола, глутаминовой кислоты, треонина, метионина и валина; Н-бутиловый спирт+муравьиная кислота (85%-ная)+вода в соотношении 75:15:15 применяется для разделения аспарагиновой кислоты, серина, глицина, глутаминовой кислоты при 5-кратном пропускании.

После хроматографирования бумагу сушат в вытяжном шкафу или в специальном сушильном шкафу под током воздуха до полного удаления остатков растворителя и проявляют 0,5%-ным раствором нингидрина в ацетоне. Обработанную в нингидриновом растворе бумагу сушат 3—5 минут в вытяжном шкафу для удаления ацетона и помещают в затемненный шкаф (сушильный) на 10—12 часов для интенсификации окраски. Сушить хроматограммы можно также в обычном сушильном шкафу при температуре 60°C под током воздуха 20 минут.

В результате реакции разделившихся на бумаге аминокислот с нингидрином образуются пятна разной степени окрашивания. Чтобы закрепить окраску пятен аминокислот, их смачивают из пипетки раствором азотнокислой меди (1 мл насыщенного раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ + 0,02 мл 65%-ной HNO_3 и 99 мл ацетона).

Пятна аминокислот вырезают, помещают в пробирки и заливают 8 мл 75%-ного этилового спирта и оставляют на 2 часа в темноте. Экстракция элюатов, полученных из окрашенных пятен, определяется на фотометре (ФЭК-М) в кювете на 10 мл при зеленом (если окраска не закреплена азотнокислой медью) или при синем (при закреплении окраски азотнокислой медью) светофильтре.

Содержание аминокислот в процентах к сырому протеину рассчитывается по формуле:

$$\frac{E_1 A \cdot C \cdot 100 (100 - K)}{E_2 Q \cdot PN} 6,25$$

где E_1 — экстинкция аминокислоты исследуемого образца;
 E_2 — экстинкция аминокислоты, стандарт;
 A — количество аминокислоты в нанесенном в одну полосу стандарта, г;
 C — общее количество гидролизата, г или мл;
 Q — количество гидролизата, нанесенного на одну полосу на хроматограмме, г или мл;
 P — количество гидролизуемого образца;
 K — содержание жира в воздушно-сухом веществе, %;
 N — содержание азота в воздушно-сухом веществе, %.

Среднее содержание каждой аминокислоты рассчитывается из 6 параллельных показаний с двух хроматограмм.

Определение аминокислот методом ионообменной хроматографии основано на разделении в полистироловых смолах с последующей элюзией, обработкой нингидрином и колориметрированием. Чаще в ионообменной хроматографии применяют катиониты типа Даукс-50, Амберлит *JR-120* Зео-Карб и другие. Эти смолы относятся к катионообменникам. При сульфировании они присое-

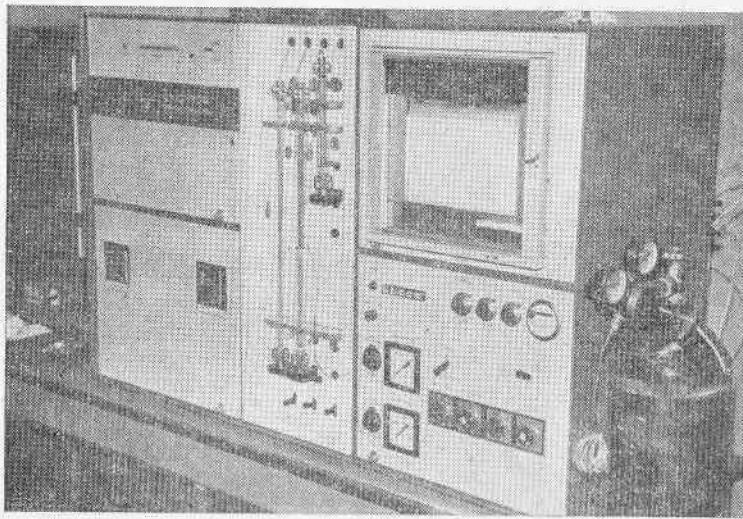


Рис. 5. Автоматический анализатор аминокислот «Унихром».

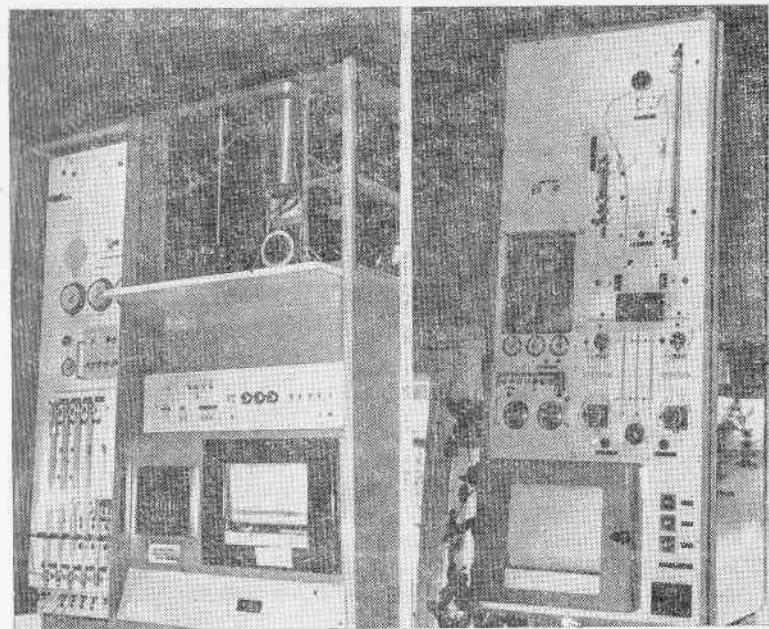


Рис. 6. Автоматический анализатор аминокислот Hd—1200Е.
Рис. 7. Автоматический анализатор аминокислот «Хитачи» КЛА-3.

диняют ионообменные группы SO_3H . В воде смолы сильно набухают, образуя гелеподобную массу. Когда проpusкается гидролизат изучаемого белкового вещества через колонку, заполненную ионообменной смолой, аминокислоты распределяются в соответствии с их R_f между водной фазой и фазой геля. Элюируют аминокислоты буферными растворами при определенных рН.

Указанный метод, разработанный Муром и Стейном, позволил сконструировать для определения аминокислот специальные автоматические аминокислотные анализаторы типа КЛА-3 японской фирмы «Хитачи»: «Унихром» — американской; Hd=1200 Е чехословацкой и другие (рис. 5, 6 и 7).

На автоматическом анализаторе пробу аминокислот вводят в верхнюю часть колонки анализатора вручную или с помощью автоматических заборников проб и элюи-

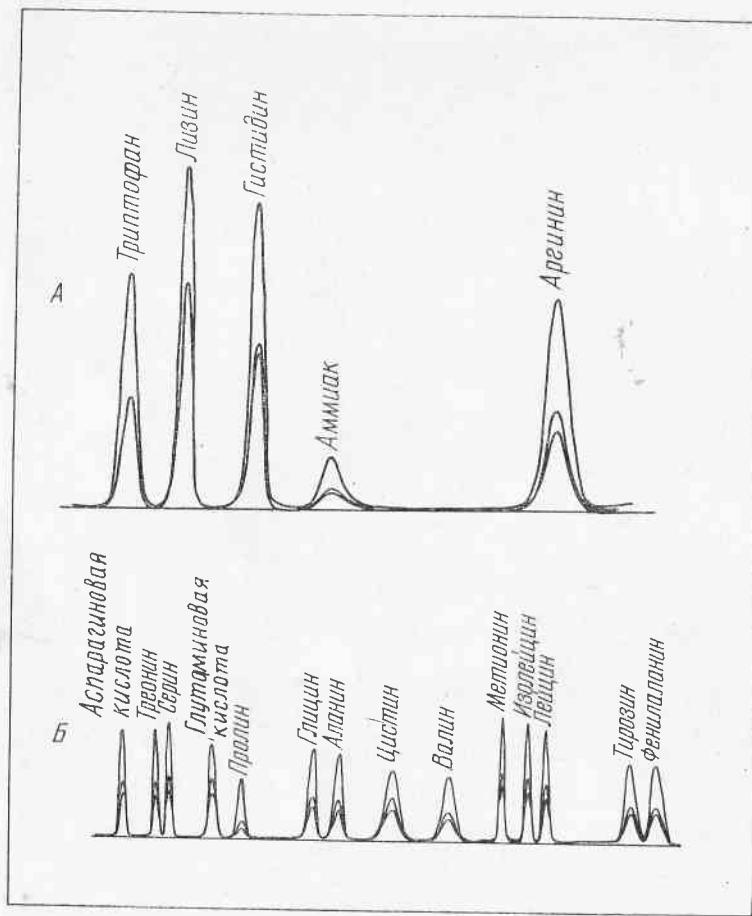


Рис. 8. Хроматограммы аминокислот:
A — основных; B — кислых и нейтральных.

рутут буферный раствор для кислых аминокислот при pH-3,25, для нейтральных — 4,25, для основных — 5,28, которые нагнетаются насосами со скоростью 30 мл/час. После разделения в колонках аминокислоты выходят вместе с буферным раствором в определенной последовательности, попадают в смесительную камеру, где смешиваются с раствором пингидрина, подаваемого нингидриновым насосом со скоростью 15 мл/час. Смесь посту-

пает в реакционную баню, где при 100°C полностью проявляется окраска. Окрашенная смесь проходит через фотометр, фотоэлементы регистрируют ее концентрацию, и данные фиксируются пишущим устройством в виде пиков на ленте бумаги (рис. 8). Все остальные операции — подготовка образца к гидролизу, гидролиз и подготовка гидролизата к анализу — осуществляются аналогичным образом, описанным выше.

Ферментативные методы основаны на ферментативном декарбоксилировании, то есть аминокислота определяется по специальному действию на ее ферменты. Определяются этим методом аргинин, гистидин, лизин, глутаминовая кислота. Количество аминокислоты определяется по выделенной углекислоте или по количеству образовавшегося амина по принципу



Декарбоксилазы обладают строгой стереотипностью, поэтому они используются для определения L-изомера в препаратах DL-аминокислот, но трудность подготовки специфического фермента ограничивает возможности широкого применения этого метода.

Микробиологический метод. Ценность его состоит в том, что для него не требуется гидролиза образца, применяется он для определения большого числа аминокислот, отличается высокой точностью. Сущность метода в том, что определяемая аминокислота лимитирует рост одного из микроорганизмов. Количество аминокислоты в образце определяется по интенсивности его роста. Этот метод достаточно точный, поэтому в США, ГДР и других странах он официально принят для определения аминокислот в кормах и продуктах. Отдельные микроорганизмы, используемые для определения аминокислот, указаны в табл. 3.

Микроорганизмы, используемые для определения аминокислот

Таблица 3

**Заменимые и незаменимые аминокислоты,
их роль в обмене веществ и значение в питании
сельскохозяйственных животных**

Аминокислота	Рекомендуемый тест-организм	Другие, пригодные для исследования организмы
Аланин	<i>Leuconostos citrovorum</i>	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Аргинин	<i>Leuconostos mesenteroides</i>	<i>Lactobacillus debrueckii</i>
Аспарагиновая кислота	<i>Leuconostos mesenteroides</i>	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60
Глутаминовая кислота	<i>Lactobacillus arabinus</i> 17-5	—
Глицин	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Гистидин	<i>Streptococcus faecalis</i> R.	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60
Изолейцин	<i>Lactobacillus arabinus</i> 17-5	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60
Лейцин	<i>Lactobacillus arabinus</i> 17-5	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Лизин	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Метионин	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60	—
Фенилаланин	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60	—
Пролин	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Leuconostos mesenteroides</i> P-60
Треонин	<i>Streptococcus faecalis</i> R.	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Триптофан	<i>Lactobacillus arabinus</i> 17-5	<i>Lactobacillus casei</i>
Тирозин	<i>Leuconostos mesenteroides</i>	<i>Streptococcus faecalis</i> R.
Валин	<i>Lactobacillus arabinus</i> 17-5	

Метод изотопов, основанный на мечении определяемой аминокислоты радиоактивным реагентом и выделении ее из гидролизата, достаточно точный, но требует специального оборудования и соответствующей подготовки персонала.

Из всех описанных в этом разделе методов определения аминокислот наиболее широкое распространение как в нашей стране, так и за рубежом получил хроматографический метод определения аминокислот с применением автоматических анализаторов или бумажной хроматографии.

Более полугода столетия назад Вокелен и Робике (Vauguelin, Robiquet, 1806) открыли первую аминокислоту — аспарагин. Позднее открытия аминокислот продолжались, но только немногим более трех десятилетий назад была установлена жизненная необходимость поступления их в организм в нужном количестве и сочетании. В результате классических исследований отечественных и зарубежных ученых (Rose, 1938; Н. Д. Прянишников, 1935, 1940; Osborne, Mendel, 1914; Willcock, Hopkins, 1906) выяснена роль отдельных аминокислот в обмене веществ, их значение в питании животных, необходимость для построения белка тканей и получения определенной продукции.

Большинство аминокислот, встречающихся в белках тканей животного, могут синтезироваться организмом в процессе обмена. Это аминокислоты заменимые. Другие аминокислоты не могут вообще синтезироваться в организме или достаточно быстро образовываться, чтобы удовлетворить его потребности. Такие аминокислоты были названы незаменимыми, или основными.

Незаменимость некоторых аминокислот установлена еще в начале XX века. Осборн и Мендель (1914) впервые в опытах на крысах, используя рационы с очищенными белками, доказали, что для роста крыс необходимы лизин, триптофан и цистин. Роуз и Кох в 1924 г. установили, что и гистидин также является незаменимой аминокислотой.

В 20-х годах текущего столетия проведена масса исследований по сравнительной ценности отдельных белков корма в зависимости от их аминокислотного состава. К 1935 г. открыли почти все аминокислоты, входящие в состав белков. Стало возможным применить рационы, содержащие вместо белков смесь аминокислот. Роуз (Rose, 1938) в 1938 г. методом исключения аминокислот из рациона установил, что для роста молодых крыс незаменимыми являются 10 аминокислот — аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин. После этого твердо устоялось мнение о том, что указанные выше аминокис-

лоты должны доставляться с кормом в достаточных количествах.

Через 10 лет после работ Роуза исследованиями Шелтона (Shelton a. o., 1950), Бисона (Beeson a. o. 1948, 1949) было установлено, что для обеспечения нормального роста свиньям необходимы те же 10 незаменимых аминокислот, а птице, кроме того, еще и глицин.

Заменимые аминокислоты

Из 19 аминокислот, указанных в табл. 12, которые постоянно встречаются в белках, только 9 относятся к числу заменимых — глицин, аланин, серин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, цистин, тирозин, пролин, оксипролин. Роль этих аминокислот в организме животных достаточно хорошо изучена.

Глицин, или гликокол (аминоуксусная кислота), выделен из белковых гидролизатов раньше других аминокислот (Броконно, 1820). В определенных количествах он входит в состав многих белков, но особенно много его в желатине. Из простых белков глобулины богаче глицином, чем альбумины (глобулины — 3,5%, альбумины — 0,4—1,9%). Гистоны содержат его в малых количествах. Глицин является составной частью глутатиона, который входит в состав ферментов, имеющих значение в углеводном обмене. Вазопрессин и окситоцин (гормоны задней доли гипофиза) содержат его в виде амида. Обычно в процессе обмена глицин синтезируется переаминированием из глиоксиловой кислоты, а также может образовываться при распаде серина. В питании птицы эта аминокислота незаменима. Введение глицина в рацион кур усиливает процесс переаминирования в тканях тела, ускоряет окислительно-восстановительные процессы.

Аланин наиболее распространенная аминокислота. Она оптически деятельна и существует в двух формах — *l*-право- и лево- *d*-вращающей, но *l*-аланин более распространен, *d*-Аланин входит в состав пантотеновой кислоты и кофермента А. В азотистом обмене аланин является источником для синтеза других аминокислот путем переаминирования. Через эту функцию вместе с «первичными» аминокислотами — глутаминовой и аспараги-

новой — аланин является как бы связующим звеном углеводного и азотистого обмена. При диабете и голодании аланин проявляет антикетогенные свойства (снижает кетонурию). В организме он образуется из пировиноградной кислоты путем аминирования, из аспарагиновой кислоты, а также из триптофана, цистина, оксипролина.

Серин широко распространен в природных белках. Благодаря наличию в его составе группы —OH он участвует в образовании многих соединений разной прочности.

В состав мозга серин входит в форме серинфосфата. В организме является предшественником холина и коламина. Трансаминирование серина проходит в организме медленно. Присоединив фосфорную группу, он значительно активизируется. Образуется в организме из фосфоксилирувата путем трансаминирования. Может образовываться из гликокола. Глобулины содержат небольшое количество серина.

Аспарагиновая кислота входит в состав многих белков. Много ее в белках крови (фибрин), в гемоглобине, пепсине (6,8%), в яичном альбумине (8,2%), в казеине (до 6,3%). В виде *n*-ацетиласпарагиновой кислоты обнаружена в мозгу. При аминировании легко переходит в амид — *l*-аспарагин. В организме аспарагиновая кислота является источником кофермента А и пантотеновой кислоты. Вместе с глутаминовой кислотой и аланином являются переносчиком и депо азота. Общее содержание этих аминокислот в белках организма достигает 25—30%. Образуются они при обмене из щавелоуксусной кислоты, валина, лейцина и метионина путем переаминирования.

Глутаминовая кислота наиболее широко распространена в природе. Вместе со своим амидом глутамином составляет 80% небелкового азота мозга, что в 15 раз больше, чем в крови. Поскольку нервная ткань особенно чувствительна к аммиаку, то роль глутаминовой кислоты в мозгу состоит в обезвреживании аммиака и превращении его в безвредный для нервной ткани глутамин. Фибрин крови, яичный альбумин, пепсин, кератины шерсти, казеин молока, белки печени и мышц содержат глутаминовой кислоты от 10 до 30%. Из растительных белков ее много содержится в зерне кукурузы, эдестине семян, в

белках соевых бобов, гордение ячменя, глиадине и глютенине пшеницы и других.

Цистин входит в состав белков в небольших количествах. Сравнительно богаты цистином кератины (белки, шерсти, волос); растительные белки бедны им. Эта аминокислота принимает участие в обмене желчных кислот, в присутствии метионина стимулирует рост животных. На метионин он оказывает сберегающее действие, входит в состав глютатиона, может превращаться в цистин и, наоборот, цистеин переходит в цистин. Избыток цистина ведет к повышению кариеса зубов (Л. Н. Горожанкина, 1968). По накоплению цистина в коже можно судить об обеспеченности организма каротином или витамином А (Л. Б. Айзинбус и др., 1966).

Тирозин по химическому строению является оксифенилаланином, служит источником для образования гормона щитовидной железы — через тиронин превращается в тироксин (тироzin → тиронин → тироксин). Участвует он и в образовании пигментов волос, кожи, перьев. При распаде (гниении) белков под действием микроорганизмов пищеварительного тракта из тирозина образуются крезол и фенол (яды), которые обезвреживаются печенью. Белковое голодание нарушает ферментные системы, которые окисляют тирозин.

Богаты тирозином глобулины, в инсулине, например, содержится его до 12%, а также кератины шерсти. Участвует он в образовании адреналина, входит в состав спермиев, окситоцина. Из растительных белков богаты им зеин кукурузы, белки картофеля.

Пролин в больших количествах обнаружен в коллагене (до 15%), кератине (до 8,5%), желатине (до 25%), зеине кукурузы (до 12%), глютенине пшеницы (до 12%), а также в продуктах распада белков.

Незаменимые аминокислоты

В жизнедеятельности организма незаменимые аминокислоты играют большую роль. Недостаток их приводит к глубоким нарушениям функций различных органов и целых систем.

Лизин входит в состав сложных белков ядра (нуклеопротеидов). Отсюда во всех тканях, содержащих

большое количество ядерного вещества, например в железистых, лизина много. Лизин и все диаминомонокарбоновые кислоты характеризуются щелочными свойствами благодаря наличию двух групп — NH₂, поэтому белки такие, как протамины и гистоны, которые содержат диаминомонокарбоновые кислоты, имеют слабощелочной характер. Лизин — наиболее лимитирующая аминокислота для животных. Он не синтезируется в организме, а его α-кето- (окси)-кислота не аминируется и не трансаминируется, следовательно, обмен идет необратимо, в отличие от других аминокислот, которые путем аминирования соответствующих α-кетокислот могут превращаться в аминокислоты. Белки животного происхождения значительно богаче лизином по сравнению с растительными.

Аминокислота лизин преобладает в белках плазмы спермы, весьма важна для роста животных, принимает участие при синтезе гемоглобина, наряду с аргинином входит в состав сперматозоидов, необходима для поддержания половой функции, влияет на увеличение молочной продуктивности. При скармливании рационов, бедных лизином, животные резко снижают привесы, ухудшается их общее состояние, снижается аппетит. У лабораторных животных при недостатке в диете лизина развивался кариес зубов (Dodds, 1964), наблюдалась кальцификация костей и недоразвитость эпифизарных хрящей (Harris a. o., 1943; Graham a. o., 1961; Rohdenburg, 1958).

Поросыта особенно быстро реагируют на недостаток лизина понижением оплаты корма, сухостью и огрубением волосяного покрова, анемией (тормозится синтез гемоглобина), общим истощением (Куна, 1961; Athens a. o., 1958). Добавка аминокислоты до нормы устраняет указанные симптомы. Недостаток лизина часто наблюдается в рационах, где основным компонентом концентратной смеси является кукуруза. В питании l-лизин не заменяется его d-изомером (Вегу, 1936).

Метионин — серусодержащая аминокислота, входит в состав многих белков в небольших количествах. Осборн доказал, что сера, входящая в состав метионина, устойчива к щелочам. Сера же цистина и цистеина щелочнолабильна. Альбумины и глобулины, коллагены, эластины и особенно растительные белки бедны метионином.

Так же, как и лизин, метионин способствует быстрому росту животных. Он непосредственно влияет на син-

тез гемоглобина, необходим для нормального роста волосяного покрова, так как в кератинах (белках шерсти, волос) метионина много. Кроме того, метионин является хорошим донатором метильных групп, в частности при синтезе холина. Введение достаточного количества холина в рацион оказывает на метионин сберегающее действие. Установлено (Т. В. Венкстерн, 1967), что метильная группа метионина непосредственно переходит в ДНК и является универсальным источником метильных групп для всех нуклеиновых кислот.

Потребность в метионине может быть частично заменена цистином (на 40—53%), как это вытекает из исследований Shelton a. o. (1951), Curtin a. o. (1952), Becker (1955), однако существует мнение, что возможность такой замены зависит от наличия в рационе витамина B_{12} и фолиевой кислоты (А. Майстер, 1961). Взаимосвязь витамина B_{12} и метионина подтверждается исследованиями ряда авторов (А. Майстер, 1961; В. Букин, 1952; Cunha a. o., 1949; Sewell a. o., 1952). При недостатке в рационе цистина он образуется в организме из метионина, поэтому контроль рациона по цистину осуществляется с целью добавочной обеспеченности метионином за счет цистина.

Надо отметить, что значительное количество кормов, употребляемых в практике кормления, сравнительно бедны метионином, и животные часто испытывают недостаток в этой аминокислоте. Зачастую он является первой лимитирующей аминокислотой, особенно в рационах птицы.

Недостаток метионина в рационе вызывает снижение привесов, ухудшение оплаты корма, анемию, огрубление волосяного покрова, ожирение печени, мускульную атрофию. Животные быстро отзываются на добавление метионина к недостающему по этой аминокислоте рациону, улучшая рост. Добавка его обычно употребляется в виде DL-формы. D- и L-формы метионина в равной мере используются организмом.

Триптофан в небольших количествах обнаружен во многих белках. При отсутствии его в белке продукт теряет свою биологическую ценность, так как триптофан играет важную роль в процессе обмена веществ и является источником никотиновой кислоты. Распад триптофана в организме приводит к образованию аланина и антраниловой или оксиантраниловой кислоты. Большая

нагрузка триптофаном приводит к выделению никотиновой кислоты и ее производных с мочой. В биосинтезе никотиновой кислоты из триптофана большую роль играет витамин B_c .

Триптофан относится к числу аминокислот, участвующих в синтезе гемоглобина. Установлено, что он частично расходуется в организме для синтеза ниацина (А. Браунштейн, 1950). Обратное превращение невозможно. Следовательно, контролируя рационы по триптофану, необходимо обращать внимание на обеспеченность их по ниацину. Белки, содержащие триптофан, обладают антиpellагрической активностью, переходя в никотиновую кислоту, РР, ниацин.

В процессе обмена веществ триптофан под действием ферментов переходит в серотонин, оказывающий сильное влияние на сосуды и центральную первую систему. Кроме того, он участвует в образовании пигмента глаз и необходим для активирования действия витамина B_2 . При недостатке триптофана в рационе наблюдается огрубение волосяного покрова, помутнение хрусталика (катаракта), расстройство половой деятельности (атрофия семенников и яичников, некроспермия), понижение привесов и снижение потребления корма (Beeson W. a. o., 1949), выпадение шерсти, анемия и поражения зубов. Добавление триптофана к рациону устраняет симптомы недостаточности и способствует выздоровлению.

Аргинин широко встречается в природных белках, особенно щелочного характера (протамины, гистоны). Сравнительно много его в глобулинах (эдестин семян хлопчатника). Зеин кукурузы беден аргинином. В организме эта аминокислота является источником образования никотина, пролина, аспарагиновой кислоты и цитруллина. Аргинин — основная аминокислота половых продуктов животных. Он необходим для нормального течения сперматогенеза (белок спермиев протамин на 80% состоит из аргинина). Аргинин, по-видимому, в большей степени необходим особям мужского пола, так как в белках мышц хрячков его на 25—30% больше, чем у свинок (А. Овсянников, 1963).

Особенно важно обогащать рационы этой аминокислотой при интенсивном использовании производителей. Входит аргинин в состав гормона гипофиза — вазопрессина, регулирующего кровяное давление. Включаясь в

орнитиновый цикл, он выполняет существенную роль в обезвреживании избытка мочевины, участвует в биосинтезе креатина мышц.

В организме свиней аргинин синтезируется на 60% его потребности из орнитина (Дьюел, 1952; Mertz a. o., 1952). Следовательно, можно предположить, что в рационе свиней он частично заменим. Недостаточное поступление аргинина с кормом угнетает сперматогенез, уменьшает интенсивность роста, особенно у хрячков, увеличивает затраты корма на единицу привеса. Цыплята практически не синтезируют аргинин, он полностью заменяется цитруллином.

Гистидин входит в состав карнозина (азотистого экстрактивного вещества мышц) и гомокарнозина (найден в мозгу).

Необходим гистидин для нормализации азотистого обмена, синтеза гемоглобина, ядерных белков и целого ряда ферментов (С. Е. Северин, 1965).

В процессе обмена веществ путем декарбоксилирования гистидин превращается в гистамин, повышающий секрецию пищеварительных соков и работу сердечно-сосудистой системы животного. В мышечной ткани гистидин образует с аланином дипептид карнозин, который является сильным возбудителем секреции пищеварительных желез.

При недостатке гистидина в рационе наблюдается понижение привесов с ухудшением оплаты корма, снижение аппетита, уровня гемоглобина, интенсивности роста (Eggert R. a. o., 1955). Кроме того, надо отметить, что гистидин, как и аргинин, является полузаменимой аминокислотой. Он может частично синтезироваться в организме, но синтез идет настолько медленно, что не удовлетворяет потребность, особенно при интенсивном росте (А. Майстер, 1961).

Лейцин получил свое название из-за белого цвета кристаллов, он входит в состав многих белков. В инсулине, например, количество этой аминокислоты доходит до 30%. Сравнительно богаты лейцином глобулины. Лейцин участвует в синтезе тканевых белков, каратиноидов, кофермента А, холестерила. Входит в состав окситоцина, стимулирующего сокращение матки и изгнание плода, а также повышающего отделение молока.

При избыточном введении лейцина с кормами возни-

кает ацидоз и кетоз, что часто наблюдается при кормлении высокопродуктивных животных.

Изолейцин — одно из трех производных капроновой кислоты, антагонист лейцина. Замена лейцина изолейцином в окситоцине приводит к полной потере активности гормона. Входит в состав многих белков, способствует усвоению пищевых аминокислот. В обмене он связан с лейцином и валином. Имеются данные (А. Майстер, 1961), что треонин в процессе обмена является предшественником изолейцина. Недостаток этой аминокислоты вызывает потерю эндогенного азота и нарушает белковый обмен, в результате чего наступает исхудание.

Треонин входит в состав многих белков, является антагонистом серина и метионина, содержит одинаковое с серином количество групп $-\text{OH}$, NH_2 , $-\text{COOH}$, поэтому схож с ним и по химическим свойствам. Обладает гликогенотическим действием, является предшественником изолейцина. Треонин имеет четыре изомера, так как содержит два ассиметрических атома углерода. Излишнее введение треонина в рацион собак приводило к смертельному исходу. В организме он образуется из гомосерина в присутствии АТФ. Треонин был последней аминокислотой, обнаруженной в составе белка. В 1935 г. он был выделен из кислотных гидролизатов фибрина Роузом и другими.

Установлено, что треонин является предшественником адреналина, а в щитовидной железе — гормонов тироксина и трийодтиронина (А. Майстер, 1961).

Фенилаланин представляет собой по строению аланин, в котором один водород в метильной группе замещен фенильным радикалом (отсюда и название фенилаланин). Широко встречается в белках животного происхождения (казеин — 5,0%, альбумин сыворотки — 7,8%, γ -глобулин — 4,6%, пепсин — 6,4%, инсулин быка — 8,1%, эдестин — 5,45%). В преобладающем количестве обнаружен в сперме сельскохозяйственных животных. Из растительных кормов богат фенилаланином зеин кукурузы (6,4%). В обмене связан с тирозином, поэтому потребность животных в фенилаланине на 70% может быть заменена тирозином. Предполагают (Куна, 1961), что у свиней фенилаланин в меньшей степени превращается в тирозин, если последнего содержится в корме достаточное количество.

Функции фенилаланина в организме во многом сходны с теми, которые выполняет тирозин, то есть входит в состав тироксина, адреналина, меланинов. Тирозин может образоваться из фенилаланина, обратное превращение не происходит. Более того, установлено, что обмен фенилаланина в организме идет через стадию тирозина. Фенилаланин способствует кроветворению.

При недостатке этой аминокислоты нарушается синтез адреналина и тироксина, ухудшается пигментация.

Валин участвует в образовании кофермента А, связан с обменом метилмасляных кислот, каротиноидов, холестерина, усиливает образование гликогена в печени. При недостатке валина в диете крыс наблюдали нарушение функций нервной системы, мышечную слабость. В больших количествах валин содержится в казеине молока, глобулинах хлопчатниковых и соевых семян, в земляных орехах. Много его в белках кукурузы, в дрожжах, особенно пивных.

Валин способствует нормальной деятельности нервной системы, в обмене тесно связан с лейцином и изолейцином. Эта аминокислота относится к числу глюкозенных, то есть усиливает образование гликогена в печени и участвует в синтезе белка тканей. При недостатке или отсутствии его в рационе возникает гиперстезия — повышенная чувствительность нервных окончаний, нарушается координация движений, появляется общая слабость, дрожание (А. И. Овсянников, 1963).

На недостаток валина также, как и любой другой аминокислоты в рационе, животные обычно реагируют понижением аппетита (анорексия), отрицательным балансом азота.

Взаимосвязь аминокислот в обмене с витаминами, минеральными и органическими веществами

Приведенная краткая характеристика аминокислот дает общее представление о их роли в обмене веществ без учета комплексного влияния всех других питательных веществ. Аминокислотное питание рассматривается как качественная сторона протеинового питания и не может трактоваться изолированием от обеспеченности животных достаточным количеством витаминов, минераль-

ных солей и других питательных веществ, поскольку их роль в процессе белкового обмена в организме существенна.

В этом вопросе особый интерес представляют витамины комплекса В (B_2 , B_6 , B_{12}), которые непосредственно принимают участие в синтетических процессах превращения азотистых веществ и некоторых микроэлементов (медь, кобальт и др.).

Витамин B_2 участвует в синтезе важнейших ферментов — желтого дыхательного фермента, диаферазы, цитохромредуктазы, аминокислотной оксидазы и ксантинооксидазы. Входя в состав молекулы ферментов, он является частью простетической группы их.

Витамин B_6 непосредственно влияет на обмен белков, участвуя в реакциях переаминирования и декарбоксилирования аминокислот. Фосфопиридоксал — производное витамина B_6 — является коферментом декарбоксилаз аминокислот. Недостаток его в рационе приводит к нарушению обмена аминокислот, в частности триптофана. Миллер, Шмидт и другие установили, что 0,75 мг пиридоксина на 1 кг сухого вещества рациона не устраивает нарушение обмена триптофана у молодых поросят, но предохраняет их от микроцитарной гипохромной анемии, лимфонемии и нейтрофилии. В их опытах достаточной дозой оказалась 1 мг на 1 кг сухого вещества рациона.

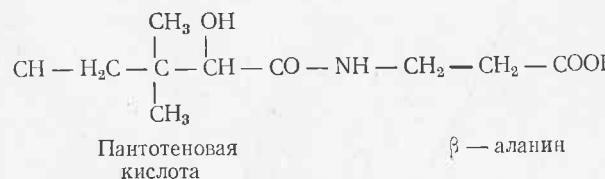
Витамин B_{12} играет важную роль при синтезе лабильных метильных групп и в восстановлении глютатиона, коэнзима А, гомоцистеина при синтезе метионина, пуринов и пирамидинов. Но главная его роль — участие в биосинтезе белка. Содержится витамин B_{12} главным образом в кормах животного происхождения. Добавление этого витамина к растительным смесям обеспечивает при значительной экономии кормов увеличение привесов и повышение эффективности растительных белков. Этот эффект действия витамина B_{12} может быть связан, как установлено в исследованиях В. Н. Букина (1952), с лучшим использованием аминокислот путем снижения их содержания в крови и ускоренного включения в молекулу белка.

Установлено, что витамин B_{12} снижает потребность животных в метионине. Ростстимулирующее действие его объясняли участием витамина в ресинтезе метионина из

гомоцистеина (Smith, 1962). Однако, как теперь стало известно, значительное влияние витамина B_{12} оказывает и на ускорение катаболизма ряда незаменимых аминокислот, в том числе и метионина (Dryden, 1971), и таким образом снимает неблагоприятное действие дисбаланса аминокислот, вызванного избытком некоторых из них по отношению к лимитирующему.

Выше отмечалась непосредственная связь холина с метионином и ниацина с триптофаном. Эти аминокислоты являются источниками указанных витаминов в организме в случае недостаточного их поступления с кормом. Следует отметить, что 40—50% холина и ниацина находится в кормах в неусвояемой для животных форме, поэтому метионин и триптофан расходуются для синтеза холина и ниацина, даже если общий уровень обеспеченности животных этими витаминами достаточен.

Как правило, витамины группы В проявляют свои функции регуляторов обмена в виде комплекса витамин—белок, а пантотеновая кислота, входящая в состав коэнзима А (важнейшего катализатора обмена веществ), содержит в своем составе остаток β -аланина



Витамины повышают полноценность белка пищевых продуктов, улучшают его использование в организме. Так, в опытах В. Н. Букина и Н. А. Водолазской (1950) никотиновая кислота оказалась эффективным средством повышения пищевой ценности белка ржи, пшена, овсянки и особенно кукурузы. Привес лабораторных животных возрастил на 22—73%. Фолиевая кислота (витамин B_9) также участвует в регуляции белкового обмена и необходима в процессах синтеза и переноса метильных групп (функция, подобная витамину B_{12}).

В опытах на лабораторных животных с помощью радиоизотопного метода выявлена взаимосвязь между лизином и витамином D и доказано их влияние на минеральный обмен (Wasserman a. o., 1957). Недостаток в

рационе витамина Е ограничивает превращение метионина в цистин (Hathcock a. o., 1966).

Не менее важную роль в регуляции аминокислотного обмена играют минеральные вещества. Многие минеральные вещества входят в состав аминокислот, гормонов, витаминов и этим самым оказывают влияние на обмен веществ в организме. Так, например, витамин B_{12} содержит в своем составе кобальт. Йод входит в состав аминокислот 3,5-дийодтирозина, трийодтиронина и тироксина, бром — в состав 3,5-дибромтирозина, сера — в состав метионина, цистина и цистеина, биотина и тиамина. Кроме того, ряд аминокислот в процессе обмена образуют промежуточные комплексные соединения. Так, серин, например, присоединяет ортофосфорную кислоту и превращается в фосфосерин. Глицин может присоединять ионы меди, гистидин — кобальт с образованием комплекса.

Хейнике с сотр., изучая потребность морских свинок в аминокислотах, обнаружил, что удовлетворительный рост животных в ответ на увеличение содержания аминокислот в рационе наблюдался только при одновременном добавлении калия и марганца.

В опытах Дж. Лейблольца и др. (1967) бесспорно доказана зависимость использования лизина свиньями от содержания в рационе калия. Добавление калия к рациону понижало уровень свободных основных аминокислот в плазме крови, скелетных мышцах и тканях почек.

Bavetra a. Bernick (1955) показали, что при содержании молодых крыс на рационах, бедных лизином и триптофаном, наблюдается нарушение минерального обмена. В трубчатых и губчатых костях обнаруживался прогрессирующий остеопороз, перерождение костного мозга, замещение миелоидных элементов жировой тканью. Кости становились хрупкими и не выдерживали нормальных нагрузок.

В работах О. А. Шишовой (1959) на лабораторных животных введение в просвет кишечника АТФ, фосфата и ионов магния стимулировало всасывание аргинина, лизина, *l*-глутаминовой кислоты, а в некоторых случаях и триптофана.

Доказана также зависимость использования отдельных аминокислот от содержания углеводов. Robinson a. Felber (1965) установили, что в присутствии глюкозы,

галактозы или фруктозы значительно снижается использование лизина. Метионин плохо используется в рационах со значительным содержанием картофельного крахмала.

О взаимосвязи аминокислот и углеводов в обмене веществ свидетельствует тот факт, что из углеродных цепей гликогенных аминокислот (гликоколл, аспарагиновая кислота, аланин, тирозин, фенилаланин, валин, серин, треонин, цистин, аргинин, глутаминовая кислота, пролин) могут синтезироваться углеводы. При распаде эти аминокислоты образуют пировиноградную кислоту — промежуточный продукт синтеза углеводов, через которую осуществляется взаимосвязь аминокислотного и жирового обмена. Например, глицерин, окисляясь в глицериновую кислоту и затем, превращаясь в пировиноградную, принимает участие в синтезе незаменимых аминокислот. Из кетогенных аминокислот (лейцин, изолейцин, тирозин, фенилаланин) в результате декарбоксилирования образуются кетокислоты, которые превращаются в жирные кислоты.

Глава II.

ПОТРЕБНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В ПРОТЕИНЕ И АМИНОКИСЛОТАХ

Из многих факторов, оказывающих влияние на уровень потребности сельскохозяйственных животных в протеине, наиболее существенное значение имеют: 1) особенности превращения азотистых белковых и небелковых веществ в процессе обмена и 2) качество (биологическая ценность) потребляемого животными протеина. При обосновании оптимальных норм потребности в протеине различных видов животных учет этих факторов является решающим.

Особенности превращений белков и небелковых азотистых веществ в пищеварительном тракте животных

Значительные изменения, которые претерпевают питательные вещества кормов, в том числе и протеин, проходя сложный путь превращений в организме животного, объясняются прежде всего спецификой их обмена. У сельскохозяйственных животных в обмене веществ есть определенные внутри- и межвидовые различия, однако наиболее заметно они выражены уmono- и полигастрических животных.

Межуточный обмен в организме всех животных проходит по очень сходной схеме, основные же различия обнаруживаются на первом этапе обмена — в процессе переваривания пищи. Это особенно относится к обмену азотистых веществ белка, аминокислот, амидов. Специфика превращения азотистых веществ корма в пище-

варительном тракте у моно- и полигастральных животных в значительной мере определяет существующие между ними различия в обмене белка и в связи с этим — отношение к качеству потребляемого протеина и полноценности протеинового питания.

Таким образом, знание особенностей превращения азотистых веществ в пищеварительном тракте — существенное и необходимое условие для организации полноценного и сбалансированного протеинового питания сельскохозяйственных животных и нормирования протеина в рационах.

Под влиянием различных экологических условий, качественных особенностей потребляемых кормов у животных разных видов в процессе эволюционного развития произошли существенные изменения в структуре пищеварительных органов. Характер строения пищеварительных органов в их функции определяют собой особенности в использовании животными питательных веществ кормов. Для нас особый интерес представляет рассмотрение особенностей пищеварения у жвачных, свиней и птицы и в связи с этим превращение у этих животных белков и аминокислот.

Многокамерный желудок жвачных приспособлен к симбионтному пищеварению. Состоит он из четырех отделов: рубца, сетки, книжки и съчуга (рис. 9). Из них только съчуг имеет железы внутренней секреции, являясь собственно желудком, подобным желудку моногастрических животных. Рубец, книжка и сетка выполняют роль преджелудков и не имеют железистой ткани. Наиболее важную роль в пищеварении играет рубец. Именно здесь происходят основные симбионтные превращения питательных веществ, осуществляемые населяющими его многочисленными инфузориями и бактериями. У взрослых животных рубец представляет собой мощную бродильную камеру емкостью от 4 до 10 литров у овец и от 100 до 300 литров у коров (Н. В. Курилов, А. П. Кроткова, 1971). У молодняка жвачных преджелудки развиты слабо, однако с возрастом они быстро увеличиваются в объеме. Так, при рождении у телят рубец и сетка вместе взятые составляют только половину съчуга, а к 10—12-недельному возрасту они уже в два раза больше его. К 3-месячному возрасту съчуг увеличивается в 3 раза, книжка — в 10, сетка — в 20, рубец — в 34 раза по

сравнению с весом при рождении. Постоянных размеров все преджелудки и съчуг достигают к 18-месячному возрасту (Н. В. Курилов, 1971).

Примерно до 3-месячного возраста у телят основную нагрузку в процессах пищеварения несет съчуг. Микробиологические процессы в преджелудках у молодняка жвачных в молочный период ограничены и не имеют

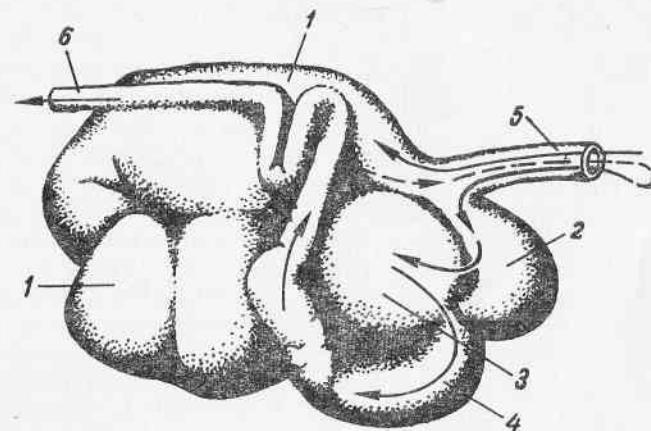


Рис. 9. Сложный желудок жвачных:
1 — рубец; 2 — сетка; 3 — книжка; 4 — съчуг; 5 — пищевод; 6 — тонкий кишечник.

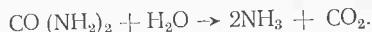
практического значения для синтеза. В этот период у телят и ягнят преобладает тип кишечного пищеварения, как у моногастрических животных. Как установлено исследованиями П. И. Жеребцова и М. М. Седых (1962), у телят до 3—4-месячного возраста очень интенсивно функционируют главные пищеварительные железы. С переводом телят на растительные корма кишечный тип пищеварения заменяется желудочно-кишечным. У телят 6—7-месячного возраста 28—39% всех потребляемых органических веществ переваривается и всасывается в многокамерном желудке (Е. М. Федий, 1967). По данным Д. К. Куимова (1961), переход к кормам растительного происхождения приводит к существенному изменению функции съчужных желез, поджелудочной железы и секреции желчи.

Таким образом, у жвачных животных в связи с изменением типа кормления с возрастом изменяются и функции пищеварительных органов и желез. Если в ранний период усиленно функционируют главные пищеварительные железы и пищеварение протекает по типу, близкому к моногастрическим животным, то с переходом на растительные корма основную роль в переваривании корма начинают играть преджелудки и особенно рубец.

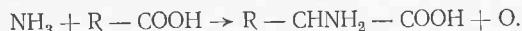
Белки растительного и животного происхождения расщепляются в рубце до пептидов, аминокислот и аммиака. Одновременно происходит синтез бактериального белка. Очень важная особенность пищеварения в рубце состоит в том, что здесь видоизменяются простые азотистые вещества, белок и аминокислоты и переходят в новое качественное состояние в соответствии с потребностью организма. Основную роль в расщеплении белка играет микробиологический протеолиз. Рубцовая жидкость, как показал Сим (Sym, 1938), обладает слабой протеолитической активностью. По данным Мак Дональда (Mc Donald, 1948, 1952), главным конечным продуктом расщепления белка корма в рубце является аммиак, который наряду с аминокислотами представляет основной источник азотистых веществ для бактериального синтеза.

Большое практическое значение имеет то, что рубцовая микрофлора способна расщеплять и использовать для своего роста не только белки и аминокислоты корма, но и небелковые азотистые вещества, поступающие в пищеварительный тракт в составе растительных кормов или в чистых соединениях. С зелеными растительными кормами, корнеплодами и силосом жвачные потребляют от 10 до 30% (от общего содержания в растениях) небелкового азота, представленного амидами и свободными аминокислотами.

Эта особенность использования жвачными небелковых азотистых соединений широко и с большим эффектом используется в практике кормления. Из многих азотистых соединений наибольшей популярностью у животноводов пользуется мочевина. В рубце мочевина расщепляется уреазой (фермент, вырабатываемый микроорганизмами рубца) до аммиака и углекислого газа



Процесс расщепления одновременно сопровождается синтезом в результате реакции аминирования. Отщепляющийся от мочевины аммиак используется для синтеза аминокислот



Необходимые для этой реакции кетокислоты образуются в рубце при ферментации углеводов.

Процессы синтеза аминокислот и бактериального белка в рубце жвачных наиболее благоприятно протекают при оптимальном уровне легкогидролизуемых углеводов.

Распад мочевины в рубце идет очень интенсивно, и микроорганизмы не в состоянии полностью использовать освобождающийся аммиак. Усвоение бактериями отщепляемого аммиака идет в 4 раза медленнее, чем распадается мочевина (Н. В. Курилов и А. П. Кроткова, 1971). Этот факт вызывает необходимость изыскания способов, снижающих уреазную активность, или средств, задерживающих быстрый распад мочевины в рубце. Неиспользованный для синтеза аминокислот и бактериального белка аммиак всасывается в венозную кровь и поступает в печень, где из него образуется мочевина. Часть всосавшегося аммиака возвращается вновь в рубец в виде мочевины слюны. В основном же образовавшаяся в печени мочевина выделяется с мочой. Весь процесс превращения азотистых веществ у жвачных можно представить в виде схемы (стр. 49).

Наиболее действенным фактором эффективного использования и сокращения потерь азота для организма является создание условий для повышенного синтеза микробного белка путем подбора кормов в рационе, оптимального сочетания легкогидролизуемых углеводов и азотистых веществ.

В зависимости от природы потребляемого азотистого вещества и вида углеводистого корма синтез микробиального белка колеблется в значительных размерах. Сейчас установлено, что оптимальным сахаро-протеиновым отношением рациона, обеспечивающим наиболее благоприятные условия для синтеза микроорганизмов рубца, считается 0,8—1,2 (А. С. Солун и др., 1968).

Сухие препараты бактерий и протозоя рубца имеют следующий химический состав (Mc Naught, 1954).

	Бактерии	Протозоя
Вода	11,2	8,2
Протеин	41,8	26,5
Полисахариды	32,0	62,1
Липиды	2,4	1,4
Зола	6,7	2,3

Приведенные данные свидетельствуют о высоком содержании протеина в симбионтах.

Исследованиями отечественных и зарубежных авторов установлено, что у взрослого животного (корова, бык, вол) за сутки может синтезироваться до 450 г бактериального белка, а это обеспечивает около 30% общей потребности в протеине. Биологическая ценность белка бактериального синтеза очень высокая. По данным Веллера (Weller, 1957), белок бактерий и инфузорий рубца богат наиболее критической аминокислотой — лизином. Это подтвердилось и в опытах других авторов (табл. 4).

Таблица 4

Содержание аминокислот в микробной фракции рубцового содержимого в сравнении с белком травы и рыбной муки

Аминокислоты	Содержание азота аминокислот по отношению к общему азоту, %			
	Бактерий	Инфузорий	Белка травы	Рыбной муки
Аспарагиновая кислота	6,7—6,8	7,4—8,4	4,7—5,4	10,3—10,6
Треонин	3,5—3,8	3,1—3,7	3,7—4,2	4,3—7,3
Серин	2,5—3,0	2,6—3,2	3,2—3,8	3,4—4,4
Глутаминовая кислота	6,6—7,5	7,9—8,7	6,4—7,8	12,1—14,8
Пролин	2,1—2,8	1,9—2,9	3,5—3,8	—
Глицин	5,9—6,3	4,7—5,7	6,4—7,0	6,1—10,1
Аланин	6,4—6,5	4,1—4,6	5,7—6,0	6,1—7,9
Цистин	0,7—0,8	1,1—1,3	1,1—1,6	1,6—2,3
Валин	4,4—4,5	3,6—4,1	4,5—4,8	3,6—6,4
Метионин	1,5	1,0—1,4	1,2—1,6	1,5—3,2
Изолейцин	3,6—3,8	4,3—4,9	3,3—3,5	4,3—5,5
Лейцин	4,5—4,7	5,6—5,7	5,3—5,9	8,0—8,8
Тирозин	2,0—2,2	2,0—2,4	1,5—1,7	1,3—3,0
Фенилаланин	2,3—2,5	2,8—3,3	3,3—3,6	3,2—8,8
Гистидин	2,6—3,0	2,6—3,4	3,6—4,0	2,1—4,1
Лизин	7,5—8,2	10,6—12,6	5,0—6,8	4,2—12,7
Аргинин	8,6—9,3	8,1—10,6	12,0—14,0	5,6—9,4

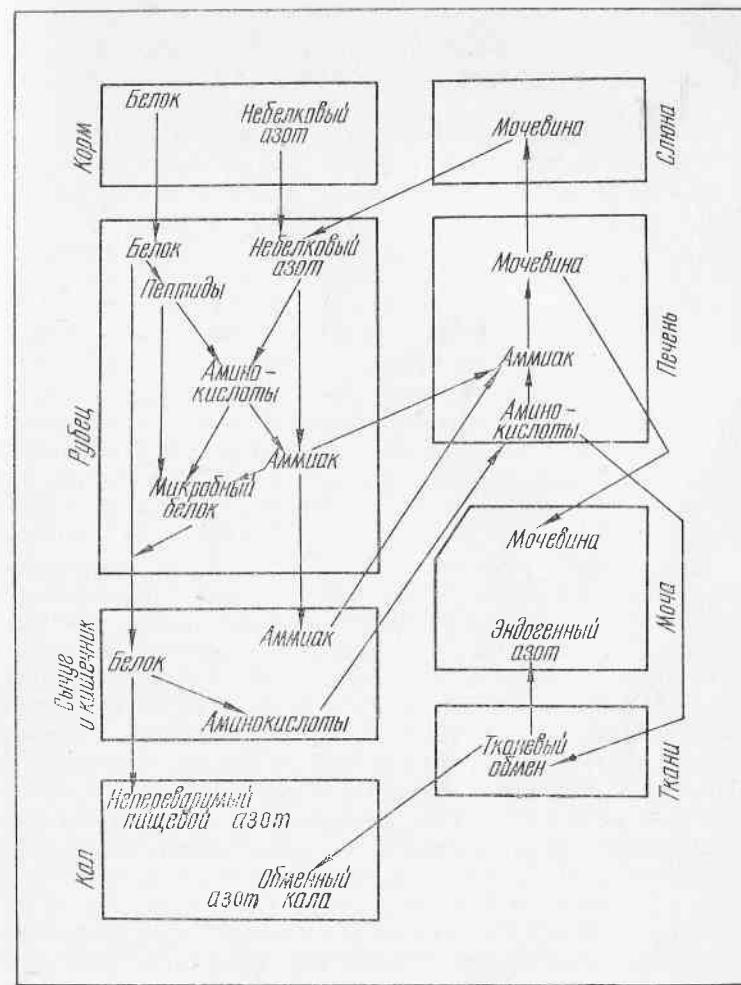


Рис. 10. Азотистый обмен у жвачных животных.

Поступление бактериального белка в последующие отделы кишечника обеспечивает в итоге высокую полноценность протеинового питания жвачных независимо от качества протеина кормов рациона. Этот тезис лежит в основе концепции о том, что качество протеина корма, определяемого аминокислотным составом, для жвачных

в отличие от моногастрических животных, особенно свиней и птицы, не имеет принципиального значения. В свете современных данных этот тезис требует определенных уточнений.

Как показали исследования последних лет (Bryant, Robinson, 1963; Nyngate, 1966, и др.), различные виды и штаммы рубцовых бактерий требуют для своего роста определенных аминокислот. Чтобы нормально протекал синтез всех незаменимых аминокислот, в рубце должно быть достаточное количество определенных видов бактерий, развитие которых может сдерживаться дефицитом лимитирующей для данного штамма аминокислоты. Кроме того, следует иметь ввиду, что около 30% протеина корма поступает в сычуг и кишечник в неизменном виде. Аминокислотный состав этой части рациона оказывает непосредственное влияние на полноценность протеинового питания. Следовательно, вопрос о качестве протеина корма для жвачных животных требует дальнейшего изучения.

В отличие от жвачных у свиней и птицы, имеющих однокамерный желудок, участие бактерий в пищеварении весьма ограничено и практического значения не имеет. В кровь у нежвачных животных поступают в основном аминокислоты протеина кормов. Переваривание протеина кормов у свиней идет только ферментативным путем и начинается еще в желудке. Желудок взрослых свиней представляет собой камеру объемом около 8 литров, снабженную железами, которые вырабатывают соляную кислоту и пепсиноген. Под воздействием соляной кислоты пепсиноген превращается в протеолитический фермент пепсин. Другие ферменты, как например липаза, могут присутствовать в желудке в незначительном количестве и не проявлять гидролизующего действия. Таким образом, можно считать, что основная роль желудка заключается в первичном гидролизе белка. Под воздействием пепсина протеины кормов расщепляются до пептидов и частично до аминокислот. У поросят до 20-го дня жизни соляная кислота в желудке не вырабатывается, в результате чего пепсиноген не превращается в активную форму и, следовательно, не проявляет протеолитического действия (А. В. Квасницкий, 1951). Однако у них в этот период хорошо протекает кишечное пищеварение, обеспечивая достаточно высокую переваримость белков моло-

ка. В тонком отделе кишечника под воздействием протеолитических ферментов окончательно расщепляются белки корма до аминокислот и всасываются через эпителий кишок в кровь.

У птиц пищеварение имеет свою специфичность в связи с различиями в строении пищеварительного тракта. В расширении пищевода (зоб) у птицы отмечается некоторая бактериальная активность, в результате которой образуются органические кислоты. Железистый желудок обильно снабжен железами, выделяющими желудочный сок. Мускулистый желудок птиц выполняет в основном механическую роль, перемалывая и смешивая корм с влагой, преобразует его в тестообразную массу. Ферменты пищеварительных секретов у птиц аналогичны ферментам у свиней. Основные процессы гидролиза и всасывания белка у птиц происходят в тонком отделе кишечника. Незначительные бактериальные процессы в пищеварительном тракте птиц не оказывают заметного влияния на синтез бактериального белка и в связи с этим — на улучшение протеинового питания.

Подводя итог описанному выше, можно выделить основные особенности в превращении азотистых веществ у поли- и моногастрических животных, оказывающих первоочередное влияние на потребность их в кормовом протеине. Прежде всего необходимо отметить, что животные с многокамерным желудком с возрастом неодинаково реагируют на качество протеина корма. В молочный период их пищеварение идет по типу моногастрических животных, синтез бактериального белка незначителен, и они очень чувствительны к качеству потребляемого протеина корма. С переходом на растительные корма резко возрастает синтез бактериального белка, качество которого близко к качеству белков животного происхождения. Это является основным критерием для утверждения концепции пониженной потребности в высококачественным протеине кормов и в незаменимых аминокислотах взрослых жвачных животных. Результаты исследований последних лет свидетельствуют о том, что отдельные штаммы бактерий, населяющих пищеварительный тракт жвачных, требуют для своего роста определенных аминокислот, недостаточное поступление которых с кормом может ограничить бактериальный синтез.

Подтверждается это фактом сбалансированного ами-

нокислотного состава рационов коров в отдельных опытах (Д. Д. Позамантири, 1940; И. Ф. Ткачев, 1965; А. С. Емельянов, 1971), что обеспечивало повышение молочной продуктивности. Следовательно, и для взрослых жвачных животных вопрос о качестве протеина кормов не может быть снят полностью.

Моногастрические животные (свиньи, птица) лишены ощущимых процессов синтеза бактериального белка в их пищеварительном тракте, поэтому требуют поступления с кормом высококачественного протеина, обеспечивающего их потребность в незаменимых аминокислотах. Отсюда нормирование протеина в рационах свиней и птиц с учетом удовлетворения потребности в незаменимых аминокислотах имеет первостепенное значение.

Биологическая ценность протеина и ее определение

В 1841 г. Маженди в опытах на собаках установил, что желатин не может заменить белок мяса, и это дало основание предположить о неодинаковом качестве различных белков. Возник вопрос: чем вызвано это различие? В 1846 г. в работах Н. Лясковского и Л. Я. Данилевского было показано разнообразие химического состава белков и неидентичность аминокислотного состава белка различных органов и тканей.

Потребовались еще многие годы научных исканий ученых многих стран мира для того, чтобы установить, наконец, необходимость такой оценки и разработать доступные методы.

В первом десятилетии XX века Осборн и Мендель (1909 г.) на фоне диеты, состоящей из 28,2% лишенного белка молока, 20,8 крахмала, 20,0 сала и 5% агар-агара, предприняли первые попытки оценки питательного достоинства отдельных химически чистых белков в опытах на крысах. За сравнительно короткий период времени они определили относительную ценность ряда белков, используя в качестве основных показателей рост и развитие лабораторных животных, а также продолжительность жизни, плодовитость и способность выкармливать потомство в течение ряда поколений.

Было замечено, что продолжительное скармливание

зерна и желатина замедляло рост животных и снижало вес, только добавки лизина и триптофана устраивали отрицательные последствия такого кормления. Скармливание в чистом виде белков пшеницы, риса, гороха и других растительных протеинов также давало слабый привес. Наиболее высокий привес животных был зарегистрирован при даче казеина молока.

Белки пшеницы, кукурузы и овса давали слабый ростовой эффект в опытах Мак-Коллюма и Саймондса (1919 г.), потому что недостаток одних аминокислот в их составе ограничивал использование других, которых было в корме достаточно.

В результате предпринятых экспериментов по изучению дополняющего действия отдельных белков выяснилось, что два любых вида белков злаков не в состоянии восполнить недостаток аминокислот, содержащихся в них. Когда злаковые использовали в смеси с бобовыми, наблюдался исключительно благоприятный эффект. Особенно удачно сочетались белки пшеницы и гороха.

Анализ многочисленных экспериментальных данных по этому вопросу позволил разработать в общих чертах теорию закона минимума применительно к оценке уровня и качества протеинового питания животных. В 1923 г. Менделль по этому поводу писал: «... когда абсолютное потребление белка слишком маленькое, начинает проявлять свое действие «закон минимума», снижающий эффективность всего рациона из-за недостаточного потребления некоторых незаменимых аминокислот и, наоборот, когда животные потребляют большое количество белка с недостатком незаменимой аминокислоты, то в результате организма может полностью удовлетворить потребность в ней». В последнем случае отмечается значительный перерасход кормового протеина.

Более полное представление о качестве протеина кормов сложилось только после классических исследований Роуза (Rose, 1937, 1938), который впервые составил и испытал в опытах на лабораторных животных синтетическую диету, где в качестве единственного источника белка была использована смесь чистых аминокислот. Эти исследования дали окончательный ответ на вопрос о факторах, определяющих качество протеина, его полноценность и доступность для организма.

Одновременно с изучением химического состава про-

теина и причин, обуславливающих различия в качестве разных протеинов, разрабатывались методы их оценки. Оценка качества протеиновой питательности кормов является основой нормирования и рационального использования протеина в животноводстве. Знание качественного состава протеина корма позволяет правильно составлять рационы животных с учетом потребности и экономного расходования белковых кормов. В настоящее время предложено более 20 различных методов оценки, но только некоторые из них оказались пригодными для практического использования.

Методы оценки полноценности протеина можно разделить на биологические, химические и косвенные.

Биологическими методами оценивается качество протеина кормов по величине привесов (Осборн, Мендель), по отложению азота у животных, получающих добавку какого-либо протеина к рациону (Митчелл, Биндер и Миллер, Хейтцель, ВИЖ и др.), по расчету коэффициентов заменимости протеина изучаемого корма в сравнении с высокопитательными белками молока и яйца (Мерлин и др.).

Из отечественных методов биологической оценки качества протеина наиболее известны метод М. И. Дьякова, ВИЖа и метод, рекомендованный XXXV Пленумом секции животноводства ВАСХНИЛ.

Основной недостаток всех биологических методов в том, что они не учитывают уровень протеина в рационе, от которого в значительной мере зависит использование азота корма. Известно, что увеличение количества протеина в рационе до определенного уровня повышает его переваримость, но снижает использование азота, а следовательно, ведет к снижению биологической ценности протеина.

При расчете питательной ценности протеина по Осборну и Менделю в качестве критерия оценки принимают эффективность использования его для роста крыс. Определяется питательная ценность величиной привеса на единицу веса съеденного протеина. При скармливании разных уровней протеина получают величину привеса неодинаковую, а для различных протеинов максимум привеса получают при разных уровнях потребления, что затрудняет сравнительную оценку их качества. В виду этого часто пользуются модифицированным методом, при

котором полученный привес сравнивают с привесом контрольной группы, получающей лишенный протеина рацион. В данном случае говорят об истинном использовании протеина.

Методом оценки качества протеина, предложенным Митчеллом (Mitchell, 1924), определяется биологическая ценность, представляющая собой прямую долю протеина корма, которая может быть утилизирована животными для синтеза тканей организма, и выражается как процент поглощенного азота, удерживаемого в организме животного. Сложность этого метода заключается в необходимости проведения трудоемких балансовых опытов.

Армстронг и Митчелл (Armstrong a. Mitchell, 1955) изучали этим методом биологическую ценность протеина целого ряда кормов в опытах на поросятах. Наиболее высокой биологической ценностью обладали протеины молока (95—97%), рыбной муки (74—89%), соевого шрота (73—76%), льняного шрота (61%), кукурузы (49—61%), ячменя (57—71%), гороха (62—65%).

Зная биологическую ценность и процент переваримости протеина, можно определить истинную ценность, или, как ее еще называют, «нетто»-ценность протеина. Произведение процента переваримости и биологической ценности протеина представляет собой долю истинного использования протеина. Умножив эту величину на процент сырого протеина в корме, получим «нетто»-ценность протеина, действительно доступного для обмена в организме животного.

Другие биологические методы оценки протеина («Использование протеина», «Продуктивная ценность протеина», «Коэффициент использования», «Кипп», КФПП) в принципе мало отличаются от рассмотренного выше, хотя и имеют некоторые особенности.

Предложенный Мерлином метод оценки протеинов по коэффициенту заменимости (КЗ) основан на проведении балансовых опытов. Величина коэффициента характеризуется балансом азота использованного протеина в сравнении со стандартным. В данном случае проводят два опыта: один для стандартного протеина (белок яйца или молока), другой — для испытуемого. Разница в величине балансов азота двух протеинов, выраженная в процентах к общему азоту рациона, определяется как коэффициент заменимости протеина.

Предлагаемые биологические методы оценки качества протеина не нашли применения в практике по двум причинам. Во-первых, необходимость проведения трудоемких балансовых опытов, и, во-вторых, относительная их точность и большая вариабельность в показателях оценки одного и того же протеина. В самом деле, метод оценки протеина только по балансу азота или только по учету привесов не характеризует в первом случае рост и продуктивность животных, а во втором — физиологическое состояние организма и особенность обменных процессов, протекающих в нем. Краткосрочность опытов как в первом, так и во втором случае является также существенным недостатком этих методов.

Химические методы оценки качества протеина появились в результате стремления найти более простые способы взамен трудоемких биологических. В 1935 г. Алмквист предложил оценивать качество протеина по соотношению фракций различной растворимости. В корме определялись водо-, соле- и щелочерастворимые азотные фракции, имея ввиду, что они наиболее полноценны по содержанию доступных для организма белков. Этим методом довольно широко пользовались раньше и в модифицированном виде применяют и сейчас (М. И. Смирнова-Икопникова, 1952, 1954; В. И. Мартынов, 1969; А. П. Дмитриченко и др., 1967; З. М. Мороз и др., 1965).

Сторонники этого метода считают, что доступность протеинов для ферментативного расщепления тесно связана с их растворимостью в воде и солевых растворах. Обычно протеины с низкой растворимостью имеют, как правило, низкую переваримость, и наоборот. Следовательно, степень растворимости протеина является одним из факторов, влияющих на усвоемость аминокислот организмом животных. И хотя такую точку зрения разделяют далеко не все исследователи (Lewis, 1961; М. Дж. Хид, 1962), сторонники этой гипотезы приводят убедительные экспериментальные данные в пользу этого метода.

Так, в опытах В. И. Мартынова и Н. А. Тарасикова (1969) при изучении трех уровней водосолеравимых фракций протеина рациона (43,12%, 31,3%, 28,52% от общего уровня протеина) привес свиней в первом периоде откорма составил соответственно 602, 601 и 483 г.

В исследованиях, проведенных под руководством

А. П. Дмитриченко (А. П. Дмитриченко и др., 1965; Л. И. Зинченко, 1971; и др.) установлено, что снижение концентрации водосолеравимых фракций протеина ниже уровня 48,8% от общего содержания его в рационе отрицательно сказывается на продуктивности коров и использовании азота. Оптимальным уровнем водосолеравимых фракций протеина для жвачных, по данным этих исследований, является 45—55% от сырого протеина в корме. Содержание водосолеравимых фракций в некоторых кормах приводится в табл. 5.

Таблица 5

Растворимые фракции протеинов в некоторых кормах (по данным Г. Ф. Бессонова, И. И. Зайцевой, Ю. Т. Коваленко и З. М. Мороз), %

Корма	Количество протеина в сухом веществе, %	Водосолеравимые фракции	Водосолеравимые фракции от протеина, %	Нерастворимый остаток, %
<i>Корма с растворимостью фракций протеинов до 30%</i>				
Сахарная свекла сухая	5,0	0,99	19,8	3,86
Сухой картофель	6,36	1,30	20,5	4,58
Сено луговое	12,31	2,55	20,7	8,93
Шрот подсолнечниковый (38%)	43,23	5,95	13,8	25,05
<i>Корма с растворимостью фракций 30—50%</i>				
Кормовая свекла	11,18	4,71	42,1	4,67
Брюква	14,13	4,70	33,3	—
Силос злаковый	10,43	3,80	36,5	—
Силос разнотравный	8,82	3,78	42,9	3,36
Отруби пшеничные	18,20	7,00	38,5	—
Шрот подсолнечниковый	35,59	17,3	48,6	—
Ячменная дерьга	10,25	4,52	39,5	2,34
Комбикорм	19,36	9,52	49,2	5,61
Рыба	44,13	18,73	41,6	14,9
<i>Корма с растворимостью фракций свыше 50%</i>				
Сырой картофель	6,87	4,30	62,6	—
»	9,49	7,37	77,7	—
Сырой турнепс	13,29	9,20	69,3	—
»	11,90	9,17	77,1	1,82
Морковь сырая	8,32	6,97	83,8	—
Сено злаковое	6,74	4,10	60,9	—
Сено тимофеевое	6,82	4,11	60,3	0,98
Гороховая дерьга	28,13	17,43	62,0	6,32
Бобовая дерьга	28,94	19,32	66,8	5,95

Заслуживает внимания оценка качества протеина кормов по их аминокислотному составу. Попытки определить качество протеина различных кормов по аминокислотному составу впервые были предприняты Митчеллом и Блоком (Mitchell, Block, 1946). Они применили «метод химической суммы», основанный на установлении в использумом протеине наиболее недостающей аминокислоты в сравнении с протеином яйца (стандарт).

Для окончательной оценки качества протеина Митчелл и Блок построили график зависимости биологической ценности, установленной методом баланса азота, от процентного недостатка наиболее дефицитной аминокислоты и получили уравнение регрессии: $y = 102 - 0,634x$, где y — биологическая ценность, а x — процентный недостаток дефицитной аминокислоты.

Предполагалось, что качество протеина определяется в конечном итоге только одной наиболее дефицитной по сравнению со стандартом аминокислотой.

Каждая незаменимая аминокислота испытуемого протеина выражается в процентах к стандарту, и наименьший процент берется за основу оценки. Сумма аминокислот в стандарте принималась за 100. Разница между суммой стандартного белка и процентом наиболее дефицитной аминокислоты в испытуемом протеине определялась как «химическая сумма». Такой метод оценки, несомненно, имеет серьезные недостатки. Прежде всего, он не учитывает потребности животного в аминокислотах, не придает значения избытку отдельных аминокислот и возможному при этом нарушению их баланса. В связи с этим Озер (Oser, 1951) предложил использовать вместо данных об одной дефицитной аминокислоте индекс протеина, получаемый путем суммирования различий между концентрацией всех незаменимых аминокислот в изучаемом протеине и протеином цельного яйца.

Недостатками химических методов, основанных на определении химической суммы или индекса аминокислот, наряду с указанным выше является, во-первых, то, что яичный белок сам по себе не идеальный стандарт в кормлении животных и, во-вторых, протеины, сильно различающиеся по своему аминокислотному составу, могут иметь очень близкий индекс. Дефицит в одной аминокислоте не может быть покрыт избытком другой.

Представляет интерес недавно предложенный метод

(А. И. Беспалов, 1971) определения качества протеина по содержанию свободных SH- и NH₂-групп. Автор этого метода установил, что окисление SH-группы до S—S связей изменяет не только физико-химические свойства, но и биологические, снижая привесы и отложения азота у животных. Чем больше содержится в протеине свободных NH₂- и SH-групп, тем выше биологическая ценность его.

Косвенные методы оценки качества протеина. Для характеристики биохимических процессов обмена белка в организме были рекомендованы методы оценки качества протеинов по скорости регенерации протеина в организме после безбелковой диеты (Кеннон), по соотношению азота креатинина к обменному азоту мочи (Murlin, Szymansky, Hayes a. o., 1948, 1953), а также по активности ферментов печени (ксантиноксидазы и др.) как факторов контроля белкового питания (Литвак).

Заслуживает внимания метод оценки качества протеина кормов по концентрации мочевины в крови, разработанной в ГДР (Münchow, Bergner, 1968). Между концентрацией мочевины в крови и биологической ценностью протеина имеется обратная пропорциональная зависимость. Величина обратной концентрации мочевины (ВОК) достоверно коррелирует с биологической ценностью протеина, определяемой по методу Томаса—Митчелла на основе баланса азота и рассчитывается по следующей формуле:

$$ВОК = \frac{KM_a \times BC_{ja}}{KM_{ia}},$$

где KM_a — концентрация мочевины в крови животных, мг/100 мл при скармливании биологически полноценного корма (яйца);

BC_{ja} — биологическая ценность этого корма (яйца);

KM_{ia} — концентрация мочевины в крови при скармливании испытуемого корма, мг/100 мл.

При использовании этого метода затраты труда на 80% ниже по сравнению с определением баланса азота.

Наши исследования и анализ экспериментальных данных других авторов дают основание заключить, что ни один из рекомендованных в настоящее время методов не может быть принят в качестве единственного критерия

объективной оценки качества протеина. Оценка протеина по аминокислотному составу наиболее точно характеризует его качество, однако окончательное заключение о качестве протеина может быть дано только на основе суммарной его оценки.

Нормирование протеина

Потребность животных в питательных веществах, в том числе и в протеине, определяется, с одной стороны, необходимостью поддержания жизненных процессов, с другой — уровнем получаемой продукции. Эти два фактора подразделяются только условно, но такое деление бывает необходимо при нормировании потребности. Если потребность на поддержание жизненных процессов зависит главным образом от физиологических особенностей организма при оптимальных условиях содержания и регулируется организмом, то потребность на продукцию зависит от планируемого уровня ее с учетом генетических возможностей организма. Следовательно, норма потребности в питательных веществах является как физиологической, так и производственной категорией.

В практике кормления животных часто пользуются понятиями минимальная, оптимальная и максимальная потребность. Для сбалансированных рационов объяснение этим градациям дает А. П. Дмитриченко и др. (1970). Минимальная потребность — это количество питательного вещества, необходимое для обеспечения процессов в организме животного при условии, что все другие компоненты питания поступают в достаточном количестве, и животное находится в хороших условиях содержания. В итоге обеспечения минимальной потребности животное сохраняет здоровье, нормальное отправление физиологических функций, но продуктивность его может не достигать потенциальных возможностей. Оптимальная потребность — это количество данного вещества (фактора), удовлетворяющее при полном обеспечении животных пищей потребность для поддержания в норме здоровья, нормального состояния, воспроизведения и одновременно обеспечивающее полное проявление потенциальных способностей к продуктивности. Максимальная потребность — это превышение необходимой нормы, ко-

торое может вызвать расстройство обмена или снижение продуктивности на почве избытка поступающего вещества. Подобный избыток или вызывает перегрузку пищеварительной системы, вследствие которой снижается переваримость и продуктивность, или, если вещество всосалось из пищеварительного тракта, то перегрузку печени, тканей, особенно выделительной системы. Иногда избыток вещества усиливает отложение жира в теле.

Д. В. Елпатьевский (1962) на основании собственных исследований и обобщения литературных данных пришел к выводу, что ассимиляция азотистых органических веществ после достижения оптимума и при дальнейшем увеличении протеина и создания его избытка в рационе неуклонно снижается. При доведении уровня протеина до 300—350 г на кормовую единицу организм сельскохозяйственных животных неправляется с выводом продуктов разложения протеина, в результате чего наступает токсикоз — белковое отравление.

Таким образом, минимальные нормы питательных веществ не могут обеспечить стабильного получения высокого уровня продуктивности, максимальные, если даже они и не оказывают существенного влияния на обмен веществ, приводят к значительному перерасходу кормов и снижают экономическую эффективность производства продукции. Отсюда в практике кормления необходимо стремиться обеспечить животных оптимальными нормами кормовых веществ. Особенно важно учитывать нормы протеинового питания, так как протеин наиболее дорогостоящая часть рациона.

При определении потребности животных в протеине за основу берут показатели живого веса и возраста животного, уровня, вида и качества получаемой продукции (молоко, мясо, шерсть и др.), физиологического состояния и упитанности. Оптимальный уровень протеина устанавливается по состоянию здоровья или по уровню продуктивности, в том числе и по репродуктивным показателям. Таким методом определяется норма потребности в протеине и других питательных веществах для большинства видов сельскохозяйственных животных, но наряду с этим часто используется и метод балансовых опытов.

Балансовые опыты, учитывая их краткосрочность, отражают потребность только для конкретных периодов и

условий года, поэтому метод баланса целесообразно использовать параллельно с кормовым опытом для раскрытия сущности продуктивной реакции животного на тот или иной уровень питательного вещества. Следует иметь в виду, что определяя потребность в протеине этим методом, необходимо строго учитывать соотношение и качество кормов, а также сбалансированность рациона по всем другим питательным веществам.

Известно, что протеин из различных кормов усваивается неодинаково, чем и определяются существенные различия в нормах протеина, установленных различными авторами в кормовых опытах. Чтобы избежать этой ошибки и привести нормы при кормлении различными рационами к единому знаменателю, необходимо учитывать качественную характеристику протеина кормов данной кормовой смеси.

Blaxter a. Mitchell (1948) предложили так называемый факториальный метод определения потребности животных в протеине, согласно которому потребность в протеине зависит от 1) потерь из организма в связи с жизнедеятельностью, 2) потерь, вызванных переработкой пищи и 3) накопления протеина в приросте тканей. В настоящее время этот метод значительно усовершенствован и используется в некоторых странах (Англия, США, Канада) для установления оптимальных норм потребности в протеине, прежде всего для жвачных.

Технический комитет по пересмотру существующих и разработке новых норм потребности животных в питательных веществах Сельскохозяйственного научно-исследовательского совета Великобритании на основании обобщения результатов многочисленных исследований рекомендует принять факториальный метод за основу при определении минимальной потребности животных в питательных веществах. Расчет потребности в протеине производят на основе определения неизбежных потерь протеина из организма (эндогенный азот мочи, обменный азот кала, потери азота в шерсти и перхоти и др.), отложения протеина в организме в периоды роста, беременности и лактации, выведения протеина в молоке в период лактации, биологической ценности протеина кормов, определяемой по методу Митчелла.

Общая потребность в видимо переваримом протеине (видимо переваримый протеин отличается от истинно пе-

реваримого тем, что в него не входит обменный азот кала, поскольку он учитывается в общих потерях азота с калом), обычно применяемом в практике кормления, рассчитывается по формуле:

$$ДСР = (УЕ + C_1 + C_2 + Г + П + Л) \times 6,25 \times 100 (БЦ + MФ \times 6,25 \times) 100 (БЦ) - 1, \text{ где:}$$

- ДСР — потребность в переваримом протеине;
- УЕ — потери эндогенного азота в моче (табл. 6);
- C_1 — потери азота в шерсти и перхоти (из расчета ~0,3 г на 100 кг живого веса);
- C_2 — удержание азота в шерсти взрослых овец (~0,45 г на 1 кг мытой шерсти);
- МФ — обменный азот в кале, рассчитанный как $\frac{Д}{г/сутки}$ ($Д$ — потребление сухого вещества в килограммах за сутки и $к$ — коэффициент, принятый равным 5, за исключением телят, которым скармливают жидкие рационы. Для них $к$ равен 2,5);
- Г — удержание азота в привесе, вычисляемое на уровне от 2,4 до 2,5% привеса, в зависимости от вида и живого веса животного;
- П — удержание азота в тканях плода в период беременности (табл. 7);
- Л — выведение азота в молоке, принятое за 0,97; 0,61 и 0,53 г/100 г молока, соответственно для овец, коров Нормандских островов и других пород;
- БЦ — биологическая ценность протеина, принятая за 70% для крупного рогатого скота, за 80% для телят, получающих жидкие рационы, основанные на молоке, и 65% — для овец.

Факториальный метод не учитывает состояние здоровья животного, его упитанность и условия содержания, а обобщенные величины биологической ценности протеина, эндогенных потерь азота в организме, а также удержания его в продукции дают довольно приблизительные показатели, при определенных условиях они могут изменяться. В этом и выражаются недостатки факториального метода. Тем не менее этот метод является весьма удобным для практического пользования и имеет определенные преимущества по сравнению с другими методами.

Таблица 6

Принятые величины выделения эндогенного азота в моче

Крупный рогатый скот		Овцы					
Живой вес		Выделение эндогенного азота в сутки, г на 1 кг живого веса ^{0,73}		Живой вес		Выделение эндогенного азота в сутки, г на 1 кг живого веса ^{0,73}	
кг	кг ^{0,73}	кг	кг ^{0,73}	кг	кг ^{0,73}	кг	кг ^{0,73}
50	17,4	0,20	5	3,24	0,17		
75	23,4	0,18	10	5,37	0,15		
100	28,8	0,17	15	7,22	0,14		
125	33,9	0,15	20	8,91	0,12		
150	38,8	0,14	25	10,5	0,10		
175	43,4	0,13	30	12,0	0,09		
200	47,8	0,12	Выше 30	—	0,09		
Выше 200	—	0,12	—	—	—		

П р и м е ч а н и е. Обменный вес животного (живой вес в степени 0,73).

Таблица 7

Удержание азота в тканях плода

Коровы		Овцы			
Месяц беременности	Удержание азота, г в сутки	Месяц беременности	Удержание азота в организме, г/сут		
			Одницы (5,9 кг)	Двойни (10 кг)	
5—6-й	1,7	2-й	0,18	0,26	
7-й	5,1	3-й	0,34	0,96	
8-й	12,0	4-й	1,45	3,07	
9-й	29,0	5-й	4,96	7,40	

Определение потребности животных в аминокислотах

Успехи в области изучения процессов пищеварения азотистых веществ, поступающих в организм животного, дают основание утверждать, что биологическая ценность протеина определяется прежде всего его аминокислотным составом. Это положение базируется на биологических процессах преобразования белка в организме. Белки рациона под действием ферментов разлагаются в пищеварительном тракте до аминокислот, которые затем

впитываются из кишечника. Следовательно, используются непосредственно аминокислоты, а не сами белки. Для оптимального роста, репродукции, молочной, мясной и прочей продуктивности животным требуется комплекс аминокислот, которые используются для синтеза белка тканей организма. Отсюда становится ясным, что определение правильных норм потребности животных в аминокислотах является важным фактором при составлении рационов и нормировании протеина.

Изучение потребности в аминокислотах шло одновременно с изучением биологической ценности различных белков для животных. После работ Осборна и Менделя по сравнительной оценке питательного достоинства большого количества разнообразных по происхождению белков было высказано предположение, что белки, биологическая ценность которых низка, можно дополнить включением недостающих аминокислот. Установлена также необходимость поступления с кормом ряда аминокислот для нормального роста животных. Количественная потребность животных в аминокислотах изучалась фактически в течение последних двух десятилетий.

В настоящее время накоплен значительный экспериментальный материал, отражающий потребности животных в аминокислотах. Однако в связи с различными методическими подходами к решению этого вопроса, полученные данные весьма противоречивы. Для определения потребности свиней и птицы в аминокислотах пользуются следующими методами: 1) кормовых исследований (на фоне рациона с недостатком изучаемой аминокислоты); 2) по соотношению аминокислот во всем организме и в отдельных тканях; 3) методом определения минимальной потребности в протеине какого-либо корма (соотношение аминокислот в протеине, показавшем наибольшую биологическую ценность, принимается за норму). Каждый из этих методов имеет свои положительные стороны и недостатки.

Первый метод пригоден при недостатке в рационе одной изучаемой аминокислоты, но при неизменном соотношении всех других. Если в рационе недостает двух или трех аминокислот, кормовой опыт практически невозможен провести без методических погрешностей. Многие авторы, определяя потребности свиней в аминокислотах этим методом (Beeson a. o., 1948, 1949, 1953;

Shelton a. o., 1950, 1951; Bell a. o., 1950; Becker a. o., 1954; Dudleu a. o., 1960), использовали синтетические или полусинтетические рационы, в которых в качестве белка применялась смесь аминокислот. Исследования последних лет дают основание считать, что смеси аминокислот не могут быть эквивалентной заменой белка кормов (Bgeuer a. o., 1963, 1964; Salmon, 1964). Рационы с заменителями белков вели к потере аппетита, сокращению потребления корма и снижали экономическую эффективность производства. Краткосрочность опытов на синтетических рационах также является минусом этого метода определения потребности в аминокислотах.

Предположение о том, что аминокислотный состав тела мог бы быть методом оценки потребности в аминокислотах, впервые высказано Митчеллом (Mitchell, 1950).

И. Ф. Ткачев (1966), Ван-Лоен (1965), Maynard a. o. (1962), Albanese (1954), Williams a. o. (1954), Mitchell (1959) и другие исследователи считают, что соотношение аминокислот в рационах должно соответствовать соотношению их в теле животных. Если принять за 100 содержание лизина, потребность которого определяется в кормовом опыте, то соотношение других аминокислот для свиней должно быть следующим: метионина — 40—45, цистина — 20—25, триптофана — 20—23, аргинина — 65—75, гистидина — 40—45, лейцина — 90—95, изолейцина — 60—65, фенилаланина — 45—50, тирозина — 40—45, треонина — 55—60, валина — 60—65 (И. Ф. Ткачев, 1966).

Х. Вильямс и сотр. (1964) впервые применили этот метод для определения потребности поросят в незаменимых аминокислотах. В 1964—1965 гг. он использовался во ВНИИФиБ для определения аминокислотной потребности цыплят, поросят и телят. Привлекает в этих исследованиях тот факт, что в аминокислотном составе тела цыплят, поросят и телят, как видно из табл. 8, не обнаружено принципиальных различий (Н. А. Шманенков, 1967).

Ряд авторов (Mitchell, Block, 1964; Oser, 1951; Beacom a. o., 1951; В. Г. Рядчиков, 1963) рекомендовали пользоваться при определении потребности организма в аминокислотах по соотношению их в яйце, молозиве, молоке и других продуктах. Однако такой метод является

несколько приближенным, потому что колебания в содержании отдельных аминокислот в этих продуктах довольно существенные (табл. 9).

Таблица 8
Сравнительный аминокислотный состав протеина тела цыплят, поросят и телят, г на 16 г азота

Аминокислоты	Цыплята 40-дневные	Поросята 30-дневные	Телята 45-дневные
Цистин	2,2	1,8	1,9
Лизин	6,3	6,4	6,1
Гистидин	1,9	2,3	1,9
Аргинин	5,9	5,7	5,8
Аспарагиновая кислота	8,0	8,4	8,0
Серин	5,3	5,0	4,3
Глицин	8,5	7,2	7,1
Глутаминовая кислота	10,0	11,4	11,8
Треонин	4,3	5,0	5,3
Аланин	5,8	7,2	6,3
Пролин	—	7,2	5,9
Тирозин	3,2	2,2	2,6
Метионин	2,2	2,3	1,4
Валин	5,3	5,2	5,5
Фенилаланин	4,1	4,2	3,5
Лейцин+изолейцин	10,5	9,1	12,1

Метод определения потребности в аминокислотах по соотношению их в теле не учитывает скорости обмена аминокислот в отдельных тканях, предполагая, что обмен всех аминокислот в организме происходит одинаково интенсивно при 100%-ном их использовании. Кроме того, при данном методе не учитывается возможность дезаминирования аминокислот корма и частичного использования их на энергетические цели. И еще одна особенность, которую не учитывает этот метод, а именно, аминокислотный состав тела разных видов животных не имеет принципиальных различий (Н. А. Шманенков и др., 1967, 1967а, 1967б, 1967в, 1967д), но разница в потребности довольно существенная. Таким образом, и с этой точки зрения данный метод не может быть признан совершенным.

Третий метод практически мало чем отличается от первого (это также кормовой метод). Вместо добавки недостающей аминокислоты здесь используют протеин,

обладающий высокой биологической ценностью, например, казеин. Однако в данном случае допустим недостаток в основном рационе нескольких аминокислот. Содержание аминокислот в рационе с минимальной добавкой полноценного протеина, при котором ростовой эффект, использование корма и отложение азота было наилучшим, принимается за норму. Этот метод впервые был использован для определения потребности в аминокислотах поросят-сосунов. В опытах Беккера и др. (Becker a. o., 1954) в качестве полноценного протеина принимали казеин коровьего молока.

Таблица 9

Соотношение аминокислот в тканях и продуктах, принятых условно полноценными (лизин — 100)

Аминокислоты	Соотношение аминокислот				
	в яйце курином цельном	в молозиве свином	в молоке свином	в свиной туше	в плазме крови
Лизин	100	100	100	100	100
Метионин	53	24	29	25	23—25
Цистин	—	29	23	8,5	74—75
Триптофан	18	—	19	8,5	6,0
Аргинин	90	75	83	83	68—70
Гистидин	29	43	41	32	39—40
Фенилаланин	79	62	68	43	58—60
Тreonин	73	93	74	43	71
Лейцин	120	160	120	83	102—105
Изолейцин	78	160	86	44	71
Валин	121	80	90	69	148

Алисон (Allison, 1959) показал роль плазмы как источника аминокислот. Свендсайд (Swendseid a. o., 1961) обратил внимание на высокую устойчивость аминокислот в плазме при безбелковом питании. Основываясь на этом, Яровский (Jagowski, 1961, 1961a) предложил метод определения потребности в аминокислотах по содержанию свободных аминокислот в плазме крови животных, кормившихся безбелковой диетой, по формуле: минимальная потребность = объем плазмы (литр/кг) × живой вес (кг) × концентрацию аминокислот в плазме × 222.

Все указанные методы дают материал для конкретных кормовых рационов при данном соотношении кормов и аминокислот в них.

Нельзя признать правильным определение потребности в аминокислотах на основании отдельных показателей, например, по балансу азота или по соотношению аминокислот в плазме крови. По А. Д. Синещекову (1966), существующие методы обменных опытов не дают возможности получить достоверные данные из-за исключительно интенсивного эндогенного белкового обмена, резко изменяющегося в зависимости от многих условий. В опытах Е. И. Нассет (Nasset, 1961) было установлено, что экзогенный азот пищи во время пищеварения в 4—7 раз разводится эндогенным азотом.

Азот входит в состав белка организма. Ткани тела постоянно обновляются, то есть разрушаются и создаются вновь, в результате чего одни аминокислоты освобождаются, другие образуют белки тканей. Высвободившиеся аминокислоты через ряд превращений в виде азота мочи и кала выводятся из организма. Чтобы поддерживать в организме состояние азотного равновесия или положительного баланса, требуется поступление определенных аминокислот. Указанный метод является весьма общим и показывает, сколько азота должно поступить с кормом для сохранения азотистого равновесия или положительного баланса. Однако некоторые исследователи (Allison, 1955; Poppe, Wiesemuller, 1968; Ю. Н. Градусов, 1966, 1967, и др.) считают этот метод вполне приемлемым.

Митчелл и др. (Mitchell a. o., 1964, 1968), изучая потребность в аминокислотах молодых свиней с использованием баланса азота, отметили, что контролировать полноценность аминокислотного состава рационов по уровню аминокислот в плазме крови более удобно, чем по балансу азота. В их опытах с использованием баланса азота и уровня аминокислот в плазме крови потребность по лизину была 0,81—0,86, по лейцину — 0,78—0,84, по гистидину — 0,25—0,27, по изолейцину — 0,53—0,46. Коррелятивная зависимость между аминокислотным составом рациона и уровнем свободных аминокислот в плазме крови была установлена в исследованиях Алмквиста (Almquist, 1954), Дентона (Denton a. o., 1954), Ричардсона (Richardson a. o., 1965), Пухала (Puchala a. o., 1962), А. А. Журавель (1966) и других авторов. Однако установление истинной потребности животных в аминокислотах только на основании содержания сво-

бодных аминокислот в плазме крови не может быть признано объективным без учета показателей, отражающих влияние аминокислот на рост, азотистое равновесие и на другие функции, связанные с потреблением аминокислот. Сравнительные результаты по определению аминокислотной потребности поросят указанными методами оказались весьма противоречивыми (табл. 10).

Таблица 10

Потребность поросят-отъемышей в аминокислотах, определенная разными методами

Аминокислоты	Метод определения потребности в аминокислотах				
	синтетический рацион (смесь аминокислот)*	по соотношению аминокислот в теле**	по соотношению аминокислот в свином молоке***	по соотношению аминокислот в плазме крови****	по балансу азота*****
Лизин	1,0	1,1	0,8	0,75	0,81
Метионин	0,60	0,23	0,41	0,73	0,37
Триптофан	0,20	0,1	0,15	—	0,18
Аргинин	0,25	0,91	0,67	0,51	0,60
Гистидин	0,50	0,34	0,33	0,29	0,35
Тreonин	—	0,48	0,59	0,53	0,58
Фенилаланин	0,90	0,48	0,55	0,94	0,74
Лейцин	0,80	0,92	0,97	0,77	—
Изолейцин	0,50	0,50	0,79	0,53	0,58
Валин	0,70	0,77	0,72	1,11	—

* Х. Беккер и др. (1964), Д. Шелтон (1950, 1951).

** Х. Вильямс и др. (1954).

*** В. Г. Рядчиков (1962, 1963).

**** Н. Г. Григорьев и В. В. Попов (1967).

***** Ю. Н. Градусов (1966, 1967, 1967).

По отдельным аминокислотам, как видно из данных таблицы, потребности, полученные разными методами, различаются в два и более раза. Это свидетельствует о том, что каждый в отдельности взятый метод не может дать достоверных показателей потребности в аминокислотах.

В университете штата Мериленд (США, Thomas, 1967) разработан метод определения потребности в аминокислотах цыплят, основанный на содержании в тушках азота с учетом планируемого привеса и живого веса.

Расчет потребности в сумме серусодержащих аминокислот производится по формуле:

$$P = \frac{(C^2 + 1,50 - 5) Y}{500} + (0,65C + 3,58) \Gamma,$$

где Р — суточная норма метионина+цистина на 1 цыпленка (мг);

С — процент содержания азота в тушке (в пересчете на сухое вещество);

Г — среднесуточный привес (г);

У — средний живой вес (г).

Этим же способом определяется потребность в лизине по следующим формулам:

Содержание азота
в сухом веществе
тушки, %

7

8

9

10

11

Уравнение для определения
потребности в лизине

$$РЛ=8,3 N_m + 408 NG$$

$$РЛ=8,0 N_m + 450 NG$$

$$РЛ=7,7 N_m + 502 NG$$

$$РЛ=7,4 N_m + 565 NG$$

$$РЛ=6,9 N_m + 649 NG$$

Здесь РЛ — суточная норма лизина на цыпленка в миллиграммах, N_m — количество азота, необходимое для поддержания жизни в данный период в граммах, Г — количество азота для образования продукции (привес в граммах).

Этот способ не имеет значительных преимуществ по сравнению с вышеописанными как в технике определения, так и в точности, поскольку не учитывается ряд факторов, оказывающих влияние на уровень потребности в аминокислотах.

Существует мнение о том, что с увеличением уровня протеина в рационе пропорционально увеличивается и потребность в аминокислотах в процентах от сухого вещества рациона (Binegar a. o., 1950; Bressani a. o., 1960). В таком случае, если имеется при заданном уровне протеина недостаток какой-либо аминокислоты, то он не может быть устранен дополнительным скармливанием данного протеина. Однако в опытах Алисона и Алмквиста (1952) с увеличением уровня протеина в рационе потребность в аминокислотах увеличивалась, но не пропорционально увеличению количества протеина в рационе.

Большинство авторов сходятся в том, что при всех прочих равных условиях (возраст, калорийность рациона, физиологическое состояние, порода и др.) потребность в той или иной аминокислоте является в количественном отношении величиной стабильной и с увеличением уровня протеина процент ее к протеину уменьшается, а со снижением уровня протеина — увеличивается, то есть при понижении уровня протеина в рационе он должен быть более качественным (И. С. Попов, 1961; И. А. Даниленко, Г. А. Богданов, 1963; Becker a. o., 1954; А. П. Дмитриченко, 1963).

Известно, что количество потребляемой пищи связано с удовлетворением энергетических потребностей организма. Животное меньше поедает более калорийной пищи. Но для сохранения оптимальных результатов роста и продуктивности животное должно получать с кормом в любом случае достаточное количество других питательных веществ, в том числе и аминокислот. Понижение потребления пищи может быть причиной недостаточного поступления аминокислот в случае поедания высококалорийного корма, несбалансированного по аминокислотному составу. С повышением энергии в рационе повышается потребность в аминокислотах (Rosenberg, 1955, 1959; Mitchell a. o., 1962). Однако Абернаси (Abernathy a. o., 1958) не обнаружил такой закономерности, используя в качестве энергетической добавки к рациону растущих свиней говяжий жир.

Вопрос о взаимосвязи энергии рациона и уровня потребности в аминокислотах достаточно глубоко изучен на птице (Williams a. o., 1956; Комбс, 1963; Олсон, 1963). Весьма интересные исследования, свидетельствующие о важности аминокислотной сбалансированности на единице энергии рациона, проведены Клаузеном (Clawson, Barrick, 1956) и Митчеллом (Mitchell a. o., 1965) на свиньях.

Большое влияние на белковый обмен оказывает содержание в рационе витаминов, а также минеральных веществ. Непосредственная связь аминокислот и некоторых витаминов в обмене веществ в настоящее время не вызывает сомнений. Ряд исследователей (Snyderman a. o., 1962; Snetsinger, 1963; Дж. Уодделл, 1965; Н. А. Шманенков, 1967) высказывает мнение, что рационы необходимо контролировать и по заменимым аминокисло-

там. Предполагается, что наиболее благоприятное соотношение незаменимых аминокислот к заменимым в составе рационов 1:2 или 0,33:0,67 (И. Ф. Ткачев, 1965). Однако в опытах Митчелла и сотр. (1968) лучше использовался азот поросятами при соотношении заменимых и незаменимых аминокислот 1:1. Кроме отмеченного выше, на потребность в аминокислотах существенное влияние оказывает физиологическое состояние животного, содержание в рационе минеральных веществ, углеводов, наличие белковых резервов в организме и другие факторы (Leibholz a. o., 1963; Лейбгольц, 1967; Robinson, Felber, 1965).

Потребность в протеине и аминокислотах животных

Потребность в протеине и аминокислотах молодняка крупного рогатого скота и овец. Рост животных сопровождается интенсивным увеличением веса различных органов и тканей. У молодых животных живой вес увеличивается в основном за счет прироста мышечной ткани. От рождения до зрелости величина мышц увеличивается примерно в 48 раз, тогда как скелет — только в 25. Следовательно, увеличение веса растущих животных происходит в основном за счет ткани, содержащей наибольший процент белка. Этим в значительной мере определяется высокая требовательность молодняка к уровню и качеству протеина в их рационах.

Многочисленные исследования, проведенные с целью изучения влияния различных уровней протеинового питания на рост, оплату корма, последующую продуктивность, физиологическое состояние и другие показатели, позволили установить оптимальные нормы протеина в рационах для молодняка в зависимости от возраста, живого веса, интенсивности роста, условий содержания и кормления. Обобщение данных исследований последних лет показало довольно существенные расхождения в нормах, установленных как советскими, так и зарубежными авторами. В табл. 11 и 12 приведены официальные данные по потребности в протеине молодняка крупного рогатого скота и овец. Нормы, применяемые в нашей стране, заметно выше, чем рекомендованные в зарубеж-

Таблица 11

Суточная потребность телок молочных пород в переваримом протеине при умеренном росте, г

Живой вес, кг	СССР (ВИЖ, 1969)		США (Кремптон и Харрис, 1972)	
	Суточный привес	Переваримый протеин	Суточный привес	Переваримый протеин
35	500—600	200	450	140
50	650—700	270	500	180
75	650—700	345	550	240
100	650—700	405	650	280
150	650—700	425	700	320
200	550—600	445	700	380
250	550—600	490	700	400
300	450—500	535	600	410
350	450—500	580	600	415
400	450—500	630	600	420
450	450—500	760	500	430

Таблица 12

Суточная потребность в протеине для ремонтных ярок (на голову в сутки)

Живой вес, кг	СССР		США	
	Переваримый протеин, г	Живой вес, кг	Переваримый протеин, г	Живой вес, кг
25—30	90—110	27,2	73	
30—36	95—115	36,3	70	
34—42	100—115	—	—	
37—45	95—110	45,5	65	
42—50	90—105	54,4	60	

ных странах. Несколько больше у нас и нормы потребности в протеине для молодняка овец (табл. 12).

По данным канадских исследователей (Gunningham а. о., 1958), потребность в протеине телят-молочников определяется следующими величинами:

Живой вес, кг	Потребность в переваримом протеине, г
40	114
45	147
55	208
65	248

Различия в оптимальном уровне протеина в рационах молодняка жвачных, установленные разными авторами, объясняются многими причинами (породные особенности, тип и структура кормовых рационов, условия содержания, биологическая ценность протеина и др.), среди которых наиболее существенной является биологическая ценность протеина.

Для молодняка в молочном периоде выращивания этот фактор может быть решающим, так как для него необходимо учитывать биологическую ценность протеина, определяемую аминокислотным составом. К сожалению, в настоящее время потребность молодняка жвачных в аминокислотах, на основании которой можно было бы нормировать уровень протеина в рационах, изучена крайне недостаточно. Из имеющихся в литературе сведений можно рекомендовать ориентировочные нормы потребности в аминокислотах для телят-молочников (табл. 13), определенные на основе аминокислотного состава тела во ВНИИФБиП сельскохозяйственных животных (Н. А. Шманенков, 1970).

Потребность коров в протеине и аминокислотах. Уровень протеинового питания для коров определяется прежде всего возмещением необходимых затрат на производство молока и рост плода. В настоящее время достаточно детально изучено влияние повышенных норм протеинового питания на количественные и качественные показатели молочной продуктивности коров.

Исследованиями ряда ученых (А. К. Швабе, 1948, 1950; Н. И. Захарьев, 1951; И. Х. Будыка, 1957; М. И. Книга, 1959; Ю. Ф. Бондарев, 1960) установлено, что при увеличении нормы переваримого протеина на 1 корм. ед. возрастают удои, повышается жирность молока и содержание в нем белка. Другие исследователи (А. П. Калашников и др., 1954; А. М. Зорин, 1956; Ф. П. Соколов, 1959; Л. И. Феактистов, 1959) не получили положительных результатов при увеличении уровня протеина в рационах коров.

А. С. Солун (1958), обобщив результаты многих исследований, пришел к выводу, что повышенные дачи белковых кормов угнетают процессы брожения в рубце жвачных. Более того, излишек протеина в рационе может вызвать нарушение белкового обмена, атонии, тимпанит, задержание последа, abortion и т. д. (Д. В. Ел-

Таблица 13

Примерная потребность в аминокислотах телят до 2-месячного возраста (при содержании 25% сырого протеина в рационе)

Аминокислоты	В процентах	
	от сухого вещества	от сырого протеина
Цистин	0,38	1,4
Лизин	2,12	7,8
Гистидин	0,67	3,2
Аргинин	1,62	2,5
Аспарагиновая кислота	1,16	6,0
Серин	0,54	4,3
Глицин	3,50	2,0
Глутаминовая кислота	1,29	13,0
Треонин	0,92	4,8
Аланин	1,18	3,4
Тирозин	0,54	4,4
Метионин	1,48	2,0
Валин	2,62	5,5
Лейцин+изолейцин	1,31	14,5
Фенилаланин	1,03	3,8
Пролин	2,85	10,6
Триптофан	0,25	1,0

Таблица 14

Нормы переваримого протеина для коровы живым весом 500 кг при жирности молока 3,5—3,7%

Вес, кг	В сутки, корм. ед.	В сутки переваримого протеина, г		Протеина на 1 корм. ед. рациона, г	
		предельный минимум	рекомендуется	предельный минимум	рекомендуется
6	7,4	570	600	76	80
8	8,4	660	700	79	83
10	9,4	750	800	80	85
12	10,3	900	950	87	92
14	11,2	1000	1060	90	94
16	12,2	1100	1195	90	95
20	14,2	1300	1380	91	97
25	17,1	1550	1650	91	97

вующие в настоящее время нормы протеинового питания коров в СССР и США.

Несмотря на то, что нормы потребности в протеине лактирующих коров, утвержденные Научно-техническим советом МСХ СССР и изданные в 1969 г., заметно ниже

патьевский, 1962). Приведенные результаты экспериментов по влиянию уровня протеина на молочную продуктивность коров, таким образом, оказались противоречивыми.

Практика же кормления коров в зарубежных странах свидетельствует о том, что в нашей стране применяются завышенные нормы протеинового питания коров. Так, для производства 1 кг молока жирностью 3,5—3,7% оптимальной нормой до 1934 г. считалась, по рекомендациям М. И. Дьякова, Е. А. Богданова, Е. Ф. Лискуна, 50 г переваримого протеина. В 1934 г., по рекомендации ВИЖа, оптимальная норма была снижена до 46 г переваримого белка, а в 1958 г. стали считать нормой 68—71 г переваримого протеина на 1 кг молока. В то же время нормы протеина на 1 корм. ед. в ГДР составляют 50—55 г, в Англии — 50—60, в США и Канаде — 43 г.

Поскольку есть такие расхождения в нормах протеинового питания молочных коров и учитывая важность установления оптимальных норм белка для рационального расходования кормового протеина, в ряде научных учреждений нашей страны проведены широкие исследования по изучению оптимального уровня протеинового питания коров в зависимости от продуктивности, породных особенностей, типа кормления и условий содержания (И. С. Попов, 1959; Х. Х. Тхакахов, 1961; Н. Н. Скоробогатых, 1961; П. В. Демченко, 1963; Н. И. Денисов и др., 1964; В. А. Санунов, 1968; В. В. Щеглов, Т. И. Шведова, 1969, и др.).

Длительные научно-хозяйственные опыты на коровах различного уровня продуктивности привели И. С. Попова и сотр. к заключению, что нормы протеинового питания могут быть снижены по сравнению с рекомендуемыми ВИЖем на 15—27%. Для лактирующих коров эти авторы рекомендовали следующие нормы переваримого протеина (табл. 14).

В основу расчета данных норм положены затраты переваримого протеина в поддерживающем корме в количестве 60 г на каждые 100 кг живого веса, а на образование 1 кг молока такие, как отражены в табл. 15.

Аналогичные нормы были определены как оптимальные и в исследованиях других авторов (П. В. Демченко, 1963; В. А. Санунов, 1968; В. В. Щеглов и Т. И. Шведова, 1969). Для сравнения в табл. 16 приведены существ-

Таблица 15

Нормы протеина на 1 кг молока с учетом жирности

Процент жира в молоке	Переваримого протеина, г
3,2—3,4	48—51
3,5—3,7	50—54
3,8—4,0	53—56
4,1—4,3	55—59

Примечание. Более высокие нормы для коров с суточным удоем от 10 кг и выше.

Таблица 16

Сравнительные нормы переваримого протеина для коров живым весом 500 кг и жирностью молока 3,8—4,0% в СССР и США (1969)

Удой, кг	СССР		США	
	В сутки на голову, г	На 1 кг молока, г	В сутки на голову, г	На 1 кг молока, г
6	790	131	576	96
8	900	112	668	83
10	1020	102	760	76
12	1140	95	850	71
14	1270	91	944	67
16	1400	88	1036	65
18	1540	86	1128	66
20	1680	84	1320	66
24	1980	82	1524	63
30	2460	82	1830	61
40	3260	82	2740	68

соответствовавших норм 1958 и 1964 гг., тем не менее они все еще более высокие, чем оптимальные уровни, установленные в опытах или применяемые на практике при кормлении животных в зарубежных странах. В хозяйствах при составлении рационов для коров следует иметь ввиду и этот резерв (возможное снижение норм протеинового питания). Скармливание коровам рационов с высоким качеством кормов и при благоприятных условиях содержания представляет возможность снизить уровень протеина в рационах на 10—15%.

Возможность снижения уровня протеина в рационах коров черно-пестрой породы с годовым удоем 4000—4500 кг молока подтверждена в опытах Белорусского научно-исследовательского института животноводства (В. В. Щеглов и Т. И. Шведова, 1969). В течение трех лактаций коровы трех групп получали рационы, в которых было в зимний период сочных (силос кукурузный и люпиновый, свекла кормовая, морковь) 49,6—51,5%, грубых (сено тимофеевое, солома яровая) 13,6—15,1% и концентратов 33,4—36,3%; в летний период зеленой массы культурного пастбища 67,7—68,4 и концентратов 31,6—32,3% по питательности.

Уровень протеина регулировали различным соотношением белковых концентратов. В рационе коров I группы протеина было 90—95 г на кормовую единицу, во II — 110—115 и в III — 130—140 г (табл. 17).

Анализ экспериментальных материалов показал, что снижение уровня протеина на 18,7% в среднем по трем лактациям не отразился на молочной продуктивности коров и качестве молока, а на каждой корове за год сэкономлено 80—85 кг переваримого протеина. Повышение уровня протеина в рационах на 13—15% от норм II группы не способствовало увеличению продуктивности коров и не улучшало качество молока, поэтому завышенные нормы протеина можно считать неоправданными.

Оптимальным уровнем протеина для коров черно-пестрой породы с годовой продуктивностью 4000—4500 кг молока по результатам проведенных исследований следует считать 90—95 г на кормовую единицу для дойных коров и 110—115 г для сухостойных.

Снижать нормы протеинового питания коров представляется возможным в случаях включения в рацион кормов с высококачественным по аминокислотному составу протеином, о чем свидетельствуют исследования последних лет (М. Прокшова, 1967; И. Ландис, 1968; И. Ф. Ткачев, 1965; И. А. Даниленко и В. П. Славов, 1969; и др.).

По рекомендации Казахского научно-исследовательского института животноводства («Рекомендации по аминокислотному питанию сельскохозяйственных животных и птиц», 1971), на 1 кг молока 4%-ной жирности коровам требуется 3,3 г лизина, 1,2 триптофана и 1,8 г метионина. В Кубанском сельскохозяйственном институте

Таблица 17

Влияние различных уровней протеина в рационе коров на продуктивность и качество молока

Показатели	Группы		
	I	II	III
Питательность рациона в лактационный период:			
кормовых единиц	13,72	13,65	13,38
переваримого протеина, г	1300	1590	1769
протеина на 1 корм. ед., г	94,7	116,5	132,2
Надоено молока натуральной жирности на корову в среднем за лактацию, кг	4498,8	4519,4	4293,9
Среднесуточный удой, кг	14,43	15,04	14,30
Содержание жира в молоке, %:			
предварительная лактация	3,36	3,45	3,49
в среднем за три лактации	3,42	3,55	3,43
Живой вес коров, кг			
перед запуском	550,0	561,0	555,0
перед отелом	603,9	614,0	622,0
в среднем за лактацию	546,4	544,9	559,1
Межотельный период, дней	395	384	388
Вес телят при рождении, кг	36,8	40,0	37,5
Переваримость протеина, %	58,7	61,1	67,1
Использование азота, % от переваренного	45,8	42,4	42,7
Затраты корма на 1 кг молока:			
кормовых единиц	1,10	1,09	1,06
переваримого протеина, г	105	117	141
Себестоимость 1 ц молока, руб.	13,90	13,56	14,08

(И. Ф. Ткачев и др., 1965) установлено, что оптимальным уровнем лизина, обеспечивающим высокую полноценность протеинового питания коров и снижение протеина в рационе на 20%, является 5,5—6 г на кормовую единицу.

По данным А. С. Емельянова и сотр. (1971), на каждый килограмм молока 4%-ной жирности для коров с суточным удоем 15—20 кг требуется 5—6 г лизина, 1,8—2,2 метионина и 1,8—2,2 г триптофана. Для коров в период сухостоя эти авторы оптимальными уровнями считают 5,31 г лизина, 1,10 метионина и 2,33 триптофана на кормовую единицу.

К. Неринг рекомендует придерживаться следующих

норм незаменимых аминокислот в процентах от сухого вещества рациона:

Лизина	1,10	Треонина	0,53
Метионина	0,43	Фенилаланина	1,10
Цистина	0,13	Лейцина	2,80
Триптофана	0,20	Изолейцина	0,60
		Валина	1,70

Если допустить условно, что потребность в аминокислотах (в процентах от протеина) у коров на образование молока и поддержание жизненных процессов одинакова, то, исходя из нижеприведенной формулы, можно рассчитать примерно нормы доступных аминокислот для коров.

$$\Pi = (MK + JK \cdot 0,6) \cdot A,$$

где Π — суточная потребность в аминокислоте, г;
 M — суточный удой коровы, кг;
 K — норма переваримого протеина на 1 кг молока, г;
 JK — живой вес коровы, кг;
 A — содержание аминокислоты в молоке, % от белка;
 $0,6$ — потребность протеина на 1 кг живого веса в поддерживающем корме, г.

До разработки дифференцированных нормативов с учетом породных особенностей, уровня и типа кормления и условий содержания коров в хозяйствах можно рекомендовать как ориентировочные следующие нормы потребности в доступных аминокислотах, рассчитанные по указанной формуле (табл. 18).

В практике кормления коров, как и других видов животных, следует иметь в виду, что эффективность использования протеина кормов на образование продукции увеличивается с повышением уровня продуктивности животных (табл. 19).

Такое распределение использования протеина наблюдается при оптимальном его уровне в рационе. Если обеспеченность коров протеином снижается, то прежде всего меньше поступает его на образование молока. Причем каждый процент понижения протеина от оптимума в рационе снижает эффективность использования его на образование молока на 1,8%.

Таблица 18

Ориентировочные нормы потребности лактирующих коров в незаменимых аминокислотах при живом весе 500 кг и жирности молока 3,5—3,7%

Аминокислоты	Среднее содержание в молоке, % от белка	Потребность в аминокислотах на 1 кор. ед. при удое, кг			От сырого протеина, %
		6—10	10—15	15—20	
Лизин	7,5	6,25	6,85	7,0	5,25
Метионин	2,5	2,08	2,27	2,33	1,75
Цистин	1,6	1,33	1,45	1,50	1,10
Триптофан	1,6	1,33	1,45	1,50	1,10
Аргинин	3,4	2,83	3,10	3,17	2,40
Гистидин	3,1	2,58	2,83	2,90	2,15
Тreonин	4,7	3,90	4,28	4,38	3,25
Лейцин + изолейцин	13,4	11,15	12,18	12,50	9,30
Фенилаланин	3,4	2,83	3,10	3,17	2,40
Валин	5,6	4,60	5,04	5,15	3,85

Таблица 19

Эффективность использования протеина кормов лактирующими коровами в зависимости от его уровня в рационе (живой вес коров 500 кг, жирность молока 3,8—4%)

Удой, кг	Использование протеина, % от общего уровня		Использование протеина в молоке, % от заданного
	на поддержание жизни	на образование молока	
4	44	56	18
6	38	62	23
8	33	67	28
10	30	70	31
12	26	74	33
14	24	76	35
16	21	79	37
18	20	80	37
20	18	82	38
25	15	85	39
30	12	88	39

Потребность в протеине и аминокислотах взрослых овец. Основная продукция овец — шерсть почти полностью состоит из белка кератина. В шерстном волокне его содержится около 95—98%. Для образования 1 кг чис-

той шерсти овца весом 60—65 кг ежедневно в течение года откладывает примерно 2,7 г протеина, а при среднем настриге 3 кг — около 8 г. Кроме того, овца с таким живым весом ежедневно теряет до 50 г протеина в виде эндогенного азота в моче и обменного азота в кале. У суягных маток дополнительно к указанным отложением ежедневно удерживается протеин в тканях плода на 2-м месяце беременности 1,10 г при вынашивании одиночек и 1,60 г — при двойнях; на 3-м месяце соответственно 2,1 и 6,0 г; на 4-м — 9,0 и 19,2; на 5-м — 31,0 и 46,0 г. Лактирующие матки ежедневно используют на образование молока от 3 до 10 г полностью усвоенного протеина.

Таким образом, если учесть все затраты протеина можно с определенной степенью достоверности подсчитать суточную потребность в нем взрослой овцы в зависимости от ее продуктивности и физиологического состояния.

В СССР для кормления овец пользуются нормами, разработанными Всесоюзным институтом животноводства (табл. 20). Неудовлетворительное протеиновое питание овец прежде всего отражается на качестве и количестве шерсти. Если с рационом поступает недостаточное количество протеина, приток его в шерсть сокращается, а при остром дефиците даже извлекается из шерсти для удовлетворения потребности на поддержание жизненных процессов. Чаще всего такой дефицит наблюдается у овцевятков во второй период суягности, в первой половине лактации в зимний период, когда потребность организма в протеине резко возрастает и не может восполняться только за счет грубых и сочных кормов. Очень важно в этот период организовать подкормку овцевятков высокобелковыми кормами. Избыток протеина в рационе также нежелателен потому, что это невыгодно и экономически, и не оправдывается с точки зрения нормальной физиологии.

Качество протеинового питания овец только частично улучшается за счет синтеза в преджелудках бактериального белка. Сейчас установлено, что за счет кормов и бактериального белка овцы не могут удовлетворить свою потребность в серусодержащих аминокислотах, особенно для роста шерсти (Б. Г. Имбс и Н. З. Злыденев, 1970).

Кератин шерсти характеризуется высоким содержа-

Таблица 20

Суточная потребность овец в переваримом протеине, г на голову

Группы животных	Живой вес, кг	Породы		
		шерстные и шерстно-мясные	мясо-шерстные и мясные	романовские
<i>Суягные матки</i>				
Первая половина суягности	40	60—75	—	80—100
	50	75—90	70—85	90—110
	60	80—95	80—95	100—120
	70	85—100	85—100	—
	80	—	90—105	—
Последние 2 месяца суягности	40	95—115	—	145—165
	50	105—125	115—130	155—185
	60	115—135	125—140	165—195
	70	125—145	135—150	—
	80	—	145—160	—
<i>Подсосные матки</i>				
При одном ягненке, молочность, обеспечивающая 175—300 г* суточного привеса приплода	40	140—180	—	130—165
	50	150—190	160—190	140—165
	60	160—200	180—210	150—180
	70	170—210	190—220	—
	80	—	200—230	—
При двух ягнятах и молочности, обеспечивающей 300—450 г** суточного привеса приплода	40	180—230	—	200—240
	50	190—240	210—260	210—250
	60	200—250	220—270	220—275
	70	210—260	230—280	—
	80	—	240—290	—
<i>Шерстные вальхи</i>				
	40	50—70	—	—
	50	65—75	—	—
	60	60—80	—	—
	70	65—85	—	—
	80	70—90	—	—

* Для шерстно-мясных пород 200—250 г, мясо-шерстных и мясных 250—300 г, романовских — 175—250 г.

** Для шерстно-мясных и романовских 300—400 г.

ием аминокислоты цистина, который, как известно, синтезируется из незаменимой аминокислоты метионина. Цистина и метионина в шерсти содержится 10—12%. Ни в одном из обычных рационов нет такого количества

этих аминокислот. Как показали исследования последних лет, потребность овец в серусодержащих аминокислотах составляет 8—10 г на голову в сутки и 7,0—7,5 г лизина (Имбс и др., 1970). Для маток во вторую половину суягности наилучшие результаты получены при содержании в рационе на 1 корм. ед. 9,0—9,5 г метионина с цистином и 5—6 г лизина (С. Касаев, 1971).

Можно ожидать, что для овец большое практическое значение будет иметь использование синтетического метионина или его оксианалога. Имеющиеся некоторые экспериментальные материалы по балансированию аминокислотного состава рационов овец путем добавок синтетического метионина дали весьма обнадеживающие результаты (Т. А. Атражева, 1971) в повышении настрита шерсти, роста и в улучшении мясных качеств молодняка.

Потребность в протеине и аминокислотах свиней

Нормы потребности свиней в протеине. Из всех сельскохозяйственных животных свиньи особенно требовательны к уровню и качеству протеинового питания. В практике кормления недостаток, а также избыток протеина в рационе свиней наносят огромный ущерб хозяйствам. Часто причиной «срывов» продуктивности свиноводства является не только дефицит кормового протеина в хозяйствах, но и отсутствие у свиноводов необходимых знаний по рациональной организации протеинового питания в разные периоды роста и развития свиней, основанных на современных научных достижениях. В связи с этим рассмотрим некоторые особенности протеинового питания различных возрастных и производственных групп свиней.

Поросыта-сосуны, как известно, в первые дни своей жизни удовлетворяют потребности в протеине только за счет молока матери. Для новорожденных протеин важен не только как необходимое питательное вещество для роста, но и как источник антител и образования пассивного иммунитета, носителями которых являются глобулины. В молозиве в первые дни после опороса свиноматок содержание протеина достигает 63% от сухого вещества, 70% которого приходится на долю альбумина

и глобулина. Протеин молозива богаче протеина молока треонином, валином, лейцином и фенилаланином. Как известно, в иммунных глобулинах содержится большое количество треонина (Smith a. o., 1947). Исследованиями многих авторов установлено, что в первые сутки своей жизни поросы способны усваивать протеины из кишечника, и именно в это время происходит обогащение организма антителами (Asplund a. o., 1962; Vinch a. o., 1961; Lecce a. o., 1960, 1961).

Через три дня после опороса состав молозива меняется: содержание протеина падает до 27% от сухого вещества, а количество казеина в протеине повышается до 60% за счет снижения уровня глобулина и альбумина. Таким образом, в послемолозивный период поросы получают в рационе в среднем около 25—30% протеина от сухого вещества. Высокий уровень протеина обеспечивает интенсивный рост их: за первую неделю жизни живой вес увеличивается вдвое. Высокий уровень протеинового питания и интенсивный рост поросят в первые дни жизни имеют большое физиологическое значение для их дальнейшего развития при переходе на кормление растительными кормами. Это следует иметь в виду особенно при раннем отъеме поросят от маток, когда уровень протеинового питания и его качество могут оказывать решающее влияние на все зоотехнические и экономические показатели развития свиноводства в целом. Выбор наиболее полноценных протеиновых подкормок в этот период имеет первостепенное значение.

По данным многочисленных исследований, проведенных как за рубежом так и в нашей стране, потребность поросят-сосунов в протеине составляет от 17 до 30% (от рациона). Колебания объясняются различными причинами, главными из которых следует выделить источник и качество протеина, переваримость его, концентрацию энергии в рационе и возраст поросят. Обобщив результаты многих исследований, Ллойд и Кремптон (Lloyd a. Crampton, 1958, 1961) пришли к заключению, что 24% протеина (26% от сухого вещества) и есть оптимальный уровень для роста и эффективного использования кормов поросятами 2—6-недельного возраста. С 6-недельного возраста уровень протеина может быть снижен до 18% (21% от сухого вещества).

По данным английских исследователей (ARC, 1967),

оптимальными уровнями протеина для поросят раннего возраста в зависимости от их живого веса приняты следующие:

Живой вес поросят, кг	Сырой протеин в воздушно-сухом веществе рациона, %
1,4—4,5	32
4,5—9,0	26
9,0—20,0	20

Лукас и Лодж (Lucas a. Lodge, 1961) считают достаточными уровни протеина для поросят 29,7; 19,3; 14,4% соответственно по указанным весовым категориям. Эти нормы потребности в протеине в основном соответствуют рекомендуемым в нашей стране схемам кормления поросят-сосунов до 2-месячного возраста.

Поросыта-отъемщи в период выращивания от 20 до 45 кг живого веса особенно чувствительны к качеству протеинового питания и в зависимости от этого изменяется и количество протеина в их рационах, поскольку первое определяет второе. Здесь следует отметить, что сразу же после отъема у поросят может наблюдаться «вялость» в потреблении корма, в известной мере изменяется и активность пищеварительной функции. В этот период особенно важно обеспечить поросят всесторонне сбалансированным питанием и прежде всего полноценным протеином. Протеины свиного молока должны быть восполнены высококачественными кормами животного происхождения, тщательно сбалансированными по аминокислотному составу.

Как правило, в первые дни после отъема уровень протеина в рационе поросят должен оставаться таким же, каким он был в последние дни подсосного периода. Если отъем производится в 2-месячном возрасте, в рационе должно быть протеина не меньше 18—20% от сухого вещества рациона. Однако этот уровень удовлетворяет потребность организма только при условии, если в рационе имеется достаточное количество протеина животного происхождения, обеспечивающее сбалансированное питание по наиболее лимитирующему аминокислотам. В среднем оптимальный уровень протеина для поросят при живом весе от 20 до 45 кг изменяется незначительно и составляет около 18%.

По данным американских исследователей, при корм-

лении свиней оптимальная концентрация сырого протеина в кормовой смеси составляет 16—17% до живого веса 45 кг, а затем снижается до 13—14%. При ограниченном кормлении, как показали исследования Вудмана и сотр. (Woodman a. o., 1945), 18% протеина является оптимальным уровнем для поросят до живого веса 45 кг. В то же время эти авторы высказали предположение, что уровень протеина в рационах растущих свиней может быть снижен при использовании протеиновых концентратов, богатых лизином.

В США официальные нормы потребления протеина для поросят живым весом 22,5 кг составляют 17% и для живого веса 45 кг — 15% от сухого вещества рациона (Кремптон и Харрис, 1972).

Нормы потребности в протеине, применяемые в нашей стране, даются в расчете на кормовую единицу рациона или на голову в сутки. В первый период после отъема поросят они практически не отличаются от норм, рекомендованных в США или Англии, однако для поросят живым весом более 25 кг немногим завышены. Более высокие нормы протеинового питания применяются у нас и для молодняка свиней живым весом 45 кг. До 1969 г. для откармливаемого молодняка свиней рекомендовалось давать 100—125 г на кормовую единицу протеина, в 1969 г. предложено 90—115 г в зависимости от живого веса. Для сравнения определенный интерес представляют данные потребности в протеине для стокармливаемых свиней, применяемые в некоторых зарубежных странах. Так, в США при производстве бекона рационы в первом периоде откорма (живой вес 34—57 кг) содержат 16% сырого протеина, во втором (живой вес 57—79 кг) — 14% и в конце откорма столько же. При мясном откорме соответственно 14; 13 и 12%. В Швеции при ограниченном кормлении свиней по рационам без обрата рекомендуется норма переваримого протеина для поросят до 20—45 кг 110 г, а выше 45 кг — 87 г в расчете на овсяную кормовую единицу. В рационах с обратом оптимальный уровень протеина для поросят до живого веса 45 кг составляет 99 г на кормовую единицу. Низкие нормы протеина приняты в Финляндии: для свиней до живого веса 50 кг — 104 г, от 50 до 80 кг — 78 и выше 80 кг — 65 г на овсяную кормовую единицу. Официальные нормы потребности по ряду стран и материалы опы-

тов отечественных и зарубежных авторов по оптимальному уровню протеина в рационах молодняка свиней, обобщенные А. С. Кайрисом (1917), приведены в табл. 21 и 22.

Таблица 21

Потребность свиней различного веса в протеине по данным отечественных и зарубежных исследований

Живой вес, кг	Где проведены опыты	Число опытов	Требуется переваримого протеина на 1 корм. ед., г	
			в среднем по всем опытам	колебания
От отъема до 30 кг	СССР	3	108	87—136
	Зарубежные страны	14	99	76—130
30—60	СССР	13	119	88—190
	Зарубежные страны	18	88	72—112
60—100	СССР	14	89	76—120
	Зарубежные страны	25	77	51—100

Таблица 22

Нормы протеина в некоторых странах для откармливаемых свиней

Автор, страна, год	Требуется переваримого протеина на 1 корм. ед., г			
	от отъема до 30 кг	30—60 кг	60—100 кг	от отъема до 100 кг веса
ВИЖ и ВНИИС, СССР, 1966	110	100	95—90	100
Клаусен, Дания, 1958	100	93—87	87—80	90
Ивенс, Англия, 1960	88	82	76	82
NRC, США, 1964	94—82	82—76	76	82
Неринг, ГДР, 1964	110	82	72	85

Данные, приведенные в табл. 21, имеют определенный интерес для практики и обязывают пересмотреть наши представления об оптимальном уровне протеинового питания свиней. Есть все основания говорить о возможности снижения нормы протеина при использовании в практике современных научных достижений в области белкового питания животных. Наиболее важным из этих достижений является разработка теории сбалансированного аминокислотного питания. Проблема нормирования

протеина в рационах свиней, согласно этой теории, сводится к нормированию аминокислот. Значительный экспериментальный материал, накопленный в нашей стране за последние годы, убедительно свидетельствует об улучшении рационального использования кормового протеина при организации сбалансированного аминокислотного питания свиней (И. С. Попов, 1961; М. Ф. Томмэ, 1963; Н. А. Шманенков, 1970; Г. А. Богданов, 1969; В. В. Щеглов, 1966; Г. Ф. Степурин, 1969; Ю. Н. Градусов, 1968).

Одним из важнейших вопросов на данном этапе является разработка научно обоснованных норм потребности в аминокислотах применительно к условиям кормления, породного состава и уровня продуктивности свиней в различных зонах нашей страны. Имеющиеся материалы и результаты собственных исследований излагаются в следующих разделах этой главы.

Потребности в аминокислотах растущего и откармливаемого молодняка свиней. Имеющиеся в настоящее время рекомендации отдельных авторов и научных учреждений по нормам потребности свиней в аминокислотах носят весьма притворечивый характер (табл. 23 и 24). Существенные колебания в нормах аминокислотной потребности объясняются прежде всего различием используемых методов, а также неоднотипностью кормовых рационов, на фоне которых определялась потребность.

Таблица 23
Потребности поросят-отъемышей в аминокислотах, % от рациона

Аминокислоты	Алмквист	Даммерс	Шелтон	Куртинг и др.	NRC (США)		
					1953 г.	1959 г.	1968 г.
Аргинин	—	0,25	0,25	0,91	0,20	0,20	0,20
Гистидин	—	0,40	0,50	0,34	0,40	0,20	0,20
Лизин	1,1	1,00	—	1,10	1,00	0,65	0,75
Метионин+цистин	0,37	0,60	0,60	0,23	0,60	0,60	0,55
Триптофан	0,20	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,13
Фенилаланин	—	0,90	0,90	0,48	0,46	0,50	0,50
Тreonин	0,65	0,60	1,00	0,48	0,40	0,40	0,45
Лейцин	0,90	0,90	0,80	0,92	0,80	0,60	0,60
Изолейцин	0,60	0,65	1,00	0,50	0,70	0,60	0,55
Валин	0,60	0,60	1,40	0,77	0,40	0,40	0,50

Таблица 24
Потребность в протеине и аминокислотах свиней различного живого веса (в процентах от сухого вещества и сырого протеина) по данным Agricultural Research Council, 1967

Аминокислоты	Живой вес свиней, кг				
	1,4—4,5	4,5—9,0	9—20	20—50	50—90
Протеин, %	32	—	26	—	18,5—20
Лизин	2,2	6,88	1,5	5,8	1,1
Метионин+цистин	1,3	4,07	0,9	3,5	0,7
Триптофан	0,3	0,94	0,2	0,77	0,15
Гистидин	0,5	1,57	0,3	1,16	0,2
Тreonин	0,9	2,82	0,6	2,31	0,5
Тирозин+фенилаланин	1,0	3,13	0,7	2,7	0,5
Лейцин	1,4	4,38	1,0	3,85	0,7
Изолейцин	1,3	4,07	0,9	3,5	0,75
Валин	1,0	3,13	0,7	2,7	0,5

Рекомендуемые зарубежными авторами нормы потребности весьма приблизительные и должны корректироваться с учетом конкретных условий кормления. В практике кормления свиней в хозяйствах различных зон нашей страны мы не можем ориентироваться на универсальные нормы, рекомендованные рядом зарубежных научных учреждений и отдельными авторами. Анализ имеющихся экспериментальных материалов показывает, что нормы аминокислот необходимо строго детализировать с учетом зональных особенностей кормления и характера кормовой базы, физиологического состояния животных, пола, продуктивности и других биологических свойств животных.

Потребность в одной аминокислоте зависит от количества и соотношений других аминокислот, содержащихся в данном рационе (Rose, 1938; Bolton, 1958; Р. Брауде, 1958; А. Харпер, Ю. Кумта, 1962; Дж. Уодделл, 1965). Если придерживаться этой теоретической предпосылки, то, естественно, оптимальный уровень лимитирующих аминокислот (лизина, метионина и др.) в рационах при различном типе кормления свиней будет различаться как между собой, так и в сравнении с физиологически минимальной нормой, определенной на фоне синтетического рациона. Нормы потребности свиней в аминокислотах, предложенные рядом научных учреждений и отдельными авторами, подтверждают такую точку зрения. Анализ экспериментальных данных, полученных в нашей стране, свидетельствует о том, что рекомендуемые нормы потребности по отдельным аминокислотам имеют существенные колебания: по лизину от 4,28 до 5,5%, по метионину с цистином — от 2,31 до 4,34, триптофану — от 0,72 до 2,35%, аргинину — от 1,55 до 5,61, гистидину — от 1,33 до 3,5, треонину — от 1,3 до 3,95, фенилаланину — от 2,5 до 5,0, лейцину — от 4,11 до 5,37, изолейцину — от 3,2 до 3,85, валину — от 2,65 до 5,0% от сырого протеина. Как правило, рекомендуемые нормы различными авторами даны на основании экспериментальных данных, и поэтому нет оснований не считаться с этими рекомендациями. Однако необходима лишь одна оговорка, а именно, если действительны для рационов животных и ряда других условий, при которых были проведены эти исследования, то есть для определенного соотношения кормов и аминокислот, уровня протеина и

калорийности рациона, возраста и физиологического состояния животных. Для конкретных зон страны со сложившимся типом кормления свиней эти нормы могут быть приняты как руководство при составлении рационов.

В этой связи представляет интерес рассмотреть экспериментальные данные, полученные нами в серии опытов на молодняке свиней при кормлении концентратно-картофельными рационами (60—65% концентратов, 30—35% картофеля).

В первом опыте изучали потребность молодняка свиней в лизине в различные периоды роста по нижеследующей схеме.

Таблица 25
Схема опытов

Группа	Количество голов	Первый период (до 45—50 кг)			Второй период (50—75 кг)			Третий период (75—100 кг)		
		уровень протеина, % на 1 корм. ед.	уровень лизина	уровень метионина с цистином	уровень протеина на 1 корм. ед., %	уровень лизина	уровень метионина с цистином	уровень протеина на 1 корм. ед., %	уровень лизина	уровень метионина с цистином
I	8—10	90	4,5	3,5	83	4,2	3,2	75	4,0	2,8
II	8—10	90	4,8	3,5	83	4,5	3,2	75	4,5	2,8
III	8—10	90	5,2	3,5	83	4,8	3,2	75	4,2	2,8

Примечание. Уровень лизина и метионина с цистином исчисляется в процентах от сырого протеина.

Данные, полученные в исследованиях (табл. 26), по изменению живого веса и привесам, переваримости питательных веществ и использованию азота, кальция и фосфора, гематологические показатели и результаты контрольного убоя, свидетельствуют о том, что для растущих и откармливаемых свиней оптимальный уровень лизина в концентратно-картофельных рационах с понижением на 15—20% содержанием протеина в первом периоде (живой вес от 17 до 45—50 кг) составляет 5,2%; во втором периоде (живой вес от 45—50 до 70—75 кг) — 4,5—4,8% и в третьем (живой вес от 70—75 до 95—100 кг) — 4,2—4,3% от сырого протеина.

Таблица 26

Показатели привеса, переваримости питательных веществ, затраты корма на единицу привеса молодняка свиней при разных уровнях лизина в рационе

Показатели	Группы		
	I	II	III
Живой вес, кг			
при постановке на опыт	$16,93 \pm 0,87$	$16,44 \pm 0,64$	$16,56 \pm 1,02$
в конце первого периода	46,53	48,38	48,97
» второго »	67,70	74,95	74,05
» третьего »	$91,85 \pm 4,3$	$100,1 \pm 3,5$	$102,1 \pm 2,2$
Среднесуточный привес, г			
в первый период	322 ± 22	347 ± 13	$352 \pm 6,2$
во второй »	$470 \pm 30,6$	$590 \pm 32,8$	$557 \pm 12,6$
в третий »	$525 \pm 30,2$	$540 \pm 27,8$	$610 \pm 40,2$
Затраты корма на 1 кг привеса кормовых единиц переваримого протеина, г	6,0 498	5,3 446	5,2 436
Переваримость, % органического вещества протеина	$81,0 \pm 0,39$	$79,6 \pm 0,38$	$80,3 \pm 0,81$
Использовано от принятого, % азота	65,0 ± 1,32	63,6 ± 1,67	65,1 ± 1,82
кальция	21,26	22,77	26,51
фосфора	53,6	50,8	57,9
Убойный выход, %	37,0	33,5	39,9
Выход мяса, %	61,5	61,0	61,8
Выход сала, %	63,8	64,9	65,0
Площадь мышечного глазка, см ²	23,6	24,8	24,1
В мясе содержится, % протеина	$24,6 \pm 1,9$	$26,7 \pm 2,5$	$27,6 \pm 1,4$
жира	18,5 5,8	19,1 6,0	18,8 5,8

Сбалансированное концентратно-картофельное рациона по лизину обеспечивает повышение привесов откармливаемых свиней на 7,8—25,6%, снижает затраты корма на 1 кг привеса на 7,3—20,2, повышает площадь мышечного глазка на 8,6—12,2 и выход мяса на 1,6—3,1%. Использование азота при этом увеличивается на 7,1—24,6%.

Вторым опытом установили потребность молодняка свиней в серусодержащих аминокислотах (метионин с цистином) при выращивании и откорме на концентратно-картофельных рационах. В опыте было 45 поросят в воз-

расте 2,5—3 месяца, которых разделили на пять групп (по 9 голов в каждой) с учетом живого веса, возраста, породы, пола. Основные рационы всех групп свиней были одинаковыми по общему уровню питания, переваримому протеину, кальцию, фосфору, каротину, но различались по содержанию метионина с цистином.

В первом периоде откорма до живого веса 45 кг содержание метионина с цистином в рационах свиней I группы было 2,77, II — 3,00, III — 3,18, IV — 3,50, V — 3,88%; во втором периоде от 45 до 70 кг соответственно — 2,63; 2,73; 2,92; 3,19 и 3,53%; в третьем периоде от 70 до 100 кг — 2,50; 2,75; 3,01; 3,13 и 3,57% от сырого протеина.

Различный уровень метионина с цистином создавали добавлением DL-метионина к основному рациону. Уровень протеина в граммах на кормовую единицу и лизина в процентах от сырого протеина по периодам опыта был следующим: в первый период — 90 г и 5,3%, во второй — 78 и 4,64% и в третий — 70 г и 4,2%.

В первом периоде наилучшие привесы получены у животных IV и V групп. Разница в привесах между IV, V и I группами составила 19,73—19,96% и оказалась высокодостоверной ($P < 0,02$ —0,01). Затраты корма на 1 кг привеса в этот период были наименьшими также у животных IV и V групп. Эти результаты дают основание считать, что норма метионина с цистином, составляющая 3,5% от сырого протеина, при выращивании поросят от 30 до 50 кг на концентратно-картофельных рационах была оптимальной.

Наиболее благоприятной для роста и оплаты корма во втором периоде оказалась норма метионина с цистином в рационах животных IV группы — 3,2% от сырого протеина.

В третьем периоде увеличились привесы животных I группы и снизились в остальных: во II и III — на 5,4 и 5,98% по сравнению с I, но различия оказались недостоверны ($P > 0,05$). Разница в привесах между IV и I группами (18,33%) оказалась высокодостоверной ($P < 0,01$). В V группе также снизились привесы в сравнении с I группой на 11,9%. Таким образом, доведение метионина до уровня 3,2—3,6% от сырого протеина (IV—V группы) вызвало депрессию роста животных. Метионин с цистином в количестве 2,5—3,0% (в среднем 2,8%)

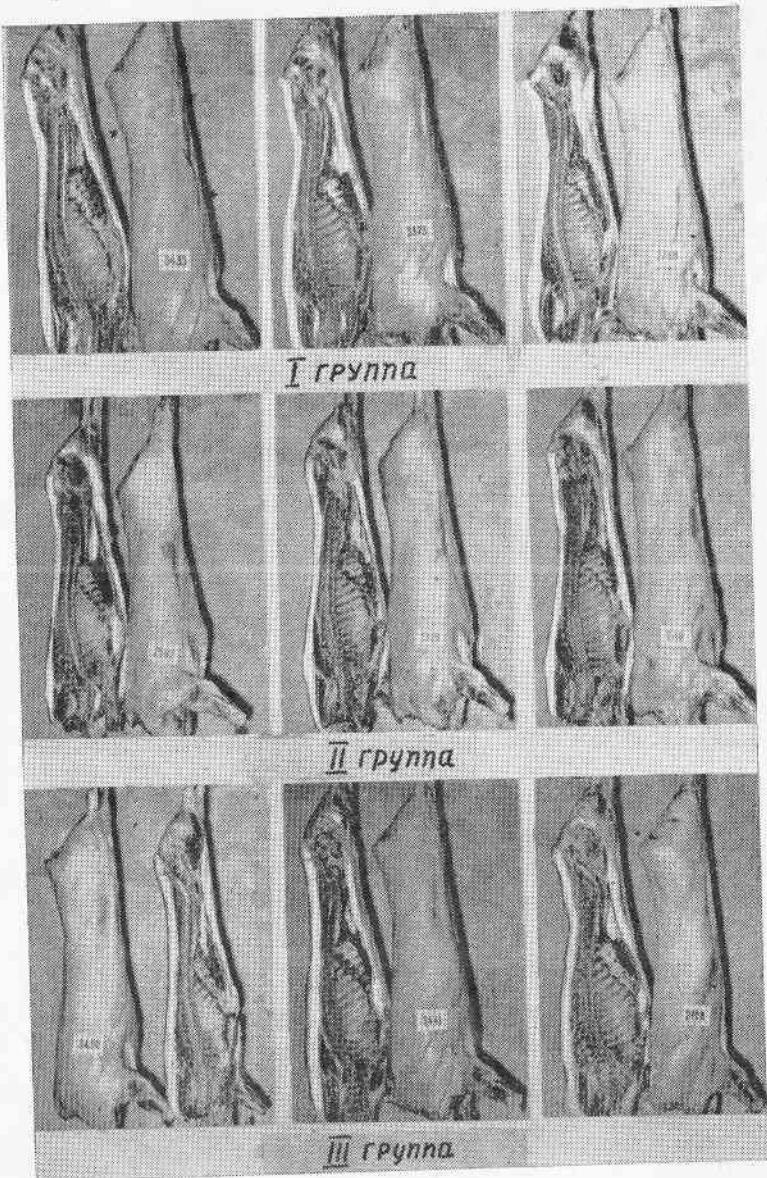


Рис. 11. Общий вид туш животных I, II, III групп.

по показателям интенсивности роста в данный период были наиболее благоприятны.

С увеличением уровня метионина в первом периоде повышалась переваримость протеина. Минимальным этот показатель был в I группе (64,6%) при уровне метионина в рационе 2,77% а максимальным (71,8—72,5%) — в III и IV группах при 3,18—3,50% от сырого протеина.

Во втором периоде откорма с 70—75 кг наиболее высокая переваримость протеина оказалась при уровне метионина в рационе 2,73% от сырого протеина.

Лучше использовался азот от принятого и переваренного у поросят до живого веса 50 кг при содержании метионина в рационе 3,2—3,9%, что вполне согласуется с результатами прибесов. При живом весе подсвинков 70 кг откладывалось азота больше у животных I и II групп, которые дали в этот период самые высокие привесы. Следовательно, результаты обменных опытов подкрепляют вывод о том, что оптимальная норма метионина с цистином в концентратно-картофельных рационах в первый период выращивания и откорма 3,5, во второй — 3,2, в третий — 2,5—3,0% (в среднем 2,8%) от сырого протеина.

По результатам контрольного убоя не отмечено статистически достоверных изменений в убойном выходе отдельных частей туши. Наибольший выход мяса и наименьший сала наблюдался у животных II и V групп. Толщина хребтового сала (рис. 11 и 12) у них была наименьшая.

Аминокислотный анализ мяса показал статистически достоверное увеличение содержания метионина ($P<0,05$) и снижение его ($P<0,05$) в печени подсвинков IV и V групп. С увеличением уровня метионина в рационе отмечалась тенденция к снижению в мясе аргинина, фенилаланина и к повышению лизина (кроме животных III и V групп), треонина, лейцинов, а в печени — к снижению лизина, гистидина, треонина, лейцинов, валина и к повышению аргинина (кроме IV и V групп) и фенилаланина (кроме V группы).

Таким образом, можно констатировать, что сбалансированное аминокислотное питание свиней повышает в мясе содержание наиболее лимитирующих аминокислот — лизина и метионина. Эти данные дают основание

Таблица 27

Детализированные нормы потребности в аминокислотах
растущего молодняка свиней, % от сырого протеина

Аминокислоты	Поросыта от 5 кг до отъема		Откормочный молодняк от отъема до живого веса 45 кг		Откормоч- ный молодняк 45—100 кг живого веса
	140	90	100	118	
Содержание переваримого протеина, г на 1 корм. ед.*					
Лизин	5,00	4,80	4,60	4,30	4,20
Метионин+цистин	3,32	3,20	3,12	2,95	3,00
Триптофан	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Аргинин	1,70	1,64	1,56	1,55	1,25
Гистидин	1,51	1,50	1,43	1,33	1,17
Лейцин	4,46	4,50	4,20	4,11	3,33
Изолейцин	3,45	3,42	3,25	3,20	3,00
Фенилаланин	3,60	3,50	3,37	3,22	2,70
Тreonин	3,00	3,0	2,81	2,72	2,25
Валин	3,05	3,10	2,87	2,77	2,33

* 140 г переваримого протеина соответствует 22% сырого протеина на воздушно-сухой вес рациона, 90 г — 14, 118 г — 18%.

удовлетворяющих развитие поросят в эмбриональный и подсосный периоды. У беременных и лактирующих свиноматок в связи с этим потребность в аминокислотах повышается. Однако в настоящее время нет еще детализированных норм потребности свиноматок в аминокислотах, основанных на эксперименте.

В качестве ориентировочных норм М. Ф. Томмэ (1963) предложил использовать данные о содержании аминокислот в полноценном рационе, обеспечивающем нормальное состояние свиноматок и высокую их продуктивность. В последних исследованиях М. Ф. Томмэ и сотр. (1968) и Т. А. Фаритова (1968) установлено, что при концентратно-картофельном типе кормления свиноматок наиболее оптимальный уровень лизина — 4,5%, метионина — 3,0% от сырого протеина рациона. Риппел с сотр. (Rippel a. o., 1965, 1967) в опытах с синтетическими рационами определили, что в период супоросности при уровне протеина 12% для свиноматок необходимо лизина 0,42%, метионина+цистина 0,28%, треонина

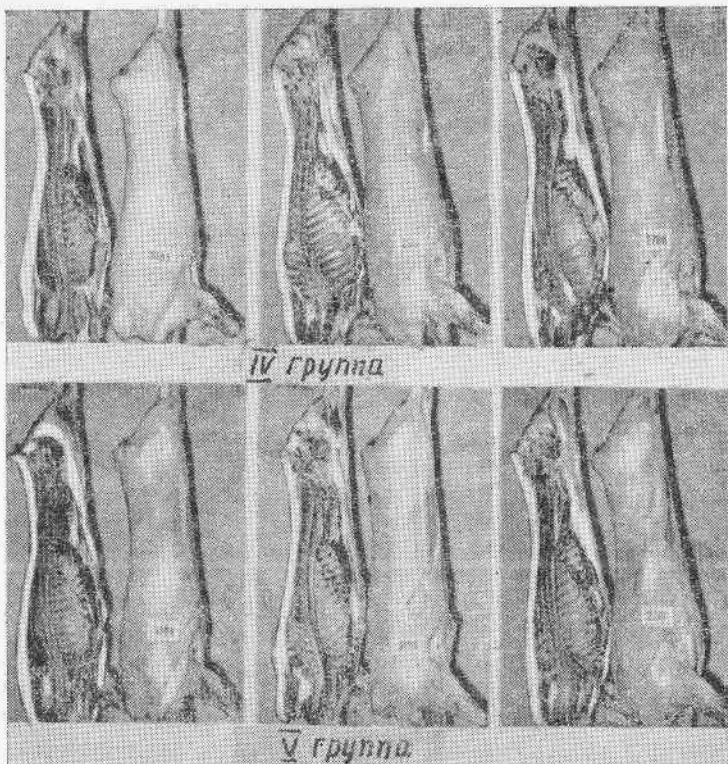


Рис. 12. Общий вид туш животных IV и V групп.

предполагать, что оптимальные дозы метионина способствуют повышению использования лизина, треонина, лейцинов и снижению аргинина и фенилаланина. Такая точка зрения находит подтверждение в опытах Робинсона и Фельбера (1965), Х. Клаузена (1965), И. Ф. Ткачева (1966), Н. А. Шманенкова (1967).

С 1967 г. в нашей стране официально рекомендовались нормы потребности молодняка свиней в незаменимых аминокислотах, помещенные в табл. 27.

Потребность в аминокислотах свиноматок и хряков. Белковое питание свиноматок должно соответствовать физиологическим требованиям и обеспечивать приток необходимого количества определенных аминокислот,

Таблица 28

Ориентировочные нормы потребности свиноматок
в незаменимых аминокислотах

Аминокислоты	В процентах от сырого протеина	
	Первая половина супоросности	Вторая половина супоросности и подсосные
Лизин	4,3—4,5	4,5—5,0
Метионин + цистин	2,8—3,0	3,0—3,2
Триптофан	1,0—1,2	1,0—1,2
Аргинин	5,0—5,5	5,0—5,5
Гистидин	2,0—2,5	2,0—2,5
Лейцин и изолейцин	10—12	10—12
Фенилаланин	4,6—4,8	4,6—4,8
Треонин	5,5—6,0	5,5—6,0
Валин	4,9—5,0	4,9—5,0

Таблица 29

Нормы потребности свиноматок в критических аминокислотах
(лизин и метионин с цистином)

Группа свиней	Переваримый протеин, г на 1 корм. ед.	Лизин		Метионин+цистин	
		от сырого протеина, %	на голову в сутки, г	от сырого протеина, %	на голову в сутки, г
Свиноматки холостые и первая половина супоросности	95—100	4,5—4,7	19—21	2,8—3,0	12—13
Свиноматки второй половины супоросности	100—110	4,9—5,0	24—28	3,0—3,2	15—17
Свиноматки подсосные	110—115	4,9—5,0	45—50	3,0—3,2	28—31

О нормах потребности в аминокислотах хряков-производителей в настоящее время можно говорить только ориентировочно на основании исследований уровней аминокислот — лизина и метионина с цистином — отечественными авторами в последние годы. Опыты в этом плане проведены ВИЖем (М. Ф. Томмэ, И. И. Мошкутело, 1968), БелНИИЖем (В. В. Щеглов, Д. И. Курило, 1969), Украинским НИИЖ Лесостепи и Полесья (В. Н. Кандыба, 1968), Кишиневским сельскохозяйственным институтом (Г. Ф. Степурин, Т. Н. Мишукина, 1969) и другими.

0,34%, валина 0,34%, изолейцина 0,37%, гистидина 0,17%, фенилаланина 0,30 и триптофана 0,17% от сухого вещества рациона.

В практических рационах, как правило, нормы потребности в аминокислотах не соответствуют тем, которые получены на синтетических диетах. Так, в нашем опыте доведение уровня лизина до 0,65% и метионина с цистином до 0,45% от сухого вещества рациона с повышенным уровнем протеина (12%) обеспечивало высокие показатели продуктивности свиноматок и лучшее использование азота, чем при уровне 0,52 и 0,37% соответственно. Это дает основание считать нормы Риппела в ячменно-картофельных рационах для супоросных свиноматок заниженными. Экспериментальные данные свидетельствуют, что при кормлении супоросных свиноматок умеренно-концентратными ячменно-картофельными рационами наиболее оптимальные нормы лизина составляют 0,65% от сухого вещества, или 4,8—5,0% от сырого протеина, метионина 0,45 и 3,0—3,5% соответственно.

Указанные нормы лизина и метионина способствовали получению наиболее высоких показателей продуктивности подсосных свиноматок. В рационах супоросных свиноматок следует определять обеспеченность их метионином, учитывая взаимосвязь последнего с холином. В США, Англии и Канаде установлено, что недостаточная обеспеченность супоросных свиноматок метионином и холином приводит к заболеванию новорожденных поросят, которое выражается в слабости задних конечностей (Кунха, 1969). Для лактирующих животных особенно важен лизин, так как он стимулирует молокообразование (А. И. Овсянников, 1963; И. Ф. Ткачев, 1965).

На основании обобщенных результатов исследований Всесоюзного научно-исследовательского института животноводства, Белорусского НИИ животноводства, Украинского НИИ животноводства Лесостепи и Полесья, Кишиневского сельскохозяйственного института и других отечественных и зарубежных научных учреждений можно рекомендовать следующие уровни аминокислот в рационах для свиноматок (табл. 28).

По данным БелНИИЖа, оптимальными нормами критических аминокислот для свиноматок в концентратно-картофельных рационах являются нормы, помещенные в табл. 29.

Итоговые результаты этих исследований приведены в табл. 30, а в табл. 31 приведены обобщенные А. П. Дмитриченко и др. (1972) данные потребности молодых и взрослых хряков в критических аминокислотах.

Таблица 30

Оптимальные нормы потребности в лимитирующих аминокислотах хряков-производителей при умеренном использовании по данным различных авторов, % от сырого протеина

Аминокислоты	И. И. Мошкутelo	В. В. Щеглов, Д. И. Курило	В. Н. Каидыба	Г. Ф. Степурин, Т. Н. Мишукина	А. И. Пашкевич
Уровень протеина, г/кг	118	125	110	120—127	120
Лизин	4,80—4,85	4,80—5,0	5,4—5,5	4,5	5,30—5,55
Метионин+цистин	3,30—3,35	2,70—2,80	3,0—3,2	2,40	4,3

* Содержалось в рационе.

Таблица 31

Потребность хряков в критических аминокислотах, г на голову в сутки

Аминокислоты	Хряки старше 2 лет живой вес 250—300 кг		Хряки до 2-летнего возраста, живой вес 180—200 кг	
	неслучной период	случной период	неслучной период	случной период
			Лизин	Метионин+цистин
	30,4	43,2	31,2	43,2
	22,3	31,7	29,9	31,7

В наших исследованиях (В. В. Щеглов, Д. И. Курило, 1969; В. В. Щеглов, 1970; Д. И. Курило, 1969) изучалась потребность в лизине ремонтных хряков белорусской черно-пестрой породной группы. По показателям роста, использованию протеина, состоянию здоровья и качеству спермопродукции хряков оптимальная норма лизина оказалась в первом периоде выращивания (живой вес 40—60 кг) — 5,4%, во втором (живой вес 60—100 кг) — 5,0 и в третьем (живой вес 100—140 кг) — 4,75% от сырого протеина.

На основе анализа имеющихся литературных данных о потребности хряков-производителей в критических аминокислотах можно считать, что оптимальные нормы для взрослых хряков при умеренном их использовании находятся в пределах лизин 4,8—5,0%, метионин с цистином 2,8—3,0% от сырого протеина.

Потребность в протеине и аминокислотах сельскохозяйственной птицы

Высокая продуктивность птицы, особенно яичная, требует колоссального напряжения всего обмена и в первую очередь белкового. Установлено, что для образования одного яйца и осуществления всех обменных процессов взрослой курице требуется около 10—11 г усвоенного протеина, имеющего аминокислотный состав, соответствующий аминокислотному составу яичного белка (Н. Г. Григорьев, 1967). То же самое можно сказать и о потребности в протеине бройлеров, у которых протекает интенсивный синтез и отложение белков в мышцах (А. А. Прево, 1962).

По данным большинства зарубежных авторов, оптимальной нормой потребности протеина для достаточно высокой яйценоскости птицы следует считать 13—15% от сухого вещества кормовой смеси. Для цыплят потребность в среднем составляет около 20%, для бройлеров — около 25%, для молодок — 13,6% (Harms, Weldroup, 1963). У взрослых индеек потребность в протеине, по данным американских исследователей, находится в пределах от 14 до 18%, у молодок — от 22 до 28%. Потребность уток в протеине составляет 15—17%. В нашей стране приняты следующие нормы протеина для сельскохозяйственной птицы в процентах от сырого протеина (табл. 32).

Рекомендуемые нормы протеина нельзя рассматривать без взаимосвязи с обеспеченностью птицы незаменимыми аминокислотами. Положительный эффект от скармливания кормовых смесей с указанными уровнями протеина можно ожидать только в том случае, если они сбалансированы в соответствии с потребностью птицы по аминокислотам и в первую очередь по наиболее лимитирующему. В связи с этим знание норм потребности

Таблица 32

Потребности сельскохозяйственной птицы в протеине

Вид, группа и возраст птицы	Потребность в протеине, %	Отношение обменной энергии к протеину
<i>Куры и молодняк</i>		
Цыплята в возрасте 1—45 дней	19—20	150—155
» 46—140 »	15—16	180—190
Несушки яйценоских пород	16—17	175—185
Несушки мясных пород	15—16	175—185
Племенные куры	15—17	175—185
Бройлеры в возрасте 1—45 дней	21—22	140—145
» 46—63 »	19—20	150—160
Ремонтный молодняк маточного стада бройлеров	15—16	170—175
Гуси на мясо	20	140—150
<i>Индейки</i>		
Молодняк в возрасте 1—45 дней	27—28	100—110
» 45—90 »	22—24	115—130
« 91—125 »	18—20	155—160
Взрослые племенные	16—17	152—157
<i>Утки</i>		
Молодняк в возрасте 1—20 дней	18—19	150—160
» 21—55 »	15—16	175—185
Взрослые племенные	16—17	150—160

птицы в отдельных аминокислотах является необходимым условием организации полноценного питания птицы и рационального использования кормового протеина.

Наиболее требовательны к аминокислотной полноценности рационов цыплят. Как отметил Н. Ф. Соловьев и Н. Г. Григорьев (1967), цыплята уже на 7-й день жизни снижают привесы при скармливании им несбалансированного по аминокислотному составу рациона с 18% протеина. Такое явление объясняется еще и тем, что способность к синтезу аминокислот у цыплят понижена.

Учитывая эту особенность все аминокислоты можно разделить на три группы. Первая — аминокислоты, синтезируемые в организме цыплят в достаточных количествах: аланин, аспаргиновая кислота, серин, пролин и оксипролин. Эти аминокислоты могут и не содержаться

в кормах потребляемых птицей. Ко второй группе относятся цистин и тирозин, синтезируемые в организме цыплят из метионина и фенилаланина. Они были названы условно заменимыми. При недостатке в рационе цистина и тирозина цыплята могут удовлетворить потребность в них за счет метионина и фенилаланина. Третья группа аминокислот наиболее многочисленная. Сюда относятся аргинин, глутаминовая кислота, глицин, гистидин, изолейцин, лейцин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан и валин. Указанные аминокислоты или вовсе не синтезируются в организме цыплят, или синтез их происходит ограниченно и не удовлетворяет потребности.

Таблица 33

Потребность в метионине цыплят в зависимости от уровня протеина в рационе

Приблизительное содержание протеина в рационе	Оптимальное содержание метионина в рационе, %	Оптимальное содержание метионина, вычисленное для рациона с 20% протеина
21	0,457	0,438
23	0,505	0,435
25	0,532	0,426

Таблица 34

Потребность птицы в аминокислотах по нормам NRC (США), % к воздушно-сухому рациону

Аминокислоты	Мясные цыплята	Индюшата	Куры яйценоских пород
Протеин рациона	20	28	15
Аргинин	1,2	1,6	—
Глицин	1,0	1,0	—
Гистидин	0,3	—	0,2
Изолейцин	0,6	0,84	0,5
Лейцин	1,4	—	1,2
Лизин	1,0	1,5	0,5
Метионин+цистин	0,8	0,87	0,53
Метионин	0,45	0,52	0,28
Цистин	0,35	0,35	0,25
Фенилаланин	1,4	—	0,79
Треонин	0,6	—	0,4
Триптофан	0,2	0,26	0,15
Валин	0,8	—	0,59

Нормы потребности сельскохозяйственной птицы

Таблица 35

в незаменимых аминокислотах, % к корму

Вид, группа и возраст птицы	Амино				
	Аргинин	Лизин	Гистидин	Метионин	Метионин+цистин
Куры-несушки яйценоского направления:					
клеточное содержание	0,85	0,85	0,23	0,30	0,56
наполнительное содержание	0,80	0,80	0,22	0,28	0,53
Куры мясного направления:	0,75	0,75	0,21	0,26	0,56
Молодняк кур в возрасте:					
1—30 дней	1,10	1,00	0,35	0,45	0,75
31—90 дней	0,96	0,87	0,31	0,39	0,65
91—150—180 дней	0,75	0,75	0,30	0,35	0,60
Бройлеры в возрасте:					
1—30 дней	1,20	1,10	0,34	0,40	0,70
31—56 дней	0,85	0,90	0,30	0,35	0,60
Индейки:					
взрослые	0,75	0,50	0,22	0,38	0,70
в возрасте 1—30 дней	1,50	1,50	0,60	0,52	1,00
31—60 дней	1,28	1,28	0,51	0,45	0,86
61—90 дней	1,18	1,18	0,47	0,40	0,78
91—120 дней	1,07	1,07	0,43	0,37	0,71
ремонтные 121—180 дней	0,80	0,80	0,32	0,27	0,53
на мясо 121—150 дней					
самки	0,80	0,80	0,32	0,27	0,53
самцы	0,96	0,96	0,38	0,33	0,63
Утки:					
взрослые	0,87	0,64	0,29	0,26	0,52
в возрасте 1—20 дней	1,00	1,00	0,400	0,45	0,70
21—55 дней	0,75	0,75	0,30	0,40	0,60
ремонтные 56—150 дней	0,75	0,75	0,30	0,40	0,60
Гуси:					
взрослые	0,94	0,72	0,38	0,29	0,53
1—20 дней	1,00	1,10	1,10	0,50	0,77
21—60 дней	0,80	0,88	0,88	0,40	0,62

Поступление этих аминокислот с кормом является необходимым.

Аминокислоты из третьей группы относят к числу незаменимых и для взрослой птицы, хотя в отношении незаменимости некоторых из них (аргинин, глутаминовая кислота, глицин) высказываются сомнения. Установлено, что глицин может частично заменять триптофан, цитруллин и креатин — аргинин, амилотранспорт — глицин.

Кислоты	Амино						
	Триптофан	Глицин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин	Тreonин	Валин
0,16	0,80	0,58	1,28	0,53	0,43	0,74	
0,15	0,75	0,55	1,20	0,50	0,40	0,70	
0,14	0,70	0,52	1,12	0,47	0,38	0,66	
0,20	1,00	0,63	1,30	0,70	0,70	0,80	
0,17	0,96	0,55	1,13	0,61	0,61	0,70	
0,15	0,75	0,50	1,00	0,50	0,55	0,60	
0,20	1,00	0,63	1,21	0,60	0,66	0,80	
0,18	0,75	0,60	1,20	0,50	0,60	0,80	
0,15	0,50	0,55	1,20	0,50	0,40	0,60	
0,30	0,90	0,80	1,60	0,84	0,70	0,90	
0,26	0,77	0,68	1,37	0,72	0,60	0,77	
0,23	0,70	0,63	1,25	0,66	0,55	0,70	
0,21	0,64	0,57	1,14	0,60	0,50	0,64	
0,16	0,48	0,43	0,86	0,45	0,38	0,48	
0,16	0,48	0,43	0,86	0,45	0,38	0,48	
0,19	0,56	0,52	1,03	0,53	0,45	0,56	
0,17	0,75	0,63	1,24	0,54	0,50	0,78	
0,20	1,00	0,80	1,50	0,50	0,55	0,80	
0,18	0,75	0,60	1,25	0,40	0,45	0,65	
0,18	0,75	0,60	1,25	0,40	0,45	0,65	
0,20	1,00	0,70	1,08	0,72	0,63	0,77	
0,22	1,10	0,88	1,66	0,55	0,61	1,05	
0,18	0,88	0,71	1,33	0,44	0,48	0,84	

Значительное количество исследований проведено по определению оптимальной нормы потребности птицы в метионине. Большинство авторов относят метионин к наиболее лимитирующей аминокислоте в питании сельскохозяйственной птицы. В опытах на синтетических диетах с 20% протеина установлено: оптимальная норма серусодержащих аминокислот (метионин+цистин) для цыплят — 4% от протеина. С повышением уровня про-

тина потребность в них снижалась и при уровне 30% доходила до 2,5% (Snetsinger a. o., 1958). Г. Дж. Алмквист (1962) установил наличие закономерной связи между оптимальным уровнем метионина и содержанием протеина в рационе (табл. 33).

Для кур потребность в серусодержащих аминокислотах, рассчитанная этим же автором, оказалась при 14,7% протеина в рационе 0,520%, при 15,7% протеина — 0,555 и при 16,7% протеина — 0,590% от сухого вещества.

В литературе имеются данные о том, что потребность цыплят в метионине изменяется в зависимости от возраста их и калорийности рациона (Bornstein a. o., 1964). У молодняка в возрасте до 30—35 дней при энерго-протеиновом отношении 9,7:1 потребность в серусодержащих аминокислотах составила 3,5%; в возрасте 35—70 дней при отношении 12:1 потребность в них заметно снижалась.

Потребность птицы в лизине, установленная в кормовых опытах различными авторами, находится на уровне для цыплят от 0,9 до 1,1%, для взрослой птицы — от 0,5 до 0,7% от сухого вещества рациона.

В США приняты нормы потребности птицы в незаменимых аминокислотах, установленные главным образом в опытах с синтетическими рационами (табл. 34). Для кур нормы аминокислот составлены по принципу соответствия с аминокислотным балансом цельного куриного яйца (Gobs, 1961).

По заключению ряда авторов (Williams a. o., 1954; Н. Г. Григорьев 1967), данные о потребности в аминокислотах, рассчитанные на основе аминокислотного состава организма птиц, дают сходные результаты с кормовыми опытами и могут быть рекомендованы для практического пользования. Н. Г. Григорьев и Н. А. Шманенков (1965) определили этим методом потребность в аминокислотах мясных цыплят. Данные оказались очень близкими к нормам, рекомендованным Национальным научным комитетом по питанию животных в США (NRC, 1962).

Всесоюзным совещанием по вопросам кормления птицы (октябрь 1971 г.) разработаны и рекомендованы для практического пользования в СССР обобщенные нормы потребности птиц в незаменимых аминокислотах (табл. 35).

Глава III.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОТЕИНА И АМИНОКИСЛОТ В КОРМАХ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

За последние годы в нашей стране и за рубежом появился ряд обширных сведений по аминокислотному составу кормовых средств (А. З. Бару, 1963; Н. П. Дрозденко, 1965; Е. Д. Нагорская и др., 1968; И. С. Попов, 1962; Р. Блок и д. Болинг, 1949; Т. Г. Хоппер, 1965; Williams, 1955; В. И. Сикоев, 1967; А. С. Бессонова, 1967; В. Ф. Лемеш и сотр., 1971; М. Ф. Томмэ, Р. В. Мартыненко, 1972 и др.). Эти данные дают возможность уже теперь широко использовать новый подход в балансировании рационов по протеиновому питанию. Однако существенный недостаток всех материалов состоит в том, что в них не отражен аминокислотный состав кормов с учетом условий произрастания и агротехники кормовых культур, фазы их вегетации, степени обработки в процессе подготовки к скармливанию, режима хранения, количества доступных аминокислот. Без этих сведений расчет содержания необходимого количества аминокислот в рационах не может быть точным. С этой точки зрения особую ценность представляют данные по зонам страны, которые в значительной мере отражают эти особенности в аминокислотном составе кормов, а они, как показывают материалы исследований, довольно различные.

Например, зеленая масса гороха в фазе цветения содержит в процентах от сырого протеина, по данным БелНИИЖа, лизина — 3,2, гистидина — 2,8, аргинина — 2,8, треонина — 3,8, фенилаланина — 3,2, валина — 1,5. По данным ВИЖа, в этой фазе развития горох содержит соответственно 5,4; 2,0; 4,6; 3,7; 4,9, а по материалам Украинского НИИЖ (А. З. Бару, 1963) — 4,25; 3,06; 4,28;

6,45; 4,28; 4,69. В зеленой массе клевера в фазе цветения, по данным БелНИИЖа, тех же аминокислот содержится 8,9; 4,0; 5,3; 6,8; 3,4; 3,0: по данным ВИЖа, — 4,0; 1,6; 4,4; 3,0; 5,3; 5,1.

Различия в содержании аминокислот в кормах объясняются прежде всего почвенно-климатическими условиями и агротехническим фоном. Аналогичную картину колебаний количества аминокислот в одинаковых кормах, заготавливаемых в разных зонах, можно наблюдать практически по всем кормовым растениям.

Аминокислотный состав кормов растительного происхождения

Наиболее широко применяется в кормлении животных **зерно злаковых культур** — ячмень, рожь, кукуруза, пшеница, овес и другие. По содержанию протеина зерно злаков, за исключением некоторых сортов пшеницы, относится к кормам, неудовлетворяющим потребности животных в аминокислотах, особенно животных с однокамерным желудком, так как в них недостает главным образом лизина и триптофана (табл. 36). Не все виды и сорта зерна обеспечивают потребности животных в наиболее критической аминокислоте — метионине. Содержание других незаменимых аминокислот в зерновых кормах, как правило, значительно превышает потребности животных в них.

Особенно низкое качество имеет протеин зерна кукурузы. Еще в начале нашего столетия Осборн и Мендель установили, что белок кукурузы — зеин — дефицитен по лизину и триптофану. Добавка к зеину кукурузы этих аминокислот значительно повышала его эффективность при скармливании лабораторным животным. В настоящее время выведены высоколизиновые сорта кукурузы типа ОПАК-2, не уступающие по содержанию этой аминокислоты зерну бобовых.

Весьма ценным фуражным зерном является ячмень. Зерно ячменя обеспечивает потребность животных практически во всех незаменимых аминокислотах, за исключением лизина и, возможно, метионина. По данным наших исследований, в ячмене содержится 2,91—4,13% ли-

зина, 1,16—1,6 метионина, 1,55—2,3 цистина, 1,17—1,40 триптофана, 4,05—4,96 аргинина, 1,63—2,2 гистидина, 8,79—11,7 лейцина с изолейцином, 2,93—4,39 фенилаланина, 2,96—3,28 треонина, 4,04—5,10% валина от сырого протеина.

Как показали опыты отдела кормления сельскохозяйственных животных БелНИИЖа, включение в концентратную часть рациона молодняка свиней до 90% ячменя с добавлением лизина и метионина при пониженном на 32% уровне протеина и полном отсутствии животных кормов позволило получить такие же привесы, как и на рационах со 100%-ным содержанием протеина с включением кормов животного происхождения.

Зерно бобовых культур (горох, кормовые бобы, кормовой люпин, соевые бобы и др.) на правах высокобелковых концентратов занимают большой удельный вес в рационах животных. Аминокислотный состав различных видов зерна бобовых, приведенный в табл. 36, показывает, что все они являются прекрасным источником лизина и по содержанию этой аминокислоты не уступают кормам животного происхождения. Однако зерно бобовых дефицитно по метионину. Из-за недостатка метионина многие авторы относят его к белковым кормам с низкой биологической ценностью. Причиной недостаточно высокого эффекта в опытах по скармливанию зерна бобовых сельскохозяйственным животным часто бывает не низкое содержание метионина, а наличие в них токсических соединений — алкалоидов и ингибиторов протеолитических ферментов.

В соевых бобах, например, обнаружен ингибитор трипсина, а также алкалоид гемагглютинин, названный первоначально соином. Ингибитор трипсина ухудшает использование метионина, а гемагглютинин склеивает красные кровяные клетки, вызывая задержку роста. Ингибитор трипсина обнаружен также в фасоле, чечевице, чиuite и некоторых сортах гороха; гемагглютинин — в фасоли, конских бобах, чечевице, горохе (И. Дешан, 1965, У. Кревенс, Э. Сипос, 1965).

Пропаривание зерен бобовых при температуре 90—100°C, как правило, разрушает ингибиторы протеолиза, улучшает их переваримость и повышает процент использования аминокислот. Добавка пропаренного зерна бобовых к рационам в качестве источника лизина в значи-

Таблица 36

Содержание незаменимых аминокислот в зерне злаковых и бобовых культур (по данным академика И. С. Попова, 1962)

Наименование кормов	Сырого протеина, %	Аминокислоты, % от протеина											
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Лейцин	Изолейцин	Фенилаланин	Треонин	Валин	
Ячмень	11,6	3,8	1,6	1,6	1,4	4,5	2,1	6,6	4,2	5,1	3,2	5,1	
Рожь	12,3	3,6	1,4	1,5	0,9	4,7	2,2	6,0	4,2	4,7	3,1	5,0	
Кукуруза	10,0	2,9	1,9	1,0	0,8	4,1	2,1	12,2	4,6	4,8	3,5	4,9	
Пшеница твердая	16,0	2,6	1,5	1,3	1,3	—	—	—	—	—	—	—	
Пшеница мягкая	12,0	3,5	1,9	2,0	2,0	—	—	—	—	—	—	—	
Пшеница в среднем	14,0	2,8	1,5	1,4	1,3	5,2	2,1	6,7	4,2	4,9	2,8	4,3	
Овес	11,0	3,3	1,5	1,5	1,3	6,0	1,7	7,1	4,5	5,5	0,3	2,5	4
Прясе	11,0	2,2	2,4	—	1,4	2,9	1,7	9,6	3,9	4,8	3,3	4,8	
Сорго	11,2	2,5	1,0	1,6	0,9	3,3	2,1	12,7	5,0	4,3	2,7	5,2	
Горох	22,7	6,5	1,4	1,1	0,8	7,7	2,1	5,0	6,7	4,8	3,8	4,5	
Кормовые бобы	25,4	6,2	0,9	1,0	0,9	5,9	2,7	8,8	5,5	4,6	3,3	9,5	5
Вика	26,0	5,7	2,6	1,1	0,8	12,9	5,3	7,2	2,7	7,7	5,2	7,9	
Люпин желтый	40,9	4,5	1,0	1,1	0,9	9,5	3,6	7,5	3	7,4	9,4	1,4	4
Соевые бобы	36,9	6,6	1,4	1,6	1,3	7,7	2,3	7,9	5,3	5,1	3,8	5,4	
Чечевица	25,2	6,0	0,8	0,8	0,6	7,9	2,3	5,9	5,1	4,4	3,4	5,5	
Чина	27,6	7,4	0,6	—	0,9	12,5	2,1	9,3	8,7	4,2	4,7	7,0	
Нут*	23,3	6,3	3,1	1,7	—	0,7	9,0	2,6	7,4	5,1	6,8	3,7	6,3

* По данным Н. Райка и др.

тельной мере повышает биологическую ценность протеинов кормовой смеси, положительно влияет на рост животных и использование корма. В опытах М. Ф. Шарова (1967) установлено, что пропаривание зерна гороха повышало биологическую ценность по сравнению с сырым на 5,93%. Использование лизина при этом увеличивалось на 17,9%, метионина — на 9,85%. Скармливание пропаренного гороха свиньям увеличивало их привесы на 10,5—12,8%. Высокая эффективность зерна бобовых при кормлении свиней доказана многочисленными исследованиями отечественных (Г. К. Скоркин, 1965; И. И. Ступак, 1960; Г. Ф. Степуриц, 1964; В. В. Щеглов, 1963, 1965; М. Ф. Шаров, 1967; В. В. Шилов, 1966 и др.) и зарубежных (И. Дешан, 1965; У. Кревенс и др., 1965 и др.) авторов.

В практике кормления сельскохозяйственных животных широко используются жмыхи и шроты, которые так-

же относятся к белковым кормам растительного происхождения.

Жмыхи и шроты — ценные источники протеина, однако качество его, определяемое содержанием основных аминокислот, недостаточно высокое (табл. 37). Очень часто качество протеина жмыхов и шротов снижается в процессе их технологической обработки. Существенные изменения в аминокислотном составе жмыхов и шротов

Таблица 37

Содержание незаменимых аминокислот в жмыхах и шротах

Наименование корма	Сырой протеина, %	Аминокислоты, % от протеина								
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Лейцин	Изолейцин	Фенилаланин

Жмыхи

Подсолнечниковый	39,6	3,8	2,4	1,5	1,4	8,5	2,1	6,2	4,5	4,8	3,6	5,1	
Льняной	31,6	3,4	1,3	1,4	1,6	9,7	2,3	6,3	3,4	8,4	2,4	0,5	3
Хлопчатниковый	37,0	4,3	1,2	1,6	1,4	10,2	2,7	7,5	9,4	1,5	3,3	2	4,8
Конопляный	30,8	2,7	2,2	—	1,5	5,0	3,9	7,7	4,4	5,8	3,8	6,3	

Шроты

Подсолнечниковый	41,8	3,3	2,4	1,5	1,4	8,5	2,1	5,2	4,5	4,8	3,6	5,1	
Льняной	33,6	3,7	1,9	1,9	1,5	8,5	2,3	6,0	5,1	4,3	3,7	5,3	
Соевый	44,0	6,3	1,3	1,4	1,4	7,6	2,4	7,7	5,5	4,9	3,9	9,5	3
Арахисовый	30,2	3,3	0,9	1,2	1,2	11,4	2,5	6,6	9,4	3,4	5,2	8,5	2
Хлопчатниковый	40,0	4,3	1,2	1,6	1,4	10,2	2,7	7,5	9,4	1,5	3,3	2	4,8

происходит вследствие теплового воздействия (З. М. Мороз и др., 1965; А. М. Тарукина, 1965). Умеренное нагревание (до 70—80°), как показали исследования У. Кревенса и Э. Сипоса (1965), оказывает положительное влияние на качество протеина.

Из табл. 37 видно, что все виды жмыхов и шротов, за исключением соевого шрота, содержат недостаточно наиболее критической аминокислоты — лизина и, за исключением подсолнечникового шрота, — метионина.

Соевый шрот по содержанию лизина не уступает кормам животного происхождения. Специальными опытами установлено, что как источник лизина и других амино-

кислот соевый шрот может заменять в рационе свиней корма животного происхождения.

В настоящее время в отечественной жировой промышленности применяется новая технология переработки сырья с применением влаго-теплового воздействия, позволяющая инактивировать в шроте уреазу и разрушать частично трипсиновый ингибитор. Как показали исследования А. М. Тарукиной (1965), З. М. Мороз и др. (1965), применение такого шрота в кормлении свиней дает положительный эффект: среднесуточные привесы повышаются на 5—6%, оплата корма — на 4—6%.

Из группы **корнеплодов** в кормлении сельскохозяйственных животных применяются главным образом картофель, морковь, сахарная и полусахарная, а также кормовая свекла, турнепс, брюква. Значительный удельный вес в кормовом балансе занимает картофель. Протеина в картофеле сравнительно мало, но качество его весьма высокое.

Переваримость картофельного протеина составляет 80—85%, что объясняется незначительным содержанием труднопереваримых белков типа глютелина, неглиадинов при полном отсутствии глиадина. О полноценности белка картофеля свидетельствует также наличие в нем значительного количества лизина (от 5 до 12% от сырого протеина).

Основной составной частью протеина картофеля является белок туберин. Установлено, что в 100 г туберина сырого картофеля содержится 10—15 г лизина, 1,95 — метионина, 1,25 — цистина, 1,83 — триптофана, 5,43 — аргинина, 2,50 — гистидина, 6,5 — треонина, 4,8 — фенилаланина, 9,87 — лейцина, 5,52 — изолейцина и 5,6 г — валина.

По данным, полученным в наших исследованиях, содержание основных аминокислот в вареном картофеле колебалось в следующих пределах: лизина от 4,35 до 5,0%, метионина — от 0,50 до 1,35, цистина — от 0,0 до 1,22, триптофана — от 1,0 до 1,35, аргинина — от 3,1 до 9,4, гистидина — от 0,9 до 2,74, треонина — от 3,09 до 4,05, фенилаланина — от 2,83 до 4,8, лейцина с изолейцином — от 6,24 до 7,45, валина — от 3,95 до 5,2% от сырого протеина.

Морковь бедна протеином и характеризуется низкой общей питательностью. В 1 кг кормовой моркови содер-

жится только 6—9 г переваримого протеина, который на 40% состоит из небелковых азотистых веществ (свободные аминокислоты, амиды и прочее). В протеине сравнительно мало лизина, метионина и триптофана (табл. 38).

Таблица 38
Содержание незаменимых аминокислот в некоторых корнеклубнеплодах

Наименование корма	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от протеина									
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Треонин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин
Картофель	2,1	5,1	1,7	—	1,2	4,9	1,7	4,6	4,8	7,6	3,9
Морковь	1,1	4,4	1,2	—	0,8	3,5	1,4	3,2	3,8	5,7	4,3
Турнепс	1,6	3,1	2,5	0,6	1,2	3,1	2,5	3,1	3,7	5,6	3,1
Свекла сахарная	1,6	2,6	1,3	1,1	2,6	3,0	1,9	2,5	1,8	5,6	2,8
Свекла кормовая	1,3	2,6	0,7	1,0	0,4	3,9	1,4	2,5	2,3	5,6	3,2

Сахарная и кормовая свекла являются хорошими углеводистыми кормами. Повсеместно широко использовать сахарную свеклу в кормовых целях не представляется возможным из-за высоких заграт на ее возделывание, однако в свеклосеющих районах она занимает значительное место в рационах животных.

Качество протеина сахарной и кормовой свеклы, исходя из аминокислотного состава, значительно ниже протеина картофеля. Особенно дефицитен он по лизину и метионину. В опытах на откармливаемых свиньях нами установлено, что обогащение метионином рационов, содержащих 35% по питательности сахарной свеклы, позволяет повысить биологическую ценность ее протеинов и увеличить привесы на 10%. Скармливать сахарную свеклу, как показали наши исследования (В. В. Щеглов и др., 1962, 1963), целесообразно в сыром измельченном виде не более 30—35% по питательности рациона.

Дрожжи в практике кормления животных с давних пор находят широкое применение как белково-витаминный корм. Дрожжевая клетка содержит в своем составе все питательные вещества, необходимые для роста и развития организма — структурный белок, углеводы,

жиры, минеральные вещества и витамины (главным образом группы В).

Протеин дрожжей имеет высокую биологическую ценность. В опытах на животных установлено (Дж. Стокс, 1965), что по питательной ценности он занимает промежуточное положение между растительными и животными протеинами. Единственный недостаток протеина дрожжей — это низкое содержание в нем серусодержащих аминокислот — метионина и цистина. В опытах Харриса и др. (Дж. Стокс, 1965) добавление к кормовым дрожжам метионина повышало их ценность до уровня казеина.

Особую ценность протеин дрожжей представляет как источник наиболее лимитирующей в питании аминокислоты — лизина (табл. 39). При скармливании свиньям и птице дрожжей в сочетании с кормами, дефицитными по этой аминокислоте (зерно злаков и особенно зерно кукурузы), достигаются хорошие результаты в увеличении живого веса и снижении затрат корма на единицу привеса.

Таблица 39

Содержание незаменимых аминокислот в дрожжах (средние данные)

Вид дрожжей	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от протеина										
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Треонин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин	
Пивные	44,6	7,2	1,6	1,4	1,3	4,7	2,1	4,9	4,2	7,1	5,2	5,6
Кормовые	48,3	6,8	1,7	1,0	1,3	5,6	2,7	4,2	4,2	7,6	5,5	6,1
Пекарские	47,6	6,9	1,3	1,2	1,5	4,0	2,0	5,1	3,9	7,0	5,9	5,9

Аминокислотный состав дрожжей может меняться в зависимости от штамма, питательной среды и режима выращивания дрожжевых клеток. Однако колебания не выходят за пределы 20 %. В кормлении свиней и птицы дрожжи используются главным образом для улучшения аминокислотного состава рационов и как источник витаминов группы В. Для этих целей их достаточно ввести в рацион в количестве 2—3 % по питательности.

Значительный практический интерес представляет выращивание определенных видов дрожжей на парафинах

нефти. Химический состав этих дрожжей практически не отличается от обычных, за исключением более высокого содержания жира и отдельных аминокислот (табл. 40).

Таблица 40

Химический состав дрожжей, выращенных на нефти, и кормовых, % в сухом веществе

Показатели	Дрожжи, выращенные на нефти	Дрожжи Торула
Сухое вещество	93,0	90,4
Протеин	43,6	45,0
Жир	18,5	3,4
Крахмал	21,9	31,8(БЭВ)
Зола	4,4	7,7
Кальций	0,21	0,43
Фосфор	1,25	1,60
Натрий	0,06	0,02—1,0
Витамины группы В, мг/кг		
B ₁	3—16	6,2
B ₂	75	44
Никотиновая кислота	180—200	505
Пантотеновая кислота	150—192	84
B ₆	23	30
B ₁₂	0,11	—
Лизин, % от протеина	7,8	6,0
Метионин+цистин, % от протеина	3,0	4,8
Триптофан, % от протеина	1,5	0,9

Грубые и объемистые корма (сено, силос, сенная и травяная мука) в основном служат существенным источником энергии и протеина для сельскохозяйственных животных в зимний период. Различные сорта сена в зависимости от ботанического состава и способов сушки значительно различаются по валовому содержанию в них протеина и незаменимых аминокислот (табл. 41).

Имея более высокий уровень протеина, бобовое сено характеризуется и более высоким содержанием аминокислот. Однако в расчете на единицу протеина существенных различий в содержании незаменимых аминокислот между сеном злаковым и бобовым не имеется, следовательно, по качеству протеина они равны. Разнотравное сено значительно беднее бобового и злакового по содержанию гистидина и треонина.

Сенная и травяная мука, как правило, приготавлива-

Таблица 41

Аминокислотный состав злакового, бобового и разнотравного сена
(по М. Ф. Томмэ и Р. В. Мартыненко, 1972), г/кг

Аминокислоты	Вид сена				
	злаковое	клеверное	клеверо-тимофеевое	люцерновое	разнотравное
Протеин, %	7,7	13,2	8,9	14,1	8,7
Лизин	5,1	6,8	5,9	7,3	3,5
Метионин	1,0	2,0	1,9	2,4	2,2
Цистин	1,6	0,9	—	3,1	0,7
Триптофан	1,1	2,9	3,6	2,8	4,1
Аргинин	3,2	6,4	3,1	8,3	4,2
Гистидин	1,5	3,8	1,5	2,4	1,4
Лейцин+изолейцин	6,7	17,8	11,2	19,0	10,3
Фенилаланин	3,0	5,2	4,3	6,6	3,6
Тreonин	3,7	8,6	1,9	5,6	3,1
Валин	3,0	6,9	4,1	5,6	4,6
Глиции	3,0	3,6	2,8	8,7	4,2

ется из высококачественного растительного сырья, поэтому уровень и качество протеина этих кормовых продуктов весьма высокие. Аминокислотный состав их зависит прежде всего от вида растений (табл. 42) и способов сушки. Искусственная сушка на агрегатах АВМ-0,4 обеспечивает наиболее высокую сохраняемость всех аминокислот (табл. 43). Особенно заметное влияние способ сушки оказывает на содержание лизина, метионина, аргинина, фенилаланина и лейцина с изолейцином.

Одним из важных кормовых средств для сельскохозяйственных животных является **силос**. Качество и питательность силоса, в том числе и протеиновая, в значительной мере определяется видом сырья и технологией силосования. Аминокислотный состав силоса изменяется в зависимости от аминокислотного состава исходной массы, скорости созревания, вида силосного сооружения и консерванта, сроков хранения и других условий (табл. 44).

В результате ферментативных процессов при силосовании трав и хранении силоса часть белка распадается до аминокислот, но питательность его не снижается, так как аминокислоты полностью усваиваются организмом. Больше накапливается аминокислот в силосе в первые

Таблица 42

Аминокислотный состав сенной и травяной муки

Мука	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина								
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин
Сенная злаково-бобовая	11,3	4,8	3,7	—	—	4,3	2,9	6,9	4,3	17,4
Сенная люцерновая	16,1	5,6	1,9	1,5	2,1	5,3	3,2	4,6	3,7	9,0
Травяная люцерновая	16,3	6,2	1,2	1,8	1,1	7,1	3,1	4,6	3,4	9,3
Травяная клеверная	16,8	4,8	1,1	0,8	1,6	4,1	1,4	3,9	4,5	3,6
Травяная клеверо-тимофеевая	15,7	4,7	1,0	1,5	2,4	3,9	2,5	4,0	4,0	6,2
Травяная вико-овсяная	11,7	3,4	1,3	0,5	3,6	4,0	2,5	4,9	4,4	4,6
										4,9

Таблица 43

Влияние способа сушки зеленой массы люцерны на содержание протеина и аминокислот, г/кг сухих веществ
(данные И. Ф. Ткачева и В. Г. Савенко, 1972)

Аминокислоты	Зеленая масса	Способ сушки		
		на АВМ-0,4	вентиляторная	в валках
Сырой протеин, %	24,34	23,27	21,76	20,31
Лизин	19,52	18,34	14,97	13,73
Метионин	4,87	3,33	2,79	2,27
Триптофан	4,58	5,98	4,24	4,02
Цистин	3,58	2,86	2,89	2,98
Аргинин	17,04	15,71	14,17	10,64
Гистидин	4,21	3,12	2,63	3,05
Фенилаланин	10,56	7,68	7,75	6,84
Лейцин+изолейцин	30,16	21,99	19,00	12,50
Тreonин	10,47	8,58	8,99	10,85
Валин	11,83	11,43	10,49	8,31

две недели после закладки, в дальнейшем процесс распада белка, если не было допущено нарушение технологии силосования, постепенно затухает.

Аминокислотный состав силоса

Таблица 44

Вид силоса и способ силосования	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина									
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин	Валин
Кукурузный	2,0	2,5	5,0	1,0	3,0	5,0	3,0	4,0	5,5	10,0	4,5
Гороховый	3,5	5,8	—	3,1	3,5	1,9	1,7	3,6	3,7	18,3	4,9
Люпиновый	4,3	9,0	2,2	2,3	—	5,0	—	4,8	6,8	8,3	6,0
Подсолнечниковый	1,8	1,8	0,8	2,6	—	3,4	—	3,4	2,8	8,0	5,3
Клеверный с добавкой ААЗ	3,3	2,5	1,1	1,8	2,3	0,4	1,2	2,5	2,6	8,2	2,2
То же с добавкой $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	3,8	0,4	0,4	0,4	3,7	0,4	0,5	0,9	—	4,2	3,3
Кукурузный из траншеи	8,3	5,2	1,2	1,3	0,6	5,8	1,9	4,2	3,6	9,0	4,6
Кукурузный из кургана	9,4	4,0	0,6	1,6	0,5	5,2	1,2	3,8	3,5	9,0	4,6

По данным Н. П. Дрозденко (1965), которая изучала динамику свободных аминокислот на разных стадиях ферментации и хранения силоса из гороха, в содержании отдельных аминокислот наблюдаются значительные колебания, однако общее количество их после трех месяцев хранения имеет тенденцию к снижению.

Протеиновая полноценность силоса, особенно приготовленного из низкобелкового сырья, может быть значительно повышена путем внесения небелковых азотистых соединений — карбамида, диаммонийфосфата и других. Так, по данным ВИЖа (Н. Г. Шаныгина, 1965), в кукурузном силосе с добавками карбамида содержание протеина повышалось с 11,4 до 20,6—22,8% и особенно заметно возрастало содержание лизина — с 0,35 до 0,58%, гистидина — с 0,17 до 0,42, треонина — с 0,39 до 0,47%. Количество серусодержащих аминокислот (метионина и цистина), как установлено исследованиями А. В. Модянова и Н. Г. Шаныгиной (1967), заметно увеличивается при одновременной добавке к силосуемой массе карбамида и сульфата аммония. В целом процесс силосования, по мнению большинства исследователей, способствует обогащению массы лизином, гистидином, цистином, треонином, лейцином и аланином.

Менее заметные изменения в аминокислотном составе по сравнению с исходной массой происходят при консервировании подвяленных растений. Получаемый при такой технологии новый вид корма — сенаж отличается высоким содержанием протеина и незаменимых аминокислот (табл. 45). Этот вид корма все более широко применяется в кормлении животных.

Таблица 45

Аминокислотный состав сенажа

Вид сенажа и исходная масса	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина									
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Треонин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин	Валин
Клевер, зеленая масса	3,9	4,4	1,6	1,2	1,8	5,9	2,2	4,8	3,3	11,8	4,4
Сенаж из клевера	10,1	4,1	1,0	—	—	4,0	1,2	4,0	3,8	12,0	5,4
Люцерна, зеленая масса	4,7	4,9	1,6	1,3	2,6	5,1	2,2	4,5	4,3	10,7	5,5
Сенаж из люцерны	12,4	5,5	1,7	1,9	1,7	5,1	1,5	4,1	3,2	11,2	5,4

Зеленые корма — трава естественных и посевных лугов и пастбищ — по аминокислотному составу имеют существенные колебания в связи с разнообразием ботанического состава и произрастания в самых различных природных и климатических условиях (табл. 46).

Таблица 46

Аминокислотный состав травы естественных угодий

Виды трав и естественных угодий	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина									
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Треонин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин
Заливных сенокосов	3,6	4,8	3,0	—	—	4,3	3,4	8,5	4,1	6,0	5,0
Горных пастбищ	6,6	2,0	1,0	1,0	—	2,6	2,1	2,5	2,0	5,1	—
Мятлик луговой	3,4	5,1	1,6	0,6	0,9	6,9	2,2	3,7	3,4	—	11,8
Трава естественных угодий (в среднем)	4,1	4,6	1,9	1,5	0,8	6,1	3,4	3,9	3,2	—	8,5
Трава костра безостого	4,2	3,5	1,0	0,4	0,8	3,2	1,9	3,2	3,3	—	8,9
											4,9

И. П. Омельченко и М. И. Сидун (1970), изучая протеиновую полноценность некоторых кормовых растений, пришли к выводу, что по содержанию отдельных аминокислот и их суммы травы заливного луга лучше по сравнению с травой заболоченного (табл. 47). Залужение болотных угодий значительно улучшает аминокислотный состав травостоя. По данным В. Ф. Лемеша и др. (1971),

Таблица 47

Содержание аминокислот в траве заливного и заболоченного лугов, г/кг (по И. П. Омельченко и М. И. Сидун)

Аминокислоты	Луг заливной	Луг заболоченный	Разница
Лизин	2,28	2,17	-0,11
Цистин	0,59	0,52	-0,07
Гистидин	2,00	1,65	-0,35
Аргинин	1,83	1,29	-0,54
Глицин	1,19	0,57	-0,62
Глутаминовая кислота	1,83	1,18	-0,65
Аланин	3,38	2,48	-0,90
Пролин	1,13	1,00	-0,10
Тирозин	1,03	0,85	-0,18
Метионин+валин	1,56	0,93	-0,63
Фенилаланин	1,49	1,10	-0,39
Лейцин+изолейцин	4,52	3,36	-1,16
Сумма аминокислот	23,77	18,05	-5,72

трава заливного луга значительно превосходит траву суходольного и лесную по содержанию наиболее критических аминокислот — лизина, метионина и триптофана. Значительные различия в аминокислотном составе трав естественных угодий установлены этими авторами в зависимости от зоны их произрастания (табл. 48). Так, наибольшее содержание протеина и суммы аминокислот установлены в травах суходольных лугов из Могилевской и Брестской областей, а содержание лизина и метионина — в травах из угодий Гродненской и Минской.

Для создания культурных сенокосов и пастбищ широко применяются однолетние и многолетние злаковые в смеси с бобовыми травами. В состав мешанок чаще всего включают тимофеевку, овсяницу луговую, ежу сборную, костер безостый, мятыник луговой; из бобовых —

клевер разных сортов, люцерну, вику, эспарцет и другие. Содержание протеина и аминокислот в этих растениях значительно варьирует в зависимости от видовых и сортовых особенностей, стадии вегетации и агротехнических условий выращивания (табл. 49 и 50).

Таблица 48

Аминокислотный состав травы суходольного луга в различных областях Белорусской ССР в фазу цветения основного травостоя, % от сырого протеина

Аминокислоты	Область и дата взятия образца				
	Могилев-ская, 29.VI 1964 г.	Гроднен-ская, I.VII 1964 г.	Брест-ская, 30.VI 1964 г.	Витеб-ская, 25.VI 1964 г.	Минская, I.VII 1964 г.
Протеин, %	3,7	3,2	4,8	3,5	2,8
Лизин	5,1	6,6	5,2	4,6	6,4
Метионин	1,9	2,5	1,5	2,6	3,2
Цистин	1,6	Следы	0,6	Следы	2,5
Триптофан	2,7	1,9	3,3	2,6	3,2
Гистидин	4,6	4,4	4,2	2,0	5,0
Аргинин	5,7	5,3	4,2	4,9	7,2
Треснин	4,1	3,4	2,9	4,3	3,6
Валин	5,1	5,3	4,2	5,7	5,7
Фенилаланин	8,1	3,8	6,7	10,0	10,0
Тирозин	4,1	2,2	2,9	2,9	3,2
Лейцин+изолейцин	10,3	12,2	8,9	10,0	7,9
Серин	3,0	1,9	1,9	2,9	3,9
Аланин	5,1	5,6	4,2	5,4	5,4
Аспарагиновая кислота	8,4	8,4	9,0	8,3	7,9
Глутаминовая кислота	9,2	8,4	10,4	10,6	10,0

В среднем протеины злаковых и бобовых трав существенно не различаются по содержанию аминокислот, за исключением лизина. Бобовые содержат больше этой аминокислоты, что и определяет высокое качество их протеинов по сравнению с протеинами злаковых трав. Убранные в оптимальную фазу вегетации бобовые травы являются хорошим сырьем для приготовления высококачественной травяной муки, так как самая высокая протеиновая питательность их отмечается в фазе бутонизации.

Таблица 49

Содержание незаменимых аминокислот в некоторых злаковых травах по стадиям вегетации (Н. А. Лукашкик, 1965)

Вид растения и стадия вегетации	Аминокислоты, % от сырого протеина									
	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин	валин
Тимофеевка кущение	5,5	1,2	0,8	0,7	6,7	3,7	3,6	4,1	9,3	3,3
кушение колошение	6,1	1,5	0,9	0,7	6,0	3,6	3,7	4,8	12,9	5,2
Овсяница луговая кущение	5,4	1,4	1,0	1,1	4,9	1,8	3,6	4,6	10,8	6,3
цветение	6,0	1,8	1,0	1,2	6,4	2,3	4,4	5,7	13,5	6,1
Ежа сборная выход в трубку	4,2	1,9	0,5	0,9	4,7	1,8	3,3	5,0	12,0	5,3
цветение	3,9	1,7	0,5	0,7	4,6	1,7	3,4	4,6	11,8	5,7
Мятлик луговой кущение	6,1	1,6	0,6	0,9	6,9	2,2	3,7	3,4	11,8	4,7
цветение	4,8	1,1	0,6	0,9	6,6	2,4	4,9	3,4	11,0	5,0
Костер безостый кущение	3,5	1,0	0,4	0,8	3,2	1,9	3,3	3,3	8,3	4,9
колошение	3,4	1,2	1,1	0,7	3,9	1,6	2,9	3,3	8,7	5,9
Злаковые в среднем (по М. Ф. Томмэ и др., 1972)	4,1	1,5	1,1	1,1	4,1	1,8	3,3	3,6	11,0	4,1

Таблица 50

Содержание незаменимых аминокислот в посевных бобовых травах

Вид растения	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина									
		Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин	валин
Клевер красный	3,9	4,4	1,6	1,2	1,8	5,9	2,2	4,8	3,3	11,8	4,4
Клевер розовый	3,2	3,8	1,5	—	—	8,5	3,0	3,2	5,5	7,4	—
Клевер белый	3,2	3,8	1,5	—	—	6,7	3,0	3,2	5,5	7,4	3,4
Люпин безалкалоидный	3,1	4,4	2,4	0,7	—	4,7	2,0	3,8	3,4	9,1	4,2
Люцерна	4,7	4,9	1,6	1,3	2,6	5,1	2,2	4,5	4,3	10,7	5,5
Бобы кормовые	2,8	4,6	1,3	1,1	2,9	4,6	2,3	3,4	3,8	11,3	4,0
Вика	4,4	5,0	1,8	1,6	1,2	5,1	2,1	4,5	4,3	9,0	5,2
Горох	3,7	5,2	1,7	1,8	1,4	5,0	2,8	4,6	4,8	12,6	4,0
Соя	4,9	5,9	1,2	1,1	0,9	5,6	2,7	4,5	5,3	10,6	4,7
Бобовые в среднем	3,9	4,9	1,5	1,5	1,8	5,1	2,0	4,4	4,1	11,7	4,9

Аминокислотный состав кормов животного происхождения

Молоко и молочные продукты, особенно отходы молокоперерабатывающей промышленности, широко используются в кормлении сельскохозяйственных животных. Чаще всего на корм скоту используют снятое молоко (обрат), пахтенье, сыворотку. Цельное коровье молоко применяется в первый период выращивания молодняка животных. Протеин молочных продуктов по биологической ценности и по аминокислотному составу занимает одно из первых мест среди кормов животного происхождения (табл. 51). Включение в рацион молочных продуктов позволяет значительно повысить полноценность протеина кормовой смеси, сбалансировать ее аминокислотный состав в соответствии с потребностью животных.

По содержанию основных аминокислот снятое молоко не уступает цельному, но в нем мало содержится жирорастворимых витаминов (A, D, E). Скармливание растущим свиньям 0,5–1,0 кг снятого молока, как правило, обеспечивает их потребность в лизине и других аминокислотах, за исключением метионина.

Пахтенье по химическому составу и общей питательности почти одинаково с обратом, однако по биологической ценности протеинов несколько уступает ему, так как содержит меньше лизина.

Протеин сыворотки высокого качества, но его мало. Сухое вещество сыворотки на 2/3 представлено молочным сахаром, поэтому является хорошим источником легкоусвояемых углеводов.

Отходы мясной промышленности — мясная, мясокостная и кровяная мука — являются хорошими источниками протеина животного происхождения. В 1 кг мясной и мясо-костной муки содержится от 250 до 600 г протеина, в кровяной муке — до 800 г.

Протеин отходов мясной промышленности по качеству стоит ниже протеина молочных продуктов. В мясной и мясо-костной муке содержится мало метионина, и в процессе приготовления ее почти полностью разрушается триптофан. Кровяная мука богата лизином, но бедна изолейцином и лейцином.

Существует мнение, что протеин корма, в котором

Таблица 51

Содержание аминокислот в некоторых кормах животного происхождения, % от сырого протеина

Наименование продукта	Лизин	Метионин	Цистин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин	Изолейцин	Валин
Цельное молоко	7,9	2,4	0,9	1,4	3,6	2,8	4,9	5,0	9,9	6,6	6,8
Сытое молоко	7,8	2,8	0,9	1,2	3,6	2,6	4,7	4,7	9,9	6,2	6,6
Пахталье	6,8	2,2	1,1	1,3	3,2	2,5	4,2	4,4	9,6	6,7	6,6
Сыворотка	7,6	2,2	—	2,7	3,3	1,5	4,7	3,2	9,3	6,1	5,9
Казеин сухой	7,8	3,2	0,4	1,2	4,0	3,1	4,4	5,6	10,3	6,7	7,6
Мясная мука	6,4	1,4	0,5	0,7	6,0	2,7	3,5	4,7	8,3	4,0	6,8
Мясо-костная мука	5,4	1,5	0,7	0,8	6,5	1,6	3,3	3,6	5,8	3,5	4,8
Кровянная мука	8,2	1,2	1,9	1,4	4,4	6,4	4,1	7,1	1,3	1,3	9,0
Китовая мука	6,6	1,9	—	1,6	4,7	2,2	3,1	3,9	8,1	5,2	5,3
Рыбная мука	8,9	2,9	1,9	1,0	6,7	2,3	4,5	4,5	8,0	5,5	5,8
Яйцо куриное	6,6	3,5	2,2	1,8	6,5	2,5	5,0	5,7	8,6	6,7	7,8

недостаточно или вовсе нет хотя бы одной из аминокислот, необходимых для синтеза животного белка, считается неполноценным. В свете новейших экспериментальных данных такое понятие недостаточно объективно, потому что не учитывает взаимодополняющего действия аминокислот в протеине при одновременном поступлении их в организм. Один и тот же протеин в одних рационах повышает, а в других при ином соотношении кормов понижает полноценность кормовой смеси. Следовательно, нельзя относить мясную и кровянную муку к неполноценным кормам только на том основании, что в них мало содержится некоторых аминокислот. Недостающее количество отдельных аминокислот в этих кормах, как правило, балансируется избытком их в других компонентах рациона. Наличие же лизина в отходах мясной промышленности обеспечивает значительное повышение полноценности протеина в рационе животных.

К мясным отходам следует отнести также и китовую муку, получаемую из китового мяса после извлечения из него жира. Питательность китовой муки одинакова с мясной и мясо-костной, а аминокислотный состав ее не уступает лучшим сортам мясной муки.

Отходы рыбной промышленности. Рыба и рыбные отходы, непригодные на пищевые цели (головы, плавни-

ки, внутренности, отходы филейного и консервного производства, мелкая, рваная и мятая рыба и прочее), используются для кормления животных. Как правило, из отходов рыбной промышленности готовят рыбную муку, иногда скармливают их в свежем или силосованном виде.

Рыбная мука — наиболее богатый источник полноценного протеина, минеральных веществ и витаминов. По содержанию незаменимых аминокислот протеин рыбной муки значительно превосходит протеин растительных концентратов и может быть приравнен к протеину куриного яйца.

Особенно богата рыбная мука лизином. В наших исследованиях содержание лизина в отдельных образцах рыбной муки достигало 11,3% от сырого протеина (В. В. Щеглов, 1958). Этим в значительной мере определяется ее превосходство над растительными и некоторыми животными кормами. Рыбная мука практически является единственным кормом, удовлетворяющим потребность свиней и птицы во всех десяти незаменимых аминокислотах.

Если внимательно проанализировать данные по содержанию аминокислот в кормах, то можно убедиться, что идеальных кормов, обеспечивающих полную потребность животных во всех аминокислотах (без избытка и недостатка), практически нет. Чаще всего в кормах недостает лизина и метионина. Однако кормление животных только одним каким-либо кормом довольно редко встречающееся явление. Как правило, в рацион включаются несколько кормов. Это позволяет взаимно дополнять аминокислотную недостаточность одних кормов другими, обеспечивая повышение биологической полноценности протеина и кормовой смеси в целом.

Факторы, влияющие на аминокислотный состав кормов

Аминокислотный состав одних и тех же кормов в силу ряда причин подвержен значительным изменениям. Основными из них являются сорт и фаза развития растительных кормов, агротехнические и климатические условия их произрастания, условия хранения, способы обработки и подготовки кормов к скармливанию.

Неподентичность аминокислотного состава разных сортов одного и того же растительного корма отмечают многие авторы (А. З. Бару, 1963; Е. Д. Нагорская и др., 1968; А. В. Кудашева, 1969 и др.). Уже первыми советскими исследователями, изучавшими аминокислотный состав пищевых и кормовых продуктов (А. Е. Шарпенак, О. Н. Балашова, Е. М. Соловьев, 1934), были отмечены особенно резко выраженные различия в аминокислотном составе отдельных сортов кормовых культур. Так, в сортах гороха содержание лейцина колебалось от 7,0 до 10,3%, аргинина — от 6,6 до 8,1%, лизина — от 7,8 до 8,9%. По данным М. М. Кургатникова (1936, 1938), сортовые различия в горохе особенно заметными были по лизину (3,45—6,28%), цистину (0,78—1,42%) и аргинину (9,99—11,66%).

Изучая количество диаминокислот и гистидина в зерне овса и ячменя, А. П. Горбачева (1950) пришла к выводу, что содержание аргинина в протоплазме овса колеблется от 9,77 до 14,18%, лизина — от 3,90 до 8,85%, а в зерне ячменя различия в содержании лизина достигают 50—70%.

По данным А. И. Тарановой (1951) и П. Н. Кизима (1951), в различных сортах пшеницы различия по содержанию лизина составляют 34,3%, гистидина — 36,1%, цистина — 30,8%. Изменения содержания отдельных аминокислот в зависимости от сорта пшеницы могут достигать 50—60%, как это показано в исследованиях Н. М. Сисосян и Л. С. Маркосян (1959). Аналогичные данные о существенных колебаниях содержания аминокислот в составе протоплазмы растений разных сортов получены также в исследованиях А. З. Бару (1963), И. Ф. Беликова и др. (1965), В. Ф. Лемеша и др. (1971), А. В. Кудашевой (1969), Г. Ф. Дударевич (1971) и других отечественных и зарубежных авторов.

Одной из основных причин неподентичности состава аминокислот являются генетические особенности различных сортов растений, которые обусловлены направленной селекционной работой. Значительное влияние на аминокислотный состав растений оказывает, как показали исследования Г. Ф. Дударевич (1971), место произрастания. Так, в первой почвенно-климатической зоне (Кормянский, Светлогорский, Жлобинский, Рогачевский, Чечерский районы Гомельской области) содержание ли-

зина от сырого протеина в люпине Быстрорастущем было 5,4%, люпине Носовском — 4,3, в ячмене Винер — 3,5, в овсе сорта Советский — 4,1%; во второй зоне (Буда-Кошелевский, Гомельский, Ветковский, Добрушский, Лоевский, Речицкий) в этих же сортах люпина, ячменя, свеклы содержалось соответственно 5,7; 4,7; 4,0; а в третьей (Житковичский, Петриковский, Калинковичский и другие районы) — 4,4; 5,2; 4,1; 3,7%. Аналогичная разница наблюдалась и по другим аминокислотам.

Существенным образом может различаться аминокислотный состав корма в зависимости от фазы вегетации. С возрастом в растении накапливается клетчатка, синтез протеина ослабевает, а поэтому относительное количество его и аминокислот понижается. Так, в исследованиях Шупона было обнаружено, что в зрелом зерне гороха содержание лизина составляло 9,3%, в незрелом — 4,9% от протеина. Подобные результаты получены в исследованиях Е. Д. Нагорской и др. (1968) при изучении аминокислотного состава зеленой массы гороха в разные фазы вегетации. А. З. Бару (1963), изучая корма Лесостепи и Полесья Украины, также наблюдала существенное различие аминокислотного состава кормов в зависимости от фазы вегетации. С ростом зеленого растения содержание одних аминокислот в нем увеличивается, других уменьшается.

Г. Ф. Дударевич (1971) изучала изменение аминокислотного состава в различные фазы вегетации всех основных кормовых растений, выращенных в различных почвенно-климатических зонах Гомельской области Белорусской ССР. Результаты этих исследований убедительно демонстрируют наличие существенных различий в содержании протеина и отдельных аминокислот в одних и тех же сортах растений в зависимости от фазы вегетации (табл. 52).

На аминокислотный состав растений значительное влияние оказывают климатические условия выращивания, как это установлено в исследованиях А. З. Бару (1963) при изучении аминокислотного состава протеина озимой ржи, озимой пшеницы, люцерны, эспарцета, выращенных в 1958, 1959 и 1961 гг. Автор отмечает, что колебания в содержании аминокислот по годам объясняются различным количеством выпавших осадков и температурными условиями.

Таблица 52

Изменение аминокислотного состава кормовых растений
Гомельской области в зависимости от фазы вегетации (выборочно)

Наименование растений и фаза вегетации	Сырой протеин, %	Аминокислоты, % от сырого протеина								
		Лизин	Метионин	Цистин	Аргинин	Гистидин	Тreonин	Фенилаланин	Лейцин+изолейцин	
Вика озимая бутонизация	3,80	4,0	1,7	1,4	5,0	1,4	6,2	3,7	13,6	6,0
цветение	3,66	5,2	1,6	1,6	4,9	4,2	5,7	3,5	13,9	7,6
образование семян	3,42	3,9	1,2	1,1	5,2	1,4	5,7	3,4	11,7	7,8
Клевер белый бутонизация	4,67	4,2	1,4	1,7	5,9	2,8	4,0	4,9	10,7	5,2
цветение	4,01	4,4	1,3	1,6	5,8	2,6	4,1	4,6	10,2	5,5
Клевер красный бутонизация	3,85	4,7	1,3	1,1	5,8	3,3	4,2	4,7	13,1	5,7
цветение	3,60	4,7	1,3	1,3	5,5	2,8	4,3	4,2	12,9	6,7
Овсяница луговая, выметывание	5,01	3,4	1,1	0,8	3,7	1,3	2,7	4,2	8,0	4,6
метелки	4,83	2,9	1,0	0,5	3,2	1,1	2,4	3,8	7,8	4,0
кошение										
Рожь озимая выход в трубку	2,64	3,4	1,7	1,2	4,3	2,9	4,4	4,0	10,7	5,1
кошение	2,30	3,1	1,3	0,8	4,8	2,8	4,3	4,9	11,3	5,2
Люпин цветение	4,07	5,1	1,4	0,9	4,6	2,0	3,9	4,9	9,7	4,9
образование бобов	3,48	4,6	1,3	1,1	5,1	1,8	3,9	4,4	9,3	4,3

По влиянию условий питания на аминокислотный состав белков растений имеется два мнения. Одни исследователи считают, что содержание аминокислот может изменяться в зависимости от условий питания, другие,— что аминокислотный состав суммарных белков в зависимости от вносимых удобрений практически не изменяется. Накопленный экспериментальный материал по этому вопросу за последние годы дает основание разграничить две стороны этих точек зрения. Во-первых, действие удобрений на содержание свободных аминокислот, и, во-вторых, — на аминокислотный состав белков. Можно считать твердо установленным фактом (Б. П. Плещков, 1964; Н. Я. Львович, 1967; А. А. Калининский и С. М. Камасин, 1970 и др.), что содержание свободных аминокислот повышается при внесении азотных удобрений.

При этом, относительное же количество аминокислот суммарных белков изменяется незначительно.

Исследованиями последних лет установлена возможность значительного повышения протеиновой полноценности злаковых трав путем применения соответствующих агротехнических приемов, и особенно применения азотных удобрений. Так, в опытах В. Н. Баканова (1967) было отмечено значительное повышение количества протеина и отдельных аминокислот в озимой ржи при внесении высоких доз мочевины и аммиачной селитры (табл. 53).

Таблица 53

Влияние азотных удобрений на аминокислотный состав озимой ржи весеннего посева, % к протеину

Аминокислоты	Без удобрения	Мочевина, кг/га азота		Аммиачная селитра, кг/га азота		
		300	400	300	400	500
Протеин, % к сухому веществу	15,4	27,2	27,6	22,3	26,1	28,1
Цистин	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2	1,6
Лизин	5,0	5,0	5,2	4,5	5,1	4,5
Гистидин	2,4	2,2	2,7	2,6	2,5	2,7
Аргинин	4,2	5,2	5,7	4,7	5,2	4,6
Глицин	2,6	2,8	2,7	2,8	3,3	3,3
Треонин	3,2	3,3	3,6	3,7	3,6	3,3
Метионин	0,9	1,0	1,3	0,9	1,1	1,0
Валин	5,2	5,2	5,1	5,1	5,3	5,1
Фенилаланин	4,5	4,6	5,2	4,9	4,6	5,1
Лейцин	9,6	11,4	11,8	10,7	11,2	12,6
Триптофан	0,8	1,0	1,1	1,1	1,0	1,2

Положительное влияние азотных удобрений на качество протеина зеленой массы кукурузы установлено в опытах В. Г. Савенко (1968), количество протеина увеличивалось с 8,9 до 9,9% в абсолютно сухом веществе. Особенно заметно повысилось в кукурузе содержание лизина — с 3,8 до 4,7% от сырого протеина, метионина — с 0,8 до 1,2%, треонина — с 3,2 до 4,7%.

Аналогично проявляется действие фосфорных и калийных удобрений, то есть изменяется общее содержание аминокислот за счет увеличения или уменьшения

свободных аминокислот и остается без изменений аминокислотный состав нативных белков. Имеются опытные данные, свидетельствующие о влиянии на аминокислотный состав растений подкормки медью, молибденом и другими микроэлементами (Н. А. Чаянов и др., 1967).

Установлено влияние минеральных удобрений на изменение аминокислотного состава зерна бобовых и злаковых, корнеплодов и других кормовых культур (В. Г. Савенко, 1969; Е. А. Танкаль, Е. П. Наумова, 1965; Н. П. Евграфова, 1964 и др.). Так, в исследованиях Е. А. Танкаль и Е. П. Наумовой (1965) увеличивалось содержание глутаминовой и аспарагиновой кислот в сахарной свекле при внесении под вспашку азотных удобрений, но сахаристость корней снижалась.

Существенно влияют на качество протеинов условия хранения кормов. Высокая влажность при хранении сухих кормов (зерно, грубые корма и др.) приводит к значительному повышению температуры, развитию плесеней и возбудителей инфекции. Все это может быть причиной снижения биологической ценности и переваримости протеина кормов. Длительное хранение кормов в недостаточно благоприятных условиях может снизить показатели переваримости и использования отдельных аминокислот в организме животного (В. Ф. Бекер, М. Е. Бекер, 1966). По данным И. Ф. Ткачева и В. Г. Савенко (1972), при хранении люцерновой муки с июля по февраль содержание лизина снизилось с 16,01 до 10,61 г/кг, аргинина — с 15,73 до 11,52, фенилаланина — с 7,68 до 4,16, валина — с 11,50 до 7,34, общей суммы аминокислот — с 96,27 до 79,02 г/кг.

В наших опытах при хранении комбикормов в течение 6 месяцев в типовых складских помещениях с соблюдением температурного и влажностного режимов были установлены значительные потери отдельных аминокислот. Потери гистидина за 6 месяцев хранения составили 10—18%, аргинина — 4—12, цистина — 2—9, лизина — 2—6, метионина — 4—9%, но в гранулированном комбикорме потери были значительно меньшими. Так, тирозин с глутаминовой кислотой в рассыпном комбикорме разрушился за период хранения на 14—24%, в гранулированном — только на 0—6%.

А. Е. Чиков (1968) исследовал влияние повышенной температуры и давления пара на химический и ами-

кислотный состав гранулированных комбикормов. В процессе гранулирования сумма незаменимых аминокислот в гранулах диаметром 4,8 мм уменьшалась на 24%; в гранулах диаметром 7,8 мм — на 17, а в крупных гранулах диаметром 10 мм — на 6,6%. Как отмечает автор, в процессе гранулирования больше разрушается аргинин, гистидин, лейцин, изолейцин и метионин, а затем лизин, фенилаланин и треонин. При биологической оценке гранулированного комбикорма в опытах на свиньях наиболее эффективными оказались гранулы диаметром 10 мм.

Заметно влияет на аминокислотный состав корма способ заготовки. Например, при сушке травы более высокой биологической ценностью обладает протеин сена, высущенного в валках, копнах или на вешалах, сушка в прокосах значительно снижает качество протеина. Большие потери наиболее ценных протеинов происходят при сушке травы в дождливую погоду. Качество протеина сена, побывшего под дождем, на 15—20% ниже по сравнению с сеном, высушенным в благоприятных условиях. Вообще следует иметь в виду, что сушка травы на сено обычным способом приводит к более значительным потерям аминокислот и протеина, чем, например, силилование или приготовление травяной муки на АВМ-0,4 (табл. 54).

Заметное снижение биологической ценности протеина происходит при нарушении технологии силосования кормов. Растворимость во времени закладки массы, слабая трамбовка и плохое укрытие приводят к перегреву силосной массы, образованию гуминовых соединений, разрушению аминокислот, увеличивают возможность маслянокислого брожения, которое свидетельствует о разложении белка.

Аминокислотный состав кормов подвержен значительным изменениям при тепловом воздействии в процессе подготовки их к скармливанию или технологической обработке. Чаще тепловое воздействие применяется в маслоэкстракционном производстве, а также при обработке сырья животного происхождения в мясо-молочной и рыбной промышленности. В зависимости от способа извлечения жира из сырья применяются температуры от 70 до 180°C. Отходы этих производств — жмыхи, шроты, мясо-

Таблица 54

Аминокислотный состав костра и люцерны при различных способах консервирования (по З. М. Харебутовой и В. И. Эльзессер, 1970)

Аминокислоты	Содержание аминокислот в корме, г/кг сухого вещества							
	Костер				Люцерна			
	зеленая масса	сено	силос	травяная мука	зеленая масса	сено	силос	травяная масса
Протеин, %	15,2	11,1	11,8	13,8	19,1	14,1	15,6	17,6
Лизин	5,6	4,6	5,6	5,4	11,2	7,3	9,2	10,5
Метионин	2,8	1,9	2,4	2,5	3,8	2,2	3,8	3,4
Цистин	2,3	0,5	0,6	2,1	4,4	2,4	3,1	3,4
Триптофан	1,3	0,9	1,1	1,2	1,4	0,7	0,9	1,4
Аргинин	6,2	4,5	4,6	5,8	12,8	8,5	9,1	12,0
Гистидин	4,5	3,6	4,0	4,4	5,1	3,6	8,3	3,9
Лейцин+изолейцин	14,0	9,8	11,3	12,0	19,7	12,2	12,5	17,1
Фенилаланин	5,8	3,7	4,6	5,8	9,6	5,7	5,4	7,9
Треонин	5,0	4,2	4,7	4,9	8,9	5,2	6,1	7,7
Валин	7,1	3,8	4,6	4,7	10,0	6,7	6,7	7,5
Глицин	4,9	4,3	4,9	4,4	6,8	5,7	5,3	6,1
Аспарагиновая кислота	9,4	6,5	8,3	7,8	13,8	9,2	10,4	6,3
Серин		4,5	4,8	4,4	7,2	5,1	5,3	—
Глутаминовая кислота	4,9							
Аланин	11,6	9,4	11,3	11,5	14,7	12,8	11,5	9,5
Тирозин	3,2	3,1	2,8	3,0	5,2	4,2	4,8	5,1

костная мука и другие — используются для кормления животных.

Положительное влияние прогревания на биологическую ценность протеина зерна бобовых и шрота отмечали многие авторы (А. П. Дмитриченко, 1959; А. Альтшуль, 1956; Hayward a. o., 1936; Liener, 1953; Renner a. o., 1960).

Основной причиной низкого использования белка сырой сои, как было установлено исследованиями, является наличие в ней ингибитора трипсина. Д. Мельник, В. Озер и С. Вейс (1965) предположили, что метионин из сырого соевого белка медленнее выделяется протеолитическими ферментами кишечника, чем другие незаменимые аминокислоты, и, таким образом, ограничивается эффективность использования его на образование тканей

белков. Это предположение подтвердилось в дальнейших исследованиях.

Результаты опытов Линера и др. (Liener a. o., 1953) по изучению влияния добавок метионина на питательную ценность кормовой смеси, содержащей неочищенные ингибиторы трипсина, показывают, что отрицательное влияние ингибиторов проявляется ухудшением усвоемости метионина, обусловленным антипротеолитической активностью ингибиторов и эффектом, не связанным с давлением протеолиза. Впоследствии было установлено, что второй путь отрицательного действия ингибиторов сырых соевых бобов обусловлен содержанием в них гемагглютинина. Соевый гемагглютинин обладает способностью агглютинировать красные кровяные клетки.

Прогревание соевых бобов в процессе извлечения из них масла разрушает ингибиторы трипсина и гемагглютинин, устранив тем самым отрицательное влияние их на использование аминокислот и рост животных. Вместе с тем чрезмерное нагревание может оказать отрицательное влияние на качество соевого белка. В исследованиях установлено, что сильное нагревание приводит к разрушению аминокислот, и особенно лизина, аргинина, триптофана, цистина и снижает переваримость белка.

Аналогичным образом проявляется влияние нагревания и других зернобобовых культур, так как почти все они содержат ингибиторы трипсина и дефицитны по метионину. В практике для повышения питательной ценности зерно бобовых целесообразно нагревать до температуры не выше 100°C. Проваривание зерна бобовых заметно снижает содержание некоторых аминокислот. Так, по данным И. Ф. Ткачева и В. Г. Савенко (1972), в проваренном горохе содержание лизина снижалось с 22,68 до 20,85 г/кг, аргинина — с 30,95 до 21,45, гистидина — с 9,96 до 7,97, треонина — с 9,78 до 8,12 г/кг, а общая сумма аминокислот уменьшалась с 139,12 до 119,35 г/кг.

Благоприятно влияет тепловая обработка на биологическую ценность хлопчатникового шрота. В шроте этого вида есть гossипол, который снижает биологическую ценность его белка. Прогреванием шрота в присутствии влаги (до 30%) достигается снижение содержания свободного гossипола и перевод его в связанную с белком форму, нетоксичную для животных (А. Альтшуль и др.,

1965). Однако скармливание животным освобожденного от свободного госсипола хлопчатникового шрота не повышало его кормовой ценности. В госсиполо-белковом комплексе госсипол взаимодействует главным образом с ε-аминогруппой лизина, переводя последний в недоступную для отщепления трипсином форму, что снижает его усвояемость (Kuiken, 1952). Удаление связанныго госсипола незначительно повышает усвояемость лизина. Наилучший результат достигнут при удалении госсипола экстрагированием бутаноном. Бутанон соединяется с госсиполом и удаляется прессованием. Полученный шрот пригоден для скармливания свиньям, которые особенно чувствительны к этому алкалоиду. Максимальное содержание госсипола в таком шроте не должно превышать 0,04 %.

Перегрев хлопчатникового шрота резко снижает биологическую ценность протеина, потому что вызывает деструкцию целого ряда основных аминокислот. В опытах Е. Я. Неделько (1969), В. П. Ржехина (1959) и других исследователей наблюдалось отрицательное влияние перегрева масличных семян на содержание в шроте аминокислот.

Питательная ценность протеина зависит не только от валового содержания аминокислот, но и от доступности их для синтеза белков и использования в других метаболических превращениях в организме. Биологическая доступность аминокислот зависит от ряда факторов. Тепловое воздействие, особенно сухой нагрев, вызывает большие потери аминокислот вследствие непосредственного разложения или является причиной образования соединений, резистентных к действию ферментов, обычно с сахарами этого же корма (Overby a. o., 1959). Кроме того, белки сами по себе как функциональные единицы живых тканей могут противостоять расщепляющему действию ферментов пищеварительного тракта или действие ферментов ограничивается содержащимися в кормах ингибиторами (Barnes a. o., 1965). Усвояемость аминокислот разными видами животных и при разных физиологических состояниях неодинакова.

Структура белка и расположение аминокислот в некоторой степени влияют на их доступность. Предполагают, в частности, что низкие питательные свойства белка арахиса обусловлены специфическим расположением в

нем аминогрупп. Известно также, что пролин и валин образуют трудногидролизуемые пептидные связи, и поэтому являются причиной плохой усвояемости эластинов.

В табл. 55 приведены данные о содержании доступного лизина в некоторых кормах по результатам исследований различных авторов.

Таблица 55
Содержание общего и доступного лизина в некоторых кормах
растительного и животного происхождения

Корма	Лизина, % от протеина		Доступного, % от общего
	общего	доступного	
Семена хлопчатника	2,93—4,23	1,34—3,39	46—89
Пшеница	2,90—3,20	2,70—2,40	76,5—92,8
Ячмень	3,50	1,90	56,8
Горох (дробленый)	5,80	4,80	82,3
Арахисовый шрот	2,9—3,2	2,4—3,1	72,0—91,0
Соевый жмых	4,70	3,50	74,5
Хлопчатниковый шрот	4,20—4,90	2,30—3,10	46,5—64,5
Кунжутный шрот	2,80	2,50	89,3
Сено люцерновое	5,20	4,70	80,2
Картофель	4,10	2,90	67,7
Дрожжи	7,10	5,90	83,1
Обрат	3,20	2,80	88,0
Мясо-костная мука	5,90—7,60	4,0—5,60	58,8—83,0
Китовая мука	9,00	5,70	61,7
Рыбная мука	6,90—9,10	6,00—7,10	76,0—92,0

По данным Рао и др., семена хлопчатника содержат доступного лизина от 46 до 89% по отношению к общему его количеству. В рыбной муке, как установлено исследованиями Моррисона и Собри, доступный лизин составляет 76—92%.

В опытах Нгюен Ван Тхыонга (1966) количество доступного лизина, определяемого химическим методом, имело высокую корреляцию ($r = +0,83$ при $P < 0,05$) с биологической усвояемостью, установленной в опытах на птице.

Имеются данные (Н. Г. Григорьев, В. В. Попов, 1967; Overby a. o., 1959; Heller, 1961), свидетельствующие о снижении доступности аминокислот в процессе заготовки и хранения кормов, особенно часто лизина. Свободная ε-аминогруппа лизина легко вступает в реакцию с углеводами и образует труднодоступную для переваривания

и отщепления форму. Эта реакция может происходить при неблагоприятных условиях хранения кормов, особенно в случаях сильного самонагревания (Н. Г. Григорьев, В. В. Попов, 1967). В наших исследованиях наблюдалось значительное снижение доступного лизина в рыбной муке и льняном шроте при 6-месячном хранении в складских помещениях (табл. 56).

Таблица 56

Содержание общего и доступного лизина в рыбной муке и шроте льняном

Ингредиенты	Срок определения	Сырого протеина, %	Лизин, г/кг		Доступный лизин, % к общему лизину
			общий	доступный	
Рыбная мука	Начало опыта	49,2	41,2	30,7	74,5
	Через 6 месяцев хранения	42,0	34,7	17,8	51,3
Шрот льняной	Начало опыта	32,0	10,8	7,1	65,8
	Через 6 месяцев хранения	29,2	10,2	5,8	56,9

В. Н. Баканов и Б. Р. Освицер (1968) сообщили, что доступность лизина в кормах изменяется в зависимости от степени помола и количества азотных удобрений, вносимых под кормовые культуры. Снижение доступности аминокислот, приводящее к имбалансу, может быть вызвано также антагонистами аминокислот (А. Майстер, 1961).

Антагонистом лизина является α -аминоадипиновая кислота, метионина — этионин. Установлен антагонизм между аргинином и лизином (Ю. Н. Кремер, 1965), лейцином, изолейцином и валином (Sauberlich, 1961). Нагревание растительных и животных кормов при высокой температуре (100° и более) и протекающая при этом меланондиновая реакция Майларда наиболее часто снижает доступность аминокислот (Г. А. Гарнер, 1955; Даудсон, 1958; Кремер, 1965; Clandinin a. o., 1946, 1949; Evans a. o., 1948; Линер, 1965; Smith a. o., 1965).

Сведения о доступности аминокислот для организма животных, сообщенные нами, обязывают с особой внимательностью относиться к хранению кормов и подго-

товке их к скармливанию, а также принимать необходимые меры к устранению и предупреждению фактов, отрицательно влияющих на аминокислоты при хранении кормов.

Балансирование рационов по аминокислотному составу

Проблема кормового белка в мировом масштабе усугубляется в значительной мере тем, что животные не обеспечиваются достаточным количеством протеина животного происхождения, в котором содержится большое количество лимитирующих аминокислот. Дальнейшее повышение продуктивности сельскохозяйственных животных, и особенно свиней и птицы, немыслимо без качественного улучшения протеиновой питательности рационов. Отсутствие в рационе достаточного количества кормов животного происхождения ведет к неполному использованию и нерациональному расходованию растительных белковых кормов (Ф. Моррисон, 1948; Ф. Леман, 1935; Woodman, 1933; К. Неринг, 1959).

Практическое применение современных теоретических положений в области протеинового питания открывает новые пути решения проблемы белка, рационального использования кормового протеина и дефицитных кормов животного происхождения путем балансирования рационов по аминокислотному составу.

Некоторые теоретические положения о принципах сбалансированного аминокислотного питания. Недостаточное содержание или отсутствие в рационе какой-либо из аминокислот нарушает белковый обмен в организме, тормозит использование всех других питательных веществ и аминокислот, приводит к белковому голоданию. Животные, находящиеся на таком диете, заметно отстают в росте, снижают продуктивность, нередко заболевают и гибнут.

Еще в начале XX столетия Осборн и Мендел (Osborne, Mendel, 1914) классическими исследованиями убедительно доказали, каким образом проявляется на организме дефицит в кормовой смеси таких аминокислот, как лизин и триптофан. В качестве единственного белка в диете они скармливали лабораторным животным бе-

лок кукурузного зерна — зеин, который дефицитен по лизину и триптофану.

Добавка к зеину кукурузы недостающей аминокислоты триптофана не ликвидировала отставание в росте, хотя дальнейшее снижение роста прекратилось, что свидетельствовало о неполноценности белка. Когда к зеину добавили одновременно с триптофаном еще и лизин, привесы лабораторных животных резко возросли. В дальнейшем подобные опыты были проведены многими исследователями, которые установили аналогичное действие на организм животных несбалансированного аминокислотного питания.

Mitchell (1950) на основании своих исследований и обобщения литературных данных пришел к выводу, что если рацион содержит половину необходимого для роста лизина, то все остальные аминокислоты рациона, независимо от их количества, могут быть использованы только на 50% уровня, требуемого для нормального роста.

Понятие «несбалансированное» аминокислотное питание было сформулировано А. Харпером (A. Harper, 1956; A. Harper, Ю. Кумта, 1963), которое основывается на связи между аминокислотным составом протеина и его питательной ценностью.

X. Фишер и Р. Шапиро (Fisher a. Shapiro, 1961) предложили в качестве одной из разновидностей аминокислотной несбалансированности различать аминокислотный дефицит, подразумевая под этим недостаток какой-то одной из незаменимых аминокислот при благоприятном соотношении всех других. По сути дела, существенных различий в этих понятиях нет. Кормление животных рационом, протеин которого дефицитен по одной или нескольким аминокислотам, и есть причина несбалансированного аминокислотного питания, которая снижает использование протеина организмом и повышает затраты его на единицу продукции (Flodin, 1953, 1957; Ван-Леон, 1965).

Установлено, что несоответствие между поступлением и потребностью в аминокислотах (имбаланс) проявляется повышенным распадом потребленного белка и аминокислот, снижением усвоения азота, уменьшением привесов и ухудшением состояния здоровья. Причиной имбаланса может быть длительное однообразное кормле-

ние не только при ограниченном содержании, но и при избытке в рационе какой-либо из аминокислот.

Нарушение баланса аминокислот, как правило, связывается на общем обмене веществ с вытекающими отсюда последствиями. Иногда нарушение баланса может быть следствием заболевания гормональной системы, когда организм теряет способность отщеплять от белков корма ту или иную аминокислоту или, наоборот, в процессе синтеза в организме одна или несколько аминокислот не могут быть синтезированы или включены в состав вновь образующегося белка. Например, при заболевании фенилпирориноградной олигофренией аминокислота фенилаланин не усваивается в организме и почти полностью выводится с мочой, так как фенилаланин не превращается в тирозин. Известны случаи нарушения обмена триптофана, гистидина и других аминокислот (А. Майстер, 1961).

Нарушение аминокислотного баланса впервые доказано в опыте на лабораторных животных А. Е. Харпером в 1956 г., который установил, что добавление желатина к бедному белком рациону задерживало рост. Причина такого явления, как показали опыты А. Е. Харпера (1962) и У. Д. Салмона (Salmon, 1958), кроется в нарушении баланса и соотношения аминокислот.

Желатин вызывал нарушение баланса аминокислот, увеличивая дефицит триптофана. Добавление триптофана нормализовало соотношение аминокислот, что резко повысило привесы. Насколько большое значение имеет соотношение аминокислот, убедительно показано в работах Уодделя (1965). Так, в первом варианте его опыта рацион содержал 9% казеина, триптофана 0,1% к рациону. Во втором варианте к тому же рациону добавлялось еще 0,1% триптофана. В обоих вариантах количество аминокислот принималось за 100%. Из табл. 57 видно, как изменилось соотношение триптофана с другими незаменимыми аминокислотами во втором варианте опыта.

В первом варианте опыта рацион был недостаточен только по метионину. Во втором ухудшилась обеспеченность лизином, гистидином, метионином, треонином, фенилаланином, валином и лейцином. В данном случае вступает в силу закон минимума, согласно которому питательная ценность протеина определяется минимальным

количеством в нем лимитирующей аминокислоты (Block, 1956; Flodin, 1953; Grimminger a. o., 1959; March a. o., 1950; Oser, 1951; А. Браунштейн, 1957). Первой лимитирующей аминокислотой в приведенном примере был метионин, и только при его добавлении можно было бы ожидать положительного эффекта.

Таблица 57

Изменение в соотношении аминокислот при различном уровне триптофана (по Уодделю, 1965)

Аминокислоты	Триптофана		Аминокислоты	Триптофана	
	0,1%	0,2%		0,1%	0,2%
Триптофан	100	100	Фенилаланин	137	69
Лизин	130	65	Валин	169	84
Гистидин	120	60	Лейцин	190	95
Метионин	90	45	Изолейцин	228	114
Треонин	136	68	—	—	—

В исследованиях Х. Розенберга (Rosenberg, 1957, 1959) добавление в рацион первой лимитирующей аминокислоты значительно повышало привесы животных и улучшало использование протеина при условии, если она находилась в правильном соотношении со второй лимитирующей аминокислотой. Дальнейшее повышение эффективности использования протеина могло быть достигнуто при условии одновременного введения до уровня потребности организма первой и второй лимитирующих аминокислот и т. д. Если же вводить в рацион вторую или третью лимитирующую аминокислоту без учета первой, положительного эффекта не последует. Более того, может быть нарушен аминокислотный баланс с соответствующими последствиями.

Так, в исследованиях Ю. Кумта и А. Е. Харпера (Kumta a. A. Hargre, 1960), Дж. Стекола (Stekol a. o., 1962) добавка к диете, содержащей 6% фибрин, метионина и фенилаланина (вторые лимитирующие аминокислоты), снижала привес крыс почти в два раза — с 37,4 до 19,8 г. Введение в эту диету незначительных количеств первых лимитирующих аминокислот (лейцин, изолейцин, валин, гистидин), наоборот, повышало привесы. Аналогичные результаты влияния добавок вторых и первых аминокислот в рацион получены и другими исследо-

вателями (Henderson a. o., 1953; Deshpande a. o., 1958; Kumta a. o., 1958; Morrison a. o., 1960).

Порядок определения очередности лимитирующих аминокислот, как правило, производится биологическим методом по ростовому эффекту и отложению азота. Таким методом Кумта (Kumta a. o., 1960, 1961) установил очередьность лимитирующих аминокислот в фибрине, Берри (Berry a. o., 1962) и Минер (Miner a. o., 1955) — в соевом шроте, Л. Пекора и Дж. Хандли (Pecora a. Handley, 1951) — в рисе. В протеине пшеницы, например, Брессани и др. (Bressani a. o., 1960), используя этот метод, установил, что лимитирующие аминокислоты располагаются в следующем порядке: лизин, триптофан, метионин, изолейцин, валин и треонин.

J. Langenecker a. N. Haus (1959) разработали метод определения очередности лимитирующих аминокислот по содержанию свободных аминокислот в плазме крови. Предпосылкой этого метода была концепция о том, что синтез белков тканей происходит только в том случае, если все незаменимые аминокислоты поступают из крови одновременно, и их количество находится в прямой зависимости от содержания аминокислот в потребляемых кормах.

Сравнивая данные содержания свободных аминокислот в плазме крови с потребностью, можно определить степень дефицитности каждой из незаменимых аминокислот в рационе или в отдельных кормах. Расчет производят следующим образом: разницу в содержании свободных аминокислот после 18-часового голодания и спустя 5 часов после кормления делят на показатель потребности в данной аминокислоте и умножают на 100.

Дж. Уоддел (1965), используя материалы Пекора и Хандли (Pecora a. Handley, 1951), предложил упрощенный метод определения степени дефицитности аминокислот в рационе по их соотношению, выраженному в процентах к требуемому, в котором за единицу принят триптофан.

Следует иметь в виду, что данные, полученные этим методом, весьма приблизительны, так как не учитывается доступность отдельных аминокислот, скорость их всасывания в пищеварительном тракте и включение в обменные процессы. Само собой разумеется, что данные, полученные любым из этих методов, будут действитель-

ны только для определенного вида, возраста и физиологического состояния животного, для конкретного соотношения компонентов рациона.

Нарушение баланса может быть вызвано не только несоответствующим соотношением, недостатком или избытком отдельных аминокислот, но и наличием в кормах аминокислот-антагонистов. Установлено наличие антагонизма в обмене между аланином, глицином, серином и треонином, между аргинином, лизином и орнитином, между лейцином, изолейцином и валином и другими. Однако чаще всего антагонистами аминокислот являются их гомологи, или производные аминокислот, у которых какая-либо из структурных групп замещена другими элементами или группами. Например, антагонистом метионина является этионин, который имеет сходство с ним в строении, но вместо радикала метила (CH_3) стоит этил ($\text{CH}_2\text{—CH}_3$).

Антагонисты в процессе обмена вытесняют аминокислоты из синтеза белка, становясь на их место, и тем самым нарушают образование необходимого для организма белка. Особенно часто такие явления наблюдаются при избытке аминокислот в рационе (Н. А. Шманенков и др., 1967).

Эффективность балансирования аминокислотного состава рационов свиней. Анализ имеющихся материалов о потребности животных в аминокислотах и об аминокислотном составе кормов позволяет сделать заключение, что при использовании в кормлении свиней только растительных кормов (зерно злаковых, картофель, корнеплоды, сенная и травяная мука) в рационах ощущается недостаток главным образом двух аминокислот — лизина и метионина, причем лизин — первая лимитирующая аминокислота. В большинстве растительных кормов содержится его недостаточно. Потребность в других аминокислотах свиньи удовлетворяют при употреблении обычных хозяйственных рационов без кормов животного происхождения. Следовательно, если в рацион включать достаточное количество растительных кормов с более или менее высоким содержанием лизина, то полноценность белкового питания свиней была бы в какой-то мере обеспечена.

В исследованиях, проводимых нами с 1958 по 1960 гг. (В. В. Щеглов, 1960), установлено, что из всех расти-

тельных белковых кормов наибольше содержится лизина в протеине зерна бобовых, и в частности гороха. Это же подтверждено и исследованиями других авторов (А. С. Солун, 1960; Е. П. Столбиков, 1960; А. З. Бару, 1963; Е. Д. Нагорская и др., 1968).

По данным академика И. С. Попова (1960), горох обеспечивает потребность поросят в лизине на 113%, бобы — на 120%, в то время как льняной и подсолнечниковый шроты — только на 58, ячмень — на 55%. Эти корма (горох, бобы, сенная мука) как дополняющие аминокислотный состав белка рациона лизином могут с успехом нормализовать соотношение аминокислот при комбинированном их применении с другими растительными концентратами.

В серии научно-хозяйственных и физиологических опытов, проведенных нами в БелНИИЖе, изучалась возможность рационального использования протеина и кормов животного происхождения путем балансирования рационов по основным питательным веществам и первой лимитирующей аминокислоте — лизину подбором компонентов с использованием зерна бобовых.

В качестве животного корма использовали рыбную муку, из растительных белковых добавок применяли льняной жмых. Балансировали растительный рацион по лизину добавлением зерна гороха. Животным I группы скармливали 5% рыбной муки до живого веса 50 кг, 3% — от живого веса 50 до 70 кг и 1% — при весе более 70 кг. Рацион соответствовал требованиям норм по содержанию критических аминокислот (лизина, метионина, триптофана), минеральных веществ и витаминов (контрольный).

Поросята II группы получали только растительные корма, которые подбирали в таком сочетании, чтобы приблизить этот рацион по содержанию аминокислот, минеральных веществ и витаминов к рациону I группы. Для сбалансирования по лизину в рацион включали горох.

В рационе поросят III группы была произведена простая замена (по общей питательности и протеину) рыбной муки растительными кормами. По содержанию минеральных веществ, витамина В₂, никотиновой и пантотеновой кислот, витамина D₂ и каротина он оказался

почти одинаковым с рационами первых двух групп, но уступал им по содержанию лизина.

Материалы исследований показали (табл. 58), что по привесам, затратам кормов на единицу привеса, по отложению азота, выходу продуктов убоя и по химическому составу мяса животные II группы не уступали контрольным. Их рационы по общей питательности и полноценности оказались практически одинаковыми с рационами I группы, содержащими корма животного происхождения. Включение в рацион 8—9% гороха обеспечивало сбалансированность по первой лимитирующей аминокислоте — лизину.

Таблица 58

Эффективность балансирования рационов откармливаемых свиней по аминокислотному составу

Показатели	Группы		
	I	II	III
Живой вес, кг:			
в начале опыта	22,5	22,3	22,9
в конце »	99,1	98,1	90,5
Привес, кг	76,6	75,8	67,6
Среднесуточный привес, г	557	552	494
Затраты на 1 кг привеса:			
кормовых единиц	4,41	4,53	5,24
переваримого протеина, г	395	404	447
Переваримость, %:			
органического вещества	75,6	75,8	76,1
сырого протеина	72,0	71,9	69,6
Использовано азота, % от принятого	43,5	43,2	39,2
Стоимость кормовых затрат на 1 кг привеса, коп.	47,7	40,4	45,2
Убойный выход, %	68,7	69,1	65,7

Новые сведения о том, что организм животного нуждается не в белке как в таковом, а в определенном количестве аминокислот — структурных единиц белка — дают основание предполагать, что уровень протеина в рационах свиней может быть значительно снижен при сбалансированности по аминокислотному составу. Так, в опытах Мертца и др. (Mertz a. o., 1949), Хатчинсона и др. (Hutchinson a. o., 1957), Кропфа и др. (Kropf a. o., 1959) и других исследователей при кормлении свиней рационами, сбалансированными по незаменимым ами-

нокислотам, и при уровне протеина не выше 12% получены привесы не ниже, чем на обычных рационах с 16—18% протеина. Опыты подтверждают теоретические предпосылки о возможности экономии кормового протеина при сбалансировании рационов по аминокислотному составу.

Указанные выше результаты получены авторами, как правило, на концентратных, синтетических и полусинтетических рационах. В наших исследованиях изучена возможность экономии кормового протеина при выращивании и откорме свиней на концентратно-картофельных рационах, сбалансированных по аминокислотному составу путем подбора компонентов рациона с использованием кормов животного происхождения и без них. Опыты проводились на поросятах с 2-месячного возраста и до достижения живого веса 100 кг. В каждую из четырех групп отобрали по 20 поросят-отъемышей. После достижения живого веса 60 кг каждую группу разделили на две подгруппы (по 10 голов в каждой).

Животные подгруппы А получали те же рационы, что и в первом периоде, а животные подгруппы Б во второй период откорма были переведены на чисто растительные рационы при тех же уровнях протеина, за исключением подгруппы Б IV группы, уровень протеина которой снизили на 15%. Рацион III группы остался без изменений. Для балансирования его по наиболее критической аминокислоте (лизину) в состав кормовой смеси включали горох.

Рацион I и II групп балансировали по аминокислотному составу введением в кормовую смесь рыбной муки (3—5% по питательности). Среднесуточные рационы всех групп свиней были близкими по общей питательности (кормовым единицам), кальцию, фосфору и каротину, но различались по содержанию протеина и качеству добавки.

За период опыта (154 дня) каждому животному контрольной группы (I A) скормлено 16,93 кг рыбной муки и 38,236 кг переваримого протеина, или 110,5 г на кормовую единицу. Состав рациона по всем показателям отвечал требованиям действующих норм. Животным I группы подгруппы Б скормлено только 9,45 рыбной муки, или на 7,5 кг меньше, чем поросятам I подгруппы А при одинаковом расходе протеина. Подсвинки II группы

подгруппы А и Б получали рацион с пониженным уровнем протеина. Общий расход протеина в этих подгруппах был на 4,5 кг, или на 12,0%, меньше, чем в контрольной группе. Расход рыбной муки был меньше во II группе А подгруппе на 28%, во II подгруппе Б — на 56,5%. Подсвинки II А подгруппы получали рыбную муку в течение всего периода откорма, а II подгруппы Б — только до живого веса 60 кг. Подсвинкам III группы скармливали растительный рацион, сбалансированный по лизину введением гороха. Уровень протеина в этом рационе был также снижен на 12%. Животные IV группы обеих подгрупп получали рацион только из растительных кормов, несбалансированный по аминокислотному составу. Уровень протеина в IV А подгруппе соответствовал нормам, а IV Б подгруппы во втором периоде откорма (после достижения живого веса 50—60 кг) был снижен на 15%.

Анализ результатов опыта по изменению живого веса поросят в первый период откорма показывает, что снижение уровня протеина на 12% (до 95 г на 1 корм. ед.) в рационах растущих поросят и откармливаемых свиней при сбалансированном аминокислотном питании с включением 3—5% рыбной муки или 8—10% гороха не оказывается отрицательно на привесах. При 100%-ном по нормам ВИЖа уровне протеина в рационе (100 г на 1 корм. ед.) поросята от отъема до живого веса 55—60 кг дают привесы на 9% выше, если в рационе есть корма животного происхождения в количестве 4—5% по питательности. Исключение животных кормов из рациона подсвинков I Б подгруппы во второй период откорма существенно не отразилось на привесах. Эти данные еще раз подтвердили вывод о нецелесообразности скармливания свиньям кормов животного происхождения после достижения живого веса более 60 кг. Заметнее реагировали на исключение рыбной муки из рациона во втором периоде откорма подсвинки II Б подгруппы, получавшие рацион с пониженным уровнем протеина в течение всего опыта (табл. 59).

В наших опытах не отмечено снижения привесов поросят во втором периоде откорма при 80 г протеина на 1 корм. ед., если в первом периоде (до живого веса 50—60 кг) количество протеина в рационе соответствовало нормам ВИЖа. Балансирование рационов по аминокислотному составу сопровождалось повышением пере-

варимости всех питательных веществ и усвоением протеина корма.

Снижение уровня протеина в рационе IV группы Б подгруппы во втором периоде откорма отрицательно влияло на выход мяса. В тушах животных этой группы большее откладывалось внутреннего жира и повышался выход сала. Мясо подсвинков было беднее по содержанию протеина (13,1%). Таким образом, хотя снижение уровня протеина в чисто растительных рационах при откорме молодых свиней во втором периоде не влияло на величину привесов, однако мясо этих животных содержало больше жира и меньше белка.

Полученные материалы дают основание сделать вывод о возможности снижения на 12—15% уровня протеина в рационах откармливаемых свиней (до 95 г на 1 корм. ед. в первом периоде откорма и до 85 г во втором) при сбалансированности аминокислотного состава кормовой смеси.

Эффективность балансирования аминокислотного состава рационов птицы. Возможность рационального использования кормового протеина в птицеводстве путем сбалансирования аминокислотного состава рационов подбором кормов установлена многими учеными. В нашей стране значительный вклад в разработку этого вопроса сделан исследованиями В. К. Дымана, А. С. Солуна, И. А. Патрика, Н. Г. Григорьева, Н. В. Лобина и другими.

Так, В. К. Дыман (1951, 1953) убедительно доказал, что соответствующим подбором растительных белковых кормов в рационе птиц представляется возможность значительной экономии дефицитных кормов животного происхождения. В последующих исследованиях многим авторам балансированием аминокислотного состава кормовой смеси удалось снизить количество животных кормов в рационах птиц с 8—10% до 2—3% и даже исключить их полностью без отрицательного влияния на рост, продуктивность и оплату корма (М. П. Романов, 1962; Spaček, 1962; Н. В. Лобин, 1963; З. И. Сенина, 1965; В. К. Дыман и др., 1971).

По данным М. П. Романова (1962), в сбалансированных рационах для кур-несушек при минимальном содержании кормов животного происхождения (1—2,5%) можно снизить уровень протеина с 17 до 12,5%. В исследованиях, проводимых З. И. Сениной под руководством

Таблица 59

Эффективность откорма свиней на рационах с различным уровнем и качеством протеина

Показатели	Группы и подгруппы							
	I		II		III		IV	
	A	B	A	B	A	B	A	B
Питательность рационов:								
кормовые единицы переваримый протеин, г на 1 корм. ед.	2,29	2,23	2,23	2,22	2,25	2,24	2,24	
первый период (до 60 кг)	112	112	100	100	100	112	112	
второй » (60—100 кг)	105	105	90	90	90	105	90	
Содержание аминокислот, % от протеина:								
лизин	4,75	4,42	4,80	4,70	4,62	4,0	4,0	
метионин+цистин	3,48	3,22	3,50	3,43	3,20	2,80	2,96	
триптофан	1,27	1,26	1,30	1,38	1,38	1,35	1,35	
Живой вес, кг:								
в начале опыта	18,32	18,10	18,09	18,68	18,66	18,9	19,5	
в конце »	95,79	94,54	96,55	92,49	91,69	91,68	92,79	
Среднесуточный привес, г:								
за первый период опыта	419	416	422	410	379	383	381	
за второй » »	642	523	653	594	632	619	633	
Затраты корма на 1 кг привеса:								
кормовых единиц переваримого протеина, г	4,56	4,50	4,36	4,63	4,72	4,74	4,71	
Переваримость, %:								
органического вещества	494	490	429	459	461	516	486	
Использование азота от принятого, %	78,9	—	—	—	81,0	78,0	—	
Убойный выход, %	71,7	—	—	—	69,5	64,5	—	
Состав туши, %	51,03	—	—	—	49,06	44,89	—	
мясо	65,8	64,9	65,9	64,2	66,1	64,7	65,2	
сало	20,6	18,7	20,8	20,6	20,4	23,3	22,7	
кости	15,2	16,5	15,4	17,0	14,2	14,4	14,7	
В мясе содержится, %:								
протеина	15,7	16,6	15,3	15,5	16,0	15,9	13,1	
жира	27,7	25,5	26,3	28,7	28,7	29,2	29,1	

А. С. Солуна, установлено, что при сбалансированности по аминокислотному, витаминному и минеральному составу рационы, содержащие 14% протеина и минимальное количество животных кормов (2% по весу), обеспечивают потребности кур-несушек для яйценоскости 60%.

В настоящее время сбалансирование аминокислотного состава рационов для птицы успешно решается на основе разработки полнорационных комбикормов. При этом принимаются во внимание следующие факторы: 1) уровень протеина в кормовой смеси; 2) калорийность комбикорма и энерго-протеиновое отношение; 3) обеспеченность витаминами, особенно группы В, и минеральными веществами; 4) интенсивность роста или уровень яичной продуктивности.

Имеющиеся в настоящее время экспериментальный и производственный материалы свидетельствуют о высокой эффективности применения новейших достижений науки в области рационального использования кормового протеина в птицеводстве. На основе балансирования аминокислотного состава рационов за сравнительно короткий период (примерно два десятилетия) удалось снизить уровень протеина в кормовой смеси с 20—22 до 12—14%, расход животных кормов — с 10—12 до 2—4%, расход протеина на 1 кг привеса — на 25—30%.

Техника балансирования аминокислотного состава рационов

Чтобы составить сбалансированный по аминокислотному составу научно обоснованный рацион, требуются сведения о потребности животных в отдельных питательных веществах, в том числе и аминокислотах, и о содержании их в кормах. Балансирование по аминокислотам будет эффективным в том случае, если рацион полностью обеспечен необходимым количеством общей энергии, липидами, углеводами, минеральными веществами и витаминами.

Следовательно, первоначальный этап балансирования рациона — это целесообразный подбор кормов и добавок, обеспечивающий необходимое количество кормовых единиц, переваримого и сырого протеина, минеральных веществ и витаминов. Одновременно подсчитывается содержание аминокислот. Например, нужно сбалансиро-

вать рацион по лизину и метионину с цистином для поросят-отъемышей живым весом 15—25 кг. Примем условно, что в хозяйстве имеются ячмень, льняной и подсолнечниковый шроты, горох, рыбная мука, отруби пшеничные, травяная мука, картофель.

Минеральный и витаминный состав рациона можно сбалансировать, добавляя соответствующие чистые препараты. Предварительный рацион будет выглядеть так, как показано в табл. 60, вариант 1. В этом рационе отмечается значительный недостаток лизина — 25% и метионина с цистином — 15,5%. Все другие аминокислоты содержатся в норме.

Чтобы решить, за счет каких кормов можно устранить недостаток лимитирующих аминокислот, необходимо иметь сведения об аминокислотном составе заготовленных в хозяйстве кормов. Воспользуемся в данном случае табличными данными, из которых видно, что наиболее богаты лизином зерно бобовых, корма животного происхождения, соевый шрот и некоторые другие, а метионином с цистином — рыбная мука, подсолнечниковый шрот, зерно кукурузы.

Используя эти сведения, в первом варианте рациона заменим шрот льняной шротом подсолнечниковым как источником метионина и вместо 100 г ячменя включим 100 г гороха как источника лизина. Такой подбор компонентов позволит увеличить практически до нормы содержание лизина и метионина с цистином без использования дорогостоящих кормов животного происхождения.

В третьем варианте балансирование рациона по лимитирующим аминокислотам достигается включением в кормовую смесь рыбной муки как источника лизина и метионина с цистином. Во втором и третьем вариантах значительно улучшается соотношение аминокислот, приближаясь к требуемому. Балансирование аминокислотного состава путем подбора кормов приводит к некоторому увеличению кормового протеина в рационе, что нежелательно. В этом отношении четвертый вариант рациона, сбалансированный по аминокислотному составу добавками L-лизина и DL-метионина, несомненно, имеет существенное преимущество.

Таким образом, в практике кормления свиней и птицы в зависимости от наличия в хозяйствах ассортимента кормов можно балансировать рационы по аминокислот-

Таблица 60
Примерный расчет балансирования аминокислотного состава
рациона для поросят-отъемышей живого веса 20 кг

Варианты рациона	Корма	Количество кормов ми, кг ²	В нормах содержится, г			
			кормовых единиц, кг ²	переваримого протеина,	сырого про- теина	лизина + метионина + цистина
№ 1	Ячмень	0,60	0,72	49,0	72	2,64
	Шрот льняной	0,20	0,20	58,0	71	2,35
	Отруби пшеничные	0,20	0,14	26,0	31	1,14
	Картофель вареный	1,00	0,35	15,0	21	1,10
	Травяная мука	0,15	0,08	12,0	17	1,55
	Содержится в рационе	—	1,51	160	212	8,78
	Требуется по норме	—	1,50	175	260	11,70
	Соотношение аминокислот требуемое фактическое	— —	— —	— —	100 100	67 76
№ 2	То же, что и № 1, но шрот льняной заменен шротом подсолнечниковым и 100 г ячменя — 100 г гороха	— —	1,50 —	180 —	235 —	11,50 100
	Соотношение аминокислот	— —	— —	— —	— —	7,89 68
№ 3	То же, что и № 1, но вместо 100 г льняного шрота дано 80 г рыбной муки	— —	1,50 —	181 —	222 —	12,13 100
	Соотношение аминокислот	— —	— —	— —	— —	8,06 67
	То же, что и № 1 — 3,0 г лизина и 0,1 г метионина Соотношение аминокислот	— —	1,51 —	165 —	215 —	11,80 100
						7,74 67

Причение. Пояснения смотрите в тексте.

ному составу подбором растительных и кормов животного происхождения. Синтетические аминокислоты наиболее целесообразно добавлять в состав полнорационных кормовых смесей и добавок, приготовленных промышленным способом. Материалы об эффективности использования синтетических аминокислот в животноводстве приводятся в следующем разделе.

Глава IV.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ АМИНОКИСЛОТЫ В РАЦИОНАХ ЖИВОТНЫХ

Синтетические аминокислоты в рационах свиней

Исследования эффективности применения синтетических аминокислот в кормлении сельскохозяйственных животных относятся к 30-м годам текущего столетия. Особенно большое внимание к опытам по использованию синтетических аминокислот было обращено после классических экспериментов У. Роуза, доказавшего, что животному организму нужен не белок в полном смысле этого понятия, а определенное количество аминокислот. В его исследованиях животные нормально росли и развивались, получая в качестве единственного источника азота кристаллические аминокислоты.

Первые положительные результаты по использованию смеси кристаллических аминокислот при кормлении свиней были получены Д. Е. Шелтоном (Shelton a. o., 1950).

Работами последних лет показана неограниченная перспектива использования синтетических аминокислот для повышения биологической ценности низкокачественных белков в питании свиней. Наибольшее внимание исследователи уделяли эффективности добавления к рационам свиней лизина и метионина в связи с дефицитом их в натуральных кормах.

Лизин — первая лимитирующая аминокислота практически во всех типах рационов при недостаточном содержании в них протеина и кормов животного происхождения. В связи с этим, как правило, эффективность добавок этой аминокислоты изучалась на чисто растительных рационах с пониженным уровнем протеина.

Доктор Ван-Лоен (1965), обобщив 62 опыта по выращиванию и откорму свиней, установил, что в рацио-

нах различных типов лизин — первая лимитирующая аминокислота. В 45 опытах добавление лизина к растительному рациону обеспечило увеличение привесов от 1,4 до 82%, в трех — от 164 до 390% и только в четырех случаях получен отрицательный результат. Добавление лизина к рационам с животными кормами обеспечивало повышение привесов на 1,3—19%.

Положительные результаты по привесам и оплате корма при добавлении лизина к кукурузным рационам получены в опытах И. Дайера и сотр. (I. Dyer a. o., 1952), Майнера и сотр. (Miner a. o., 1955), У. Пфандера и сотр. (Pfander a. o., 1955), Т. Мак Уорда и сотр. (Mc Ward a. o., 1959), Шарли (Shirley a. o., 1963) и других исследователей.

В кукурузно-соевых рационах лизин в добавлениях был эффективен только при сниженном уровне протеина на 12% (Catron a. o., 1953; Magruder a. o., 1961). Р. Клей (Kley, 1964) на основании своих исследований пришел к заключению, что с повышением уровня протеина в рационе снижается доступность (усвояемость) лизина. Наиболее эффективно использовали лизин боровки при уровне протеина в рационе 14,38%.

Высокую эффективность показали добавки синтетического лизина к рационам с ячменной основой. По данным Эванса (Evans a. o., 1960), Боуленда (Bowland a. o., 1962), Клаузена (1967), Хинца (Hinz a. o., 1967), добавка 0,2—0,3% лизина к ячменным рационам растущих и откармливаемых свиней увеличила привесы на 9—15%. Нильсен (1963), изучая эффективность добавок лизина к кукурузным и ячменным рационам, отмечает, что, несмотря на высокое содержание лизина в ячменном рационе по сравнению с кукурузным, добавление монохлорида L-лизина оказывало влияние на привесы поросят в том случае, если в состав рациона включали именно ячмень. Это свидетельствует о том, что усвояемость содержащегося в ячмене лизина была значительно ниже, чем лизина кукурузы.

В большинстве исследований, проведенных в нашей стране, добавление синтетического и кормового лизина к рационам различных типов повышало привесы растущих и откармливаемых свиней и снижало затраты кормов на единицу привеса (И. С. Попов, 1963; М. Ф. Томмэ, 1963, 1967, 1967a; В. Т. Рядчиков, 1963; Е. Риба и

П. Зибен, 1965; А. А. Лебедев, 1965; В. В. Щеглов и сотр., 1965, 1965а, 1966, 1968; Я. М. Берзинь и сотр., 1967; В. И. Скорятина, 1968; В. Игнатьев и Ф. Гучь, 1968 и другие).

Введение в рацион свиней метионина не всегда давало положительные результаты, поэтому мнения различных авторов об эффективности добавок метионина весьма противоречивы.

М. Ф. Томмэ (1967), обобщая опыты американских исследователей, пришел к выводу, что добавление DL-метионина в рационы из кукурузы и соевого шрота чаще не давало положительных результатов. Об этом свидетельствуют также опыты Р. Сивелла и сотр. (Sewell a. o., 1958), Аккера и сотр. (Acker a. o., 1959) и других исследователей.

И. Даммерс (1960) на основании своих опытов пришел к выводу, что для поросят живым весом от 25 до 90 кг добавление метионина к рациону с достаточным количеством животного протеина не дает никакого эффекта.

Е. А. Махаев (1967) также считает нецелесообразным добавлять метионин в рационы растущих поросят, которым скармливают корма животного происхождения, так как метионина с цистином в количестве 3,20—3,30% от протеина достаточно, и потребность в нем удовлетворяется за счет натуральных кормов.

Не установлено положительного влияния добавок метионина к рационам свиней в опытах Е. Риба и П. Зибена (1965), И. Ярова (1965), Н. Платиконова и Л. Ангеловой (1967).

В противоположность указанным авторам большинство других исследователей получали хорошие результаты от добавлений метионина. В опытах В. П. Плотниковой и Р. Д. Тихоновой (1966) добавка метионина в рацион поросят-сосунов до 30-дневного возраста не давала эффекта, но в возрасте от 30 до 60 дней энергия роста поросят на рационах с добавками метионина заметно повысилась. К моменту отъема они имели живой вес на 3 кг больше контрольных.

В. В. Шилов (1966) в опытах на поросятах раннего отъема (35 дней) установил, что добавление 0,3% от протеина синтетического метионина обеспечило получение самого высокого привеса — 427 г.

В наших опытах (В. В. Щеглов, К. Я. Давыденко, 1966, 1968) добавление метионина в рацион с ячменной основой до уровня 3,5% от сырого протеина обеспечило увеличение привесов поросят-сосунов на 6—24%.

В исследованиях на растущих и откармливаемых свиньях, проводимых в ВИЖе под руководством члена-корреспондента ВАСХНИЛ М. Ф. Томмэ (М. Ф. Томмэ, 1967; А. А. Лебедев, 1966; Э. Г. Филиппович, 1965), добавка синтетического метионина к концентратному и концентратно-картофельному рационам повышала привесы и снижала затраты кормов на единицу привеса.

П. Е. Ладан и Н. Н. Белкина (1967) установили, что добавление метионина к рациону из ячменной и овсяной дерти, обрата, люцерновой муки и белково-витаминного концентрата повышает энергию роста откармливаемого молодняка и оплату корма.

М. Д. Советкин (1967) вводил в рацион поросят-отъемшей в течение 60 дней по 1,5 г синтетического метионина. Среднесуточный привес за время опыта у животных опытной группы составил 352 г против 314 в контроле. На 1 кг привеса расходовалось 4,2 корм. ед. и 470 г переваримого протеина, в контроле — 4,8 и 520 соответственно.

В опытах В. И. Скорятиной (1968) добавление в концентратный рацион метионина до уровня 3,2% от сырого протеина улучшало качество свинины.

Ю. Н. Градусов (1965) сообщил, что добавление 0,5—1,0 кг DL-метионина на тонну комбикормов при содержании в рационе 89 г переваримого протеина на 1 корм. ед. увеличивало привес поросят-отъемшей по сравнению с контролем на 22,1—23,5%, поедаемость корма — на 10,8—11,2%, а затраты кормов на привес снизило на 11,8—12,5%.

А. Смирнов и М. Исаков (1965) провели опыты на поросятах в возрасте от 2 до 4 месяцев. Рацион контрольной группы состоял из 0,82 кг кукурузной и гороховой дерти, 1 кг сахарной свеклы, 0,35 кукурузного силюса, 0,20 люцерновой муки, 0,32 кг обрата и минеральных добавок. Поросятам опытной группы скармливали этот же рацион, но с добавлением 1 г метионина на голову в сутки. Среднесуточный привес животных опытной группы был на 16,7% выше, а затраты кормовых единиц на 14,3% ниже, чем контрольных.

К. М. Солнцев (1964) в опытах на откармливаемом молодняке свиней установил, что добавка к концентратно-картофельному рациону 1,5—2,5 г метионина на голову в день повышает общий привес к концу откорма на 12 кг по сравнению с животными контрольной группы.

А. Хенниг (1963) на основании своих опытов и обобщения данных исследований, проведенных в ГДР, пришел к выводу, что метионин эффективен при добавлении к рациону, состоящему из однородного корма.

Значительное увеличение привесов свиней при добавлении метионина получено и в опытах Белла (Bell a. o., 1950), Шелтона (Shelton a. o., 1951), Г. Ф. Степурина (1967), Н. А. Тарасикова и Мартынова (1968) и других исследователей.

Как видно из сообщенных материалов, мнения ученых по добавкам метионина расходятся. Более тщательный анализ данных исследований, проведенных в нашей стране и за рубежом, свидетельствует о том, что отрицательные результаты при добавлении метионина получались в тех случаях, когда метионин не был первой лимитирующей аминокислотой и когда добавлялся сверх положенной нормы и если рацион был несбалансирован по лизину и другим незаменимым аминокислотам.

Известно, что избыток метионина наиболее опасен, чем избыток других аминокислот (М. Ф. Томмэ, А. В. Модянов, 1963), поэтому добавление его к рациону должно быть всесторонне обосновано. В опытах на растущих и откармливаемых свиньях наилучший эффект достигается при комплексном введении метионина и лизина (Evans, 1960; М. Ф. Томмэ, А. А. Лебедев, 1966; А. А. Лебедев, 1966; Robinson a. o., 1966; В. А. Поленок, 1966; Я. М. Берзинь и др., 1967; В. В. Щеглов и А. И. Фицев, 1965; В. И. Скорятина, 1968 и др.).

Р. Ф. Эванс в серии опытов изучал эффективность добавок лизина и метионина к обычному рациону свиней, состоящему из 65% ячменки, 25 зерноотходов, 5 арахисовой муки, 3 люцерновой муки и 2% минеральных солей. При живом весе от 16 кг до 30 одной опытной группе добавляли лизина 0,2, другой — 0,3%. Метионина обеим группам давали поровну — 0,1%. От 36 до 54 кг дозы лизина уменьшали вдвое, метионина оставляли в том же количестве. Животные, получавшие аминокислотные добавки, в течение всего опыта опере-

жали по показателям роста и эффективности использования корма контрольных свиней. Привес до 14-недельного возраста составил в группах с добавками лизина и метионина 264—273 г, в контрольной — 247. Откладывалось в теле животных контрольной группы 34,5 азота, у опытных — 42,3% от принятого.

В период от 36 до 54 кг веса поросят оказалась эффективной добавка лизина 0,2% и метионина 0,1% (привес 662 г против 608). В третьем периоде от 54 до 77 кг веса аминокислоты не добавляли в рацион, и рост свиней всех групп был практически одинаковым.

М. Шатава (1964), анализируя материалы исследований, проведенных в ЧССР, приходит к выводу, что положительное влияние добавок лизина и метионина проявляется даже тогда, когда в рационах уже содержатся аминокислоты в количествах, отвечающих физиологическим потребностям. Применение комплексной добавки лизина с метионином давало во всех случаях лучший эффект, чем каждая аминокислота в отдельности.

М. Ф. Томмэ и А. А. Лебедев (1966) в опытах на откармливаемых свиньях при добавлении к рациону, состоящему из ячменя, кормовых дрожжей и льняного жмыха, одного лизина получили привес меньший, чем при одновременном скармливании лизина и метионина — 604 и 638 г соответственно против 561 г в контроле.

Д. Аккер и сотр. (Acker a. o., 1959) считают, что одновременное введение лизина и метионина в кукурузно-соевый рацион растущих и откармливаемых свиней весом от 10,4 до 45,4 кг дает возможность снизить уровень протеина с 14 до 12% и повысить эффективность использования корма.

Возможность экономии кормового протеина и дефицитных кормов животного происхождения при использовании синтетических лизина и метионина установлена в ряде опытов, проведенных в последние годы в нашей стране (В. Г. Рядчиков, 1963; М. Ф. Томмэ, 1966, 1967; И. Ф. Ткачев, 1966; Я. М. Берзинь и др., 1967; В. И. Скорятия, 1968 и др.). В Чехословакии (В. Козел, 1966) проведена серия опытов на свиньях, которым до живого веса 50 кг скармливали кормовые смеси, содержащие 17,28; 15,23; 13,23; 11,14% протеина, включая добавку 0,0; 0,25; 0,45; 0,65% лизина и 0,0; 0,1; 0,2; 0,3% метионина. Группе свиней живым весом более 50 кг скарм-

ливали смеси с содержанием 12,93; 11,45; 9,88; 8,33% протеина при добавлении 0,0; 0,11; 0,22; 0,33% лизина и 0,0; 0,07; 0,15; 0,20% метионина. За весь период откорма до 100 кг живого веса среднесуточные привесы составили 665, 699, 710 и 693 г. Результаты этих опытов подтвердили ранее полученные данные о возможности существенного снижения содержания протеина в рационах молодняка и откормочных свиней при компенсации недостающих лизина и метионина путем соответствующих добавок. Комплексное использование лизина и метионина, наряду с экономией протеина, позволило также снизить расход дефицитных кормов животного происхождения.

Триптофан испытывался главным образом на рационах с кукурузной основой (Henson a. o., 1954; Miner a. o., 1955; Pfander a. o., 1955; Meade a. o., 1956, 1957; Ковалев, 1963, 1965; Ю. Н. Градусов, 1966; Brusov, 1966).

В опытах Meade a. o., (1957) на поросятах-отъемышах при добавлении к рациону из кукурузы и мясной муки 0,04—0,08% DL-триптофана в течение 53 дней привес составил 367—381 г с затратой 3,2—3,12 кг корма на 1 кг привеса, а в контроле эти показатели соответственно были 181 г и 4,28 кг.

Н. Ф. Ковалев (1963, 1965) испытывал добавку DL-триптофана к рациону поросят-отъемышей, состоящего из 70% кукурузы, 20% гороха и 10% сахарной свеклы. За 57 дней выращивания суточный привес в опытной группе равнялся 444, в контрольной — только 360 г при затрате на 1 кг привеса 5,0 и 6,1 корм. ед. соответственно.

В. Брюсов (Brusov, 1966) в опытах на поросятах живым весом 23,3 кг установил, что добавление к рациону из кукурузы и сафлора с 10% протеина 0,2 триптофана повысило поедаемость корма на 38%, привесы — на 52%. Лучший эффект от добавления этой аминокислоты получен при одновременном использовании ее с добавками лизина и метионина. При наличии в рационах соевой муки добавление триптофана оказалось неэффективным (Chance a. o., 1960; Welch, 1966).

Исследование по определению эффективности других незаменимых аминокислот проведено сравнительно мало. Так, добавления к рациону свиней фенилаланина (Chance a. o., 1960; Ю. Н. Градусов, 1967), валина

(Ю. Н. Градусов, 1967), изолейцина (Llloyd, 1961), треонина (Long, 1966), аргинина (Ю. Н. Градусов, 1966) не повышали биологической ценности протеина и не давали достоверных различий в привесах и оплате корма.

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам усвоения синтетических аминокислот, скорости всасывания и включения их в обмен. Для практики это имеет первостепенное значение, так как эффективность использования аминокислот для синтеза белка будет достигнута только при условии одновременного поступления всех аминокислот в кровяное русло.

Р. О. Файтельберг, Д. А. Цуверкалов и З. И. Алексеева (1960) сообщили, что в изолированной по Тире петле кишечника собаки за 30 минут всасывается 68% аминного азота серина, 56% — глицина, 40% аргинина, 15,6 — валина и 11% — лизина. Более медленно всасывался лизин и у овец. Авторы считают, что на всасываемость аминокислот оказывает влияние концентрация вводимого раствора. Лучше всасываются аминокислоты из менее концентрированных растворов.

В противоположность указанным авторам исследования Дибелла (Dibella, 1964) показали сравнительно хорошую всасываемость в кишечнике лизина. За один час его всасывалось в изолированной петле тонкой кишки крыс 40%, а при добавлении АТФ с KH_2PO_4 — 68—76%. В опытах, проводимых в Полтавском институте свиноводства (Д. И. Поливода, Е. Н. Бакеева, 1965), установлена высокая способность желудочно-кишечного тракта поросят к всасыванию метионина. За 30 минут 0,1 М раствор метионина всасывался в желудке на 94%, а лизин — только на 14%. Быстрое поступление метионина в ткани вызывало имбаланс остальных аминокислот, что снижало показатели продуктивности.

Андрюс и сотр. (Andrews a. o., 1936) установили, что метионин всасывался в кишечнике собак в три раза быстрее цистина, в других опытах (Р. О. Файтельберг, 1967) отмечена довольно хорошая всасываемость цистина.

На основании данных о быстрой всасываемости в желудочно-кишечном тракте отдельных аминокислот высказывается мнение о необходимости изыскания путей регулирования их проникновения из пищеварительного тракта в кровь. Принято считать, что белки кормов под-

вергаются достаточно длительной обработке пищеварительными соками и всасываются медленнее, чем их гидролизаты или свободные аминокислоты (Becker a. o., 1955). Однако такая точка зрения не подтвердилась в целом ряде опытов (Ю. Н. Кремер, 1965; О. А. Шишова-Косточкина, 1968; А. М. Уголов, 1967).

А. М. Уголов (1967) на основании своих опытов, и ссылаясь на результаты исследований Декруери и Харпера, приходит к выводу, что скорость всасывания белков, их гидролизатов и смесей аминокислот практически одинакова.

Таким образом, у нас пока нет оснований утверждать, что включение в кормовую смесь отдельных аминокислот может привести к имбалансу всех других аминокислот в связи с опережающей всасываемостью их по сравнению с аминокислотами белков корма. Этот вопрос требует дополнительного изучения физиологами и биохимиками.

Широкие исследования по изучению эффективности добавок синтетических аминокислот в рационы свиней были проведены автором этой книги совместно с соавторами. Ставилась задача изучить влияние добавок L-лизина, DL-метионина и DL-триптофана к концентратно-картофельным рационам (60—65% концентратов, 30—35% картофеля, 3—5% травяной муки), которые используются при кормлении свиней в хозяйствах Белоруссии. Из концентратной части рациона 75—80% приходилось на долю ячменя. В качестве белковых добавок использовали жмыж и шрот льняной. Животные контрольной (I) группы во всех опытах получали корма животного происхождения — рыбную муку и обрат — 3—5% по питательности и кормовые дрожжи — 1,0—1,5%, как источник витаминов группы В.

В опытах использовался кормовой концентрат L-лизина Ливанского завода кормовых антибиотиков Латвийской ССР, синтетический L-лизин японского производства, кормовой DL-метионин производства Волжского биохимического завода, кристаллический L-лизин и DL-триптофан. Результаты опытов детально описаны ниже.

Использование L-лизина и DL-метионина при выращивании поросят-сосунов. Количество лизина в рационах опытных групп поросят доводили до уровня 6,5%, метионина — до 3,5—3,7% от сырого протеина, против

соответственно 5,5—6,0 и 3,0—3,2% в контроле. В результате проведенных исследований установлено, что дополнительное скармливание L-лизина поросятам-сосунам не оказывало существенного влияния на их рост. Добавление одного лизина в первом и втором опытах обеспечивало увеличение привесов поросят на 1,8—6,1%. Различие в пользу опытных групп оказалось статистически недостоверным ($P > 0,05$). Это дает основание считать уровень его 5,5—6,0% от протеина рациона достаточным. Добавление DL-метионина оказалось положительное влияние на рост поросят. Подробный анализ состава свиного молока свидетельствовал о том, что в нем метионин находился на грани недостаточности. На недостаток в молоке маток метионина и других аминокислот указывают также и другие авторы (И. Лукас, Г. Лодж, 1963; Л. М. Кошарова, 1966).

В условиях экспериментальной базы «Заречье» нами проведено два опыта в зимний и летний периоды по определению эффективности добавок DL-метионина в рацион поросят-сосунов.

В зимний период для проведения опыта подобрали четыре свиноматки с пометами. Поросята под каждой из них были разделены по принципу аналогов на четыре группы. Различный уровень серусодержащих аминокислот в рационе (I группа — 3,0%, II — 3,15, III — 3,3 и IV — 3,57% от протеина) создавали индивидуальным скармливанием поросятам II, III и IV групп синтетического DL-метионина.

Среднесуточное потребление подкормки и материнского молока (по данным контрольного определения молочности свиноматок), а также общее потребление подкормок и материнского молока за период опыта во всех четырех группах поросят были одинаковыми.

Результаты первого опыта показали, что скармливание поросятам-сосунам синтетического DL-метионина по 0,2—0,4 г на голову в сутки повышало привесы на 14,4—24,6%. Это свидетельствовало о недостаточном обеспечении их этой аминокислотой.

Наиболее высокие привесы поросят были при уровне метионина с цистином 3,5% от сырого протеина. Среднесуточный привес в I группе составил 226, во II — 258, в III — 278 и в IV — 281 г. Повышение уровня метионина с цистином до 3,5% от протеина дало положитель-

ные результаты и во втором опыте, проведенном в летний период. Привес поросят увеличился на 6,1—10,2%.

В третьем опыте эффективность добавок метионина изучалась на двух группах животных. В каждую группу включали по 100 поросят-сосунов, огражденных по принципу аналогов от 10 свиноматок. Опыт проводился в течение 42 дней (с 18 до 60-дневного возраста). Среднесуточный привес поросят опытной группы при скармливании DL-метионина увеличился на 8,6% ($P > 0,05$), затраты кормов на 1 кг привеса снизились на 7,7%. В производственных условиях при раннем (в 40-дневном возрасте) отъеме поросят среднесуточный привес при увеличении уровня метионина с 3,0 до 3,5% повышался на 18,2%.

Материалы наших исследований по определению потребности поросят в метионине, а также данные других авторов убеждают в необходимости восполнения недостатка серусодержащих аминокислот за счет введения рыбной муки или синтетического метионина, что является экономически выгодно.

Эффективность использования добавок L-лизина, DL-метионина и DL-триптофана при выращивании поросят-отъемышей на концентратно-картофельных рационах с пониженным уровнем протеина. Опыт проводился на пяти группах поросят крупной белой породы при выращивании их от 20 до 45 кг. Одновременно изучались два уровня лизина, метионина и триптофана.

Анализируя изменения живого веса и привесов поросят (табл. 61), необходимо прежде всего отметить, что, несмотря на почти одинаковое соотношение аминокислот в рационах I и II групп, ростовой эффект в этих группах имел существенные различия: в I группе суточный привес поросят составил 421 г, во II — только 347 ($P < 0,01$). Разница в привесе поросят была следствием более низкого содержания протеина в рационе II группы. Следовательно, при пониженном уровне протеина количественное соотношение аминокислот, аналогичное рациону при 100%-ном уровне протеина, не оптимально для поросят. Добавление метионина до уровня I группы также не оказалось заметного влияния. Это свидетельствует о том, что метионин в данном случае не был первой лимитирующей аминокислотой.

Повышение уровня лизина в IV группе до 5,5% от

сырого протеина и в количественном отношении — до уровня I группы обеспечило получение от поросят практически одинаковых с I группой привесов. Таким образом, по ростовой реакции поросят при выращивании от 20 до 45 кг на рационах, содержащих 82 г протеина на 1 корм. ед., более эффективным уровнем лизина следует считать 5,5, метионина — 3,7% от сырого протеина. Эти уровни указанных аминокислот способствовали получению наиболее высоких привесов поросят при наименьших затратах кормов на единицу привеса. На каждом килограмме привеса в данном случае экономилось протеина у животных IV группы 170 г по сравнению с поросятами I группы и 85 г — по сравнению со II. Добавка триптофана в рацион V группы не повлияла положительно на рост и оплату корма. В чисто растительных рационах при пониженном уровне протеина заметно повышалась переваримость органического вещества, а балансирование рационов добавками лизина и метионина еще больше улучшало переваримость протеина. Азот лучше использовался в группах, рацион которых был сбалансирован по лизину и метионину (I, III и IV).

Если о рациональном использовании отложенного в теле азота судить по затратам его на единицу привеса, то можно сказать, что лучше всего он использовался из рационов, сбалансированных по лизину и метионину добавками препаратов этих аминокислот. Так, на каждый килограмм привеса в I группе расходовалось 68 г азота, во II — 44, в III — 39, в IV — 37 г. Между данными по привесам животных, оплате корма, переваримости и использованию протеина отмечается прямая зависимость. Более интенсивный рост, как правило, сопровождался повышенной переваримостью протеина и увеличенной ретенцией азота.

Таким образом, полученные в исследованиях материалы свидетельствуют о том, что при балансировании аминокислотного питания растущего молодняка свиней путем добавок синтетических аминокислот уровень протеина в их рационах может быть значительно снижен. С понижением уровня протеина в рационе соответственно увеличивается потребность свиней в лимитирующих аминокислотах.

Эффективность использования синтетических аминокислот при мясном откорме свиней. В первом опыте при

Таблица 61

Основные результаты исследований по использованию добавок L-лизина, DL-метионина и DL-триптофана при выращивании поросят-отъемышей на концентратно-картофельных рационах

Показатели	Группы				
	I ОР + корма животного происхождения	II ОР (растительные корма)	III ОР + метионин	IV ОР + метионин + L-лизин	V ОР + метионин + L-лизин + триптофан
Питательность рациона:					
кормовые единицы переваримый протеин, г на 1 корм. ед.	1,64	1,65	1,65	1,65	1,65
Содержание аминокислот, % от протеина:					
лизина	122	82,5	82,5	82,5	82,5
метионина + цистина	4,2	4,2	4,2	5,5	5,5
триптофана	2,85	2,95	3,73	3,73	3,73
Живой вес, кг:					
в начале опыта	1,31	1,37	1,37	1,37	1,76
в конце »	20,66	20,66	20,66	20,66	20,60
Среднесуточный привес, г	46,34	41,82	44,88	45,74	45,38
Затраты корма на 1 кг привеса:	421 ± 11	347 ± 21	396 ± 15	411 ± 19	406 ± 24
кормовых единиц переваримого протеина, г	3,89	4,75	4,16	4,01	4,06
Переваримость, %:					
органического вещества	477	392	343	307	334
протеина	77,7	83,2	86,3	83,8	—
Использовано от принятого, %:					
азота	77,6	69,7	75,9	71,1	—
кальция	55,7	43,8	46,1	45,1	—
фосфора	68,5	66,8	65,8	62,8	—
	64,8	69,2	73,5	72,0	—

изучении сравнительной эффективности добавки отечественного кормового концентрата L-лизина (12% чистого лизина) с японским L-лизином (64,5% чистого лизина) и кристаллическим L-лизином реактивной чистоты установлено, что все они в равной мере оказывают положительное влияние на повышение протеиновой полноценности концентратно-картофельных рационов. Однако

кормовой концентрат лизина отечественного производства оказался более эффективным по показателям роста свиней и использованию корма. Это следует объяснить тем, что наряду с L-лизином препарат содержит значительное количество других биологически активных веществ, способствующих повышению обменных процессов в организме и лучшему использованию питательных веществ корма.

Изучая эффективность добавки DL-метионина, учитывали крайне низкое содержание этой аминокислоты в кормах растительного и животного происхождения. Одновременно принимали во внимание результаты исследований последних лет (Харпер, Катояма, 1963), которые свидетельствовали о низком использовании метионина из рационов, содержащих значительное количество картофельного крахмала.

В опыте на откармливаемом молодняке свиней в летний период при использовании до 15% по питательности зеленой массы люпина (II опыт) добавление в рацион DL-метионина и доведение общего уровня серусодержащих аминокислот с 2,25—2,4 до 3,2% от сырого протеина позволили получить привесы свиней на рационах с кормами животного происхождения на 5,9, на растительных — на 13,4% больше. Аналогичная картина наблюдалась и при добавлении DL-метионина к рационам зимнего периода. Однако эффект здесь был несколько ниже, чем в летний период. На рационах с животными кормами при использовании DL-метионина прибавка в весе откармливаемых свиней составила 4%, а на растительных рационах — 9,4%. Добавление L-лизина к рационам летнего периода оказалось неэффективным.

Специально проведенным опытом установлены значительные различия в реакции откармливаемого молодняка свиней при раздельной и комплексной добавках L-лизина и DL-метионина по периодам откорма (табл. 62).

Данные опыта свидетельствуют о том, что в первом периоде откорма (до живого веса 60 кг) в рационе поросят II—V групп были лимитирующими аминокислоты лизин и метионин. Добавление одной из них давало незначительный эффект, так как сдерживающим фактором являлась вторая. Только при повышении уровня обеих аминокислот одновременно наблюдался более интенсивный рост поросят. Соответственно с повышением привеса

Эффективность различных уровней лизина и метионина в концентратно-картофельных рационах откармливаемого молодняка свиней

Таблица 62

Показатели	Группы				
	I	II	III	IV	V
Питательность рационов:					
кормовые единицы	2,57	2,58	2,53	2,53	2,53
переваримый протеин, г на 1 корм. ед.	105	85	85	85	85
Содержание аминокислот, % от протеина*:					
лизина	5,2—5,0	4,2—4,2	5,5—5,2	4,2—4,2	5,5—5,2
метионина+цистина	3,2—3,2	2,8—2,8	2,8—2,8	3,7—3,7	3,7—3,7
триптофана	1,15—1,15	1,17—1,20	1,17—1,20	1,17—1,20	1,17—1,20
Среднесуточный привес, г:					
за первый период	482±23,0	425±19,3	461±20,6	464±17,9	515±19,70
за второй "	530±20,0	486±17,0	552±15,0	486±13,0	501±20,0
в среднем за опыт	515±21,0	466±18,0	523±16,0	479±14,0	505±20,0
Затраты корма на 1 кг привеса*:					
кормовых единиц	3,68—5,53	4,19—5,92	3,86—5,22	3,84—5,92	3,46—5,75
переваримого протеина, г	406—572	368—488	339—430	337—489	304—474
Переваримость, %:					
органического вещества	76,25	74,95	76,87	76,03	75,28
протеина	68,22	62,53	62,69	64,59	63,21
Использование азота, % от принятого	38,47	34,35	38,25	37,25	36,17
Убойный выход, %	66,71	65,89	64,89	66,12	66,67
Качественный показатель белков мяса (отношение триптофана к оксирипролину)	10,38	8,82	10,11	11,03	12,27
В мясе содержится, %:					
протеина	20,70	19,56	19,88	20,00	20,36
жира	5,68	6,63	8,07	7,72	7,47

* Первая цифра — первый период, вторая — второй.

сов снижались затраты кормов на 1 кг привеса: по сравнению со II группой в I — на 12, в III — на 7,9, в IV — на 8,3 и в V — на 17,4%.

Полученные данные в физиологическом опыте, который провели в конце первого периода откорма, показали, что наиболее высокая переваримость протеина и лучшее использование азота корма были у животных I, III, IV и V групп, а самые низкие — у животных II.

Во второй период откорма (от 60 до 100 кг) от подопытных животных I, III, V групп были получены практически равные привесы ($P>0,05$); подсвинки II группы отставали в росте от своих сверстников в других группах соответственно на 8,2; 11,8 и 2,9%. Уровень лизина 4,2% от сырого протеина (II группа) оказался в этом периоде также недостаточным, особенно при откорме до живого веса 70 кг. Доведение лизина до 5,04% (III группа) увеличило привесы поросят на 11,8%. Добавка же метионина с 2,8 до 3,7% от сырого протеина в этот период откорма не повлияла на привес подсвинков IV группы, а у животных V группы наблюдалась даже депрессия в росте.

Определенный интерес представляют данные контрольного убоя подопытных животных. Заметные различия между группами были в площади мышечного глазка, в толщине хребтового сала и в содержании жира в мясе.

Площадь мышечного глазка оказалась самой большой у животных V группы, получавших в рационе добавки лизина и метионина. Более высокое содержание протеина в мясе животных I группы статистически недостоверно ($P>0,05$). Добавление в рацион до оптимального уровня метионина и особенно в комплексе с лизином (V группа), значительно снижало в мясе откармливаемых подсвинков содержание соединительной ткани и увеличивало содержание полноценных белков.

Со снижением в рационе уровня протеина (II группа) в мясе заметно уменьшилось содержание всех основных аминокислот, за исключением гистидина. Сбалансирование рациона по лизину (III группа) до уровня контрольной группы значительно улучшало соотношение аминокислот в мясе. В данном случае отмечено более низкое содержание только фенилаланина и аргинина. При доведении в рационе уровня метионина с цистином

до 3,7% (IV группа) в мясе животных оказалось меньше валина и фенилаланина, чем в мясе контрольных животных.

Введение в рацион лизина и метионина (V группа) достоверно ($P < 0,05$) увеличивало содержание в мясе в сравнении со II группой цистина, лизина, фенилаланина и триптофана. Эти данные свидетельствуют о возможности регулирования аминокислотного состава мяса соответствующим кормлением животных.

Эффективность добавок синтетических аминокислот в рационы свиноматок и хряков-производителей. Уровень и качество протеинового питания свиноматок также, как и молодняка свиней, всецело зависит от сбалансированности аминокислотного состава рациона.

В период супоросности свиноматки особенно нуждаются в поступлении с кормом необходимого количества и в нужном соотношении аминокислот, так как качество протеинового питания в этот период существенно влияет на формирование плода и на весь ход эмбрионального развития его. Установлено, что при сбалансированном кормлении размеры яйцеклеток увеличиваются на 30—35%, ускоряется процесс их дробления, повышается интенсивность роста, ускоряется биологическая зрелость зародыша, предупреждается рассасываемость эмбрионов, повышается плодовитость и крупноплодность. У подсосных свиноматок при сбалансированном аминокислотном питании увеличивается молочность и улучшается рост поросят под ними.

Первой лимитирующей аминокислотой в питании как супоросных, так и подсосных свиноматок является лизин. Однако в отдельных случаях в зависимости от структуры рационов сдерживающим фактором питания может быть метионин. Другие незаменимые аминокислоты не дефицитны в обычных хозяйственных рационах, поэтому практически нужно балансируировать рационы свиноматок только по лизину и метионину. Источниками этих аминокислот являются, как уже отмечалось выше, корма животного происхождения, но использование их для балансирования рационов по аминокислотному составу менее эффективно, чем применение синтетических аминокислот. Об этом свидетельствуют данные наших исследований (табл. 63).

Свиноматкам II группы за супоросный и подсосный

Таблица 63
Эффективность балансирования аминокислотного состава рационов свиноматок путем использования животных кормов и синтетических аминокислот

Показатели	Группы		
	I ОР—растительные корма (не сба- лансиро- ван по амино- кислотам)	II ОР+рыб- ная мука (сба- лансиро- ван по амино- кислотам)	III ОР+L-ли- зин—DL- метионин (сба- лансиро- ван по амино- кислотам)
Питательность рациона: кормовых единиц	4,63 6,32	4,65 6,32	4,63 6,32
переваримого протеина, г	417 599	515 727	417 599
Аминокислоты, % от сырого протеина: лизин	3,75 4,00	4,50 4,70	4,90 5,10
метионин+цистин	2,80 3,00	3,00 3,30	3,30 3,60
триптофан	1,25 1,32	1,37 1,30	1,25 1,32
Привес за период супоросности, кг	36,80	48,40	40,20
Потеря в весе за период подсоса, кг	16,70	15,30	12,70
Родилось в среднем на опорос поросят: живых	7,6	10,0	9,0
мертвых	1,1	0,2	0,16
Живой вес поросят, кг: при рождении	1,3	1,4	1,4
при отъеме	15,4	16,8	17,0
Условная молочность	44,2	64,1	58,8

Причесание. В числителе — супоросный период, в знаменателе — подсосный.

периоды скормлено по 40 кг рыбной муки и по 103 кг переваримого протеина. В III группе рыбная мука не скармливалаась, а общий расход переваримого протеина составил 83,8 кг, или примерно на 20 кг меньше. Стои-

мость выращивания одного поросенка до 2-месячного возраста в III группе была на 12% дешевле, чем в первой.

Балансированием аминокислотного состава рационов хряков прежде всего предусматривается повышение качественной стороны протеинового питания. Белки сперматозоидов включают значительное количество диаминомонокарбоновых кислот — лизина и аргинина (табл. 64).

Таблица 64
Содержание общих аминокислот в сперме хряков-производителей

Аминокислоты	Содержание, % от белка
Лизин	7—10
Аргинин	8—11
Гистидин	1,5—2,5
Триптофан	0,5—0,9
Метионин	0,4—0,8
Цистeinовая кислота	0,6—1,0
Тreonин	4,7—5,7
Фенилаланин	4,0—6,0
Лейцин	9,5—10,5
Изолейцин	7,1—8,7
Валин	5,2—5,8
Глутаминовая кислота	10—11
Аспарагиновая кислота	10,5—12
Серин	6,5—7,5
Аланин	4,0—4,6
Глицин	6,3—7,1
Пролин	3,0—3,5

Исследованиями последних лет установлено, что лизин как наиболее критическая аминокислота оказывает существенное влияние на количество и качество спермопродукции хряков-производителей. Для балансирования рационов по этой аминокислоте в практике кормления хряков применяются главным образом корма животного происхождения. До недавнего времени считалось, что без животных кормов или при недостаточном их количестве нельзя рассчитывать на получение полноценной спермопродукции от хряков. Теперь мы имеем экспериментальные данные, объясняющие этот факт. Определяющим условием повышения качества спермы хряков при включении в рацион кормов животного происхожде-

ния, как установлено опытами, является улучшение сбалансированности кормовой смеси по лизину. Причем оказалось, что добавка синтетического лизина дает лучшую эффективность, чем кормовой лизин. В табл. 65 приведены результаты одного из опытов, проведенных нами в БелНИИЖе.

Таблица 65

Показатели спермопродукции хряков при различном качестве протеина и уровне лизина в рационах

Показатели	Группы		
	I ОР—корма животного происхождения	II ОР—растительные корма	III ОР—растительные корма+L-лизин
Питательность рациона: кормовых единиц переваримого протеина, г	3,53 329	3,63 329	3,59 325
Уровень аминокислот, % от протеина: лизин метионин+цистин триптофан	4,75 2,90 1,30	4,00 2,70 1,30	4,75 2,70 1,30
Объем профильтрованной спермы, мл	209—6,5	190—4,9	210—6,7
Концентрация сперматозоидов, млн/мл	223—11	183—11	226—5,0
Количество сперматозоидов в эякуляте, млрд.	47,1—3,2	35,2—2,0	48,2—3,4
Активность сперматозоидов, баллов	0,78	0,72	0,80
Оплодотворяемость от первого осеменения, %	90	80	100
Получено поросят на свиноматку, голов	9,23—0,03	9,26—0,6	10,7—0,4

Положительные результаты добавок синтетических аминокислот к рационам свиноматок и хряков-производителей установлены также в исследованиях М. Ф. Томмэ и др., (1968), М. Ф. Томмэ и Чайко (1968) Г. Ф. Степурина (1963), И. Мошкутело (1969) и других авторов.

Подводя итоги обзору литературы и анализируя данные собственных исследований по изучению эффективности добавок аминокислот, необходимо констатировать следующие вытекающие из них положения: 1) использо-

вание синтетических аминокислот для балансирования рационов по аминокислотному составу является эффективным средством повышения полноценности протеинового питания свиней и рационального использования кормового протеина; 2) добавлять синтетические аминокислоты следует к определенным типовым рационам с учетом знаний аминокислотного состава кормов и потребности в них животного организма; 3) количество добавляемой аминокислоты не должно превышать норму потребности в ней животного организма, а добавляемая аминокислота должна быть первой лимитирующей аминокислотой в данном рационе; 4) рацион должен быть сбалансирован по всем основным питательным веществам, макро- и микроэлементам и витаминам.

Использование синтетических аминокислот в птицеводстве

Большинство кормов, которые применяются для кормления птицы, удовлетворяют их потребность в аминокислотах, за исключением лизина, метионина, иногда лейцина и триптофана. Наиболее лимитирующими, как правило, являются метионин с цистином и лизин. Эффективность добавления этих аминокислот была изучена многими сотрудниками научных учреждений в нашей стране и за рубежом.

Метионин и цистин, как известно, принимают активное участие в окислительно-восстановительных процессах организма. Недостаток серусодержащих аминокислот в рационе птицы приводит к нарушению процессов метилирования, в частности снижается синтез креатина, оказывает депрессивное действие на рост молодняка и снижает яйценоскость взрослой птицы.

Как установлено в опытах Нильсона (Nilson a. o., 1960), Мак Дональда (Mc. Donald, 1957), Борнштейна (Bornstein a. o., 1966), Куманова и др., (1964) И. А. Патрика (1963) и других исследователей, добавка DL-метионина в количестве 0,1—0,2% обеспечивает повышение привесов цыплят на 4—12% и оплату корма — на 6—10%.

В опытах Хармса (Harms, 1972), например, при выращивании мясных цыплят на кукурузно-соевом рационе

испытывались добавки метионина 0,05; 0,1 и 0,15% от сухого вещества рациона. Результаты этих опытов приводятся в табл. 66.

Таблица 66
Привес цыплят и оплата корма при скармливании различных добавок метионина (с 1 до 8-недельного возраста)

Добавка метионина, %	Привес, г	Оплата корма, кг
0	1185	2,40
0,05	1245	2,20
0,10	1279	2,14
0,15	1300	2,19
Среднее	1252	2,23

Наиболее высокий привес птицы был получен при добавлении 0,15% метионина, а по оплате корма — при 0,10%. Интересно отметить, что включение 0,1% сульфата натрия на фоне рациона с добавкой 0,10% метионина способствовало дальнейшему повышению привесов (1385 г против 1279). Положительное влияние добавок метионина на рост и оплату корма отмечено также в опытах с индюшатами (Bird a. o., 1945; Jonson, 1960; a. o., 1955) и утятами (Г. П. Милехин, 1969; В. Василюк, 1972). Добавка 0,1% DL-метионина, по данным Нила (Neal, 1956), предотвращает каннибализм. Установлено, что добавка метионина не только стимулирует рост молодняка, но и оказывает положительное влияние на качество тушек (И. Ф. Ткачев, 1966) и повышает содержание витамина А в печени (Строжа, 1966; С. Н. Драница, 1967).

Так, в опытах С. Н. Драницы (1967) при откорме цыплят породы белый плимутрок добавление в рацион DL-метионина в количестве 0,0; 0,18; 0,33 и 0,41% от сухого вещества рациона обеспечило получение привесов от 1 до 50-дневного возраста соответственно 758, 784, 852 и 785 у петушков и 680, 718, 793 и 740 г у курочек. Выход съедобных частей тушек повышался в опытных группах на 3,1—7,7%. Содержание витамина А в печени увеличивалось с 320,6 до 344,7 мкг/г, а жира снижалось с 2,68 до 2,39%. Средний предубойный вес (1349 против 1225 г в контроле), расход корма на один килограмм

привеса (2,35 кг против 2,67) и наиболее высокая прибыль (15,2 руб. в расчете на 100 голов) получены при добавлении 0,33% DL-метионина.

В исследованиях Хармса (Harms, 1963), Алмквиста (Almgquist, 1964), Давидсона (Davidson a. o., 1962) отмечено значительное повышение яйценоскости птицы при добавке в рацион 0,075% метионина. Показательными в этом отношении являются опыты Хармса и Дугласа (1958) на курах-несушках (табл. 67). Наибольший эффект в этих опытах достигался при добавлении метионина в рационы с пониженным уровнем протеина до 14,7%.

Таблица 67

Влияние добавок метионина к кукурузно-соевому рациону кур-несушек

Уровень протеина (%) и добавки метионина	Яйценоскость, %	Затрачено корма на десяток яиц, кг
16,7	Без добавки	59,7
	С добавкой	68,1
15,7	Без добавки	58,9
	С добавкой	66,6
14,7	Без добавки	56,2
	С добавкой	69,0
В среднем	Без добавки	58,3 (100%)
	С добавкой	67,9 (116,4%)

По обобщенным данным (М. Ф. Томмэ и др., 1967), добавление DL-метионина в количестве 0,5—1,0 кг на 1 т комбикорма для бройлеров и кур-несушек способствует увеличению привесов на 10—15%, яйценоскости — на 8—10%, экономии кормов — на 3—4%.

Лизин, по мнению большинства авторов, наиболее эффективен при добавлении к рациону молодняка птицы. Установлена высокая корреляция между уровнем лизина, ростом мышц и костяка.

В ряде исследований (Л. Я. Купина, 1968; Spaček, 1962; Singsen a. o., 1964) лизин оказывал положительное влияние на рост молодняка, выход тушек и яйценоскость кур. По данным И. Ф. Ткачева и сотр. (1967), добавка в рацион цыплят L-лизина микробиологического синтеза (ККЛ) обеспечивала увеличение веса тушек на 20%, калорийность мяса — на 32, содержание протеина —

на 18, лизина — на 70 и метионина — на 29% по сравнению с контролем.

В опытах Н. М. Ильина (1967) добавка лизина к рационам цыплят белый плимутрок увеличивала их вес на 25,7—44,7% и улучшала качество мяса.

По данным Л. Я. Купиной (1970), добавление в комбикорм для бройлеров 0,16—0,18% лизина способствовало получению следующих результатов:

Контрольная группа	Опытная группа
Сохранение цыплят, %	94,7
Средний живой вес головы в возрасте 63 дня	96,3
Затраты корма на 1 кг привеса	1188 ± 5,3
Выход тушек I категории, %	1392 ± 4,8
Содержание в мышцах (% к воздушно сухому веществу) протеина (N × 6,25)	2,81
жира	2,42
килокалорий на 100 г мышц	91,1
(N × 6,25)	98,4
жира	15,9
килокалорий на 100 г мышц	2,5
(N × 6,25)	18,5
жира	3,5
килокалорий на 100 г мышц	104,5
(N × 6,25)	117,3

В исследованиях В. Ф. Бекер (1967) добавление 0,3—0,4% лизина (ККЛ) к рациону с уровнем протеина 14—18% обеспечивало получение таких же результатов роста цыплят, как и на рационах с 16—20% протеина, но без добавок лизина, а использование азота корма повышалось на 7,9—24,4%.

Хармс (Harms, 1963) считает, что наиболее эффективным является введение лизина в рационы, содержащие от 11 до 13% протеина. По сообщению Пеппера (Pepper a. o., 1962), рацион кур с 12% сырого протеина, обогащенный лизином и некоторыми другими аминокислотами, равноценен рациону с 16% протеина, способствует повышению яйцевладки, увеличению веса яиц и оплаты корма.

В большинстве опытов лучшие результаты по показателям роста, яичной продуктивности и оплаты корма получены при комплексной добавке в рацион L-лизина и DL-метионина (И. Ф. Ткачев, 1966; Пенионжкевич, 1969; Иванов и др., 1966; Biely a. o., 1964; Pepper, 1962).

Синтетические аминокислоты в рационах жвачных

Вопрос об эффективности использования синтетических аминокислот в рационах жвачных животных долгое время оставался спорным. Многие исследователи и специалисты животноводства и сейчас придерживаются мнения о том, что для жвачных качество протеина корма не имеет принципиального значения в связи с синтезом в преджелудках бактериального белка, и поэтому нет оснований предполагать наличие дефицита в их питании каких-либо аминокислот.

Вместе с тем еще в 1936 г. исследованиеми Морриса, Райта и Фоулера (Morris, Wright, Fowler, 1936) было доказано, что при недостатке в рационе лактирующих коров лизина и триптофана снижаются удои и ухудшается использование белка корма.

Д. Д. Позамантир (1940) в опытах на двух высокопродуктивных коровах установила, что при правильном подборе кормов с учетом баланса лизина затраты переваримого белка продуктивного корма на литр молока составляли 41 г, тогда как без подбора его расходовалось по 64 г, или в 1,5 раза больше. А. С. Емельянов (1948) считает, что при уровне годовой молочной производительности свыше 6 тыс. кг следует нормировать кормление коров не только по протеину, но и по лизину.

В исследованиях П. В. Кугенева (1948, 1960) при определении баланса азота, заданного коровам в рационе и выделенного в молоке, установлено снижение удоев до 25% как при недостатке, так и при избытке лизина. В опытах П. В. Демченко (1964) коровы с удоем 25 кг молока в сутки, получавшие в рационе меньше лизина, чем выделяли его с молоком, снизили удой на 25%. Существенное влияние лизина в рационах для телят отмечено в исследованиях, проводимых под руководством Д. Н. Прянишникова (1940).

Однако достоверность вышеизложенных данных оставалась спорной, так как, создавая подбором кормов определенный уровень одной аминокислоты, в какой-то мере изменялось и содержание других аминокислот. При этом трудно было уровнять рационы контрольной и опытных групп по витаминной и минеральной частям, что также могло оказывать влияние на результаты опыта.

Возможность объективного изучения этого вопроса

появилась в связи с использованием синтетических аминокислот.

В исследованиях Хейла и сотр. (Hale a. o., 1959) было показано, что скорость образования лизина может быть фактором, оказывающим влияние на привесы животных. Добавление лизина в рационы с 11,6% протеина обеспечивало увеличение привесов крупного рогатого скота на 15%. Положительные результаты от добавления лизина получены также в опытах Лизал (Lisal, 1968) на откармливаемых телках. Госсетт и сотр., (Gossett a. o., 1960) изучали эффективность добавок лизина и метионина в рационах с высоким содержанием карбамида для откармливаемого скота. В первом опыте при уровне карбамида 40—72% от азота рациона суточный привес животных составил в контрольной группе 870—980 г, в контрольной при добавлении 10 г L-лизина моногидрохлорида — 920—1010 г. Во втором опыте среднесуточный привес при добавлении карбамида без аминокислот составил 934 г, при добавке лизина — 1016, метионина — 1016, метионина с лизином — 984 г.

В последние годы наибольший интерес проявляется к изучению эффективности добавок в рацион жвачных синтетического метионина или его гидрооксилированного аналога. По мнению Конрада и сотр. (Conrad a. o., 1967), синтез метионина в рубце коров зависит от уровня кормления, состава рациона и источника азота. Гриль (Griell a. o., 1968) установил, что добавление в рацион коров 40—80 г DL-метионина способствует повышению удоев. В исследованиях Чендлера (Chandler, 1971) обнаружено значительное влияние на секрецию молока и содержание в нем жира добавок метионина в рационе высокопродуктивных коров. Суточная доза оксианалога 25 г на голову увеличивала удой на 1,6—2,3 кг в день. По мнению этого автора, подобными свойствами могут обладать также фенилаланин, валин и изолейцин.

Особый интерес представляет использование синтетических аминокислот в рационах овец. Так, в опытах Риша (Reis a. o., 1963) овцам вводили через фистулу непосредственно в сычуг цистин, метионин, глицин, глутаминовую кислоту и казеин. Введение цистина способствовало увеличению роста шерсти на 35—75%, метионина — на 130, казеина — на 84—102%. При этом отмечалось повышение содержания серы в шерсти. Глици-

и глутаминовая кислота увеличивали прирост шерсти, но не влияли на содержание в ней серы.

В настоящее время уже накоплен достаточно обширный материал, свидетельствующий о положительном влиянии добавок серусодержащих аминокислот на усиление роста шерсти, улучшение ее качества и повышение усвояемости питательных веществ овцами (Mc Donald, 1967; Reis, 1967; Стайков, 1967 и др.).

Большое практическое значение имеет использование синтетических аминокислот, особенно лизина и метионина, в рационах телят молочного периода. Как уже отмечалось, у телят-молочников в первые три месяца их жизни использование питательных веществ кормов мало чем отличается от использования кормов у животных с однокамерным желудком. В этот период роста телята нуждаются в поступлении с кормом полноценного протеина, а следовательно, и необходимых аминокислот (Н. А. Шманенков, Савран, Н. Г. Григорьев, 1965; В. Яганшин, Д. Д. Позамантири, 1968; Ф. Ю. Палфий, 1963; Брусов, 1964 и др.).

Я. М. Берзинь и др. (1967) сообщили, что обогащение комбикормов для телят в возрасте от 1 до 3 месяцев лизином микробиологического синтеза (ККЛ) и метионином и скармливание их вместе с другими кормами обеспечило повышение привесов на 13,3—13,7% и снизило затраты кормов на 1 кг привеса на 7,6—12,4%.

Основываясь на этих данных, авторы (Я. М. Берзинь, И. М. Захарченко, 1970) разработали рецепт комбикорма для телят в возрасте от 1 до 3 месяцев с добавками 0,5% синтетического L-лизина и 0,15 DL-метионина.

Положительные результаты добавок L-лизина и DL-метионина в рационы телят-молочников получены и у ряда других исследователей (А. К. Росляков и Т. Онгарбаев, 1968; Сидорова, 1968; Павлова, 1968; А. Н. Смирнов и В. М. Крылов, 1970; В. В. Щеглов и М. А. Попова, 1969; В. Ф. Васильев, 1970).

Большое практическое значение представляют исследования возможности экономии молочных продуктов при выращивании телят путем введения в рацион синтетических аминокислот. Мы изучали возможность выращивания телят, предназначенных для откорма, на пониженных нормах цельного молока с добавками растительных кормов, жира, L-лизина и DL-метионина.

В первом опыте кормили телят по следующей схеме. Контрольная группа за период выращивания до 3-месячного возраста получала основной рацион, в том числе 350 литров цельного молока. Первая опытная группа получала основной рацион и 230 литров цельного молока. Недостающее количество жира и энергии по сравнению с контролем восполнялось дополнительным скармливанием концентратов и жира (97% говяжий и 3% подсолнечниковые фосфатиды). Вторая опытная группа получала тот же рацион, что и первая, с добавлением L-лизина (ККЛ) до уровня контрольной.

В каждой группе было по 7 телят черно-пестрой породы. Основные результаты этого опыта приведены в

Таблица 68

Результаты выращивания телят на пониженных нормах цельного молока с использованием L-лизина

Показатели	Группы		
	Контрольная	I опытная	II опытная
Живой вес, кг:			
в начале опыта	42,0	42,1	42,0
в 3-месячном возрасте	84,0	75,6	81,4
в 6-месячном »	145,0	133,5	142,0
Привес при выращивании, кг:			
до 3-месячного возраста	42,0 ± 1,86	33,5 ± 1,27	39,4 ± 1,34
то же в % к контролю	100	80	93
до 6-месячного возраста	103,0 ± 2,85	91,4 ± 3,31	100 ± 0,26
то же в % к контролю	100	88,7	97,0
Затраты кормов на 1 кг привеса при выращивании телят до 3-месячного возраста:			
кормовых единиц	5,1	6,3	5,4
переваримого протеина, г	584,0	695,0	624,0
Переваримость, %:			
органического вещества	72,0	68,4	72,4
протеина	72,6	64,5	69,0
жира	87,3	84,7	86,0
клетчатки	50,6	50,1	56,0
Использовано азота, % от принятого	35,6	29,2	32,6
Прибыль или убыток при выращивании теленка до 6-месячного возраста в сравнении с контролем, руб.	—	-4,66	+7,62

табл. 68. Во втором и третьем опытах, проводимых под нашим руководством аспирантом В. Ф. Васильевым, уровень цельного молока в опытных группах телят снижали с 250 кг до 125, а обрата — с 500 до 300 кг. Опыты проводились по следующей схеме кормления. Первая группа (контрольная) — 250 кг цельного молока и 500 кг обрата. Вторая группа (опытная) — 125 кг цельного молока и 300 кг обрата с добавлением жира до уровня I группы. Третья группа получала то же, что и вторая с добавлением L-лизина и DL-метионина до уровня I группы.

Таблица 69

Эффективность добавок синтетических аминокислот в рационы телят при выращивании на пониженных нормах молочных кормов

Показатели	Опыт второй			Опыт третий		
	Группы					
	I	II	III	I	II	III
Живой вес, кг:						
при рождении	28,4	27,9	28,8	28,0	27,4	28,0
в возрасте 100 дней	114,8	108,3	114,5	113,2	104,3	112,4
в возрасте 180 »	176,8	167,1	178,6	—	—	—
Среднесуточный привес, г:						
за 100 дней	864	804	858	852	769	844
то же в % к I группе	100	93	99,3	100	90,2	99,0
за опыт	824,4	773,3	831,6	—	—	—
то же в % к I группе	100	93,8	100,8	—	—	—
Затраты кормов на 1 кг привеса:						
за молочный период кормовых единиц	2,99	2,97	2,80	3,04	3,29	2,88
переваримого протеина, г	404,7	392,7	369,9	416,9	399,7	370,9
за опыт кормовых единиц	3,85	3,98	3,71	—	—	—
переваримого протеина, г	475,0	482,6	447,9	—	—	—
Переваримость, % в возрасте 80—95 дней:						
органического вещества	71,7	74,5	74,5	72,3	72,5	75,4
протеина	70,1	70,3	73,3	71,8	68,9	69,9
жира	51,3	55,1	56,4	48,8	62,4	61,2
клетчатки	50,9	51,1	51,0	36,6	40,1	42,5
Использовано азота, % от принятого	43,1	42,4	47,9	45,7	44,4	46,5
Прибыль от реализации одного теленка по сравнению с I группой, руб.	—	12,18	20,33	—	14,19	17,1

Во втором опыте телят выращивали до 6-месячного возраста, в третьем — до 3-месячного. L-лизин и DL-метионин вводили в состав комбикорма-добавки (овсяная мука 17,6%, ячменная мука 51,6, льняной шрот 17,6, травяная мука 2,4, кормовые дрожжи 2,4, обесфторенный фосфат 1,8, соль 0,6%) в количестве 1,6 и 0,4% от сырого протеина соответственно.

Показатели роста, оплаты корма, переваримости и использования питательных веществ (табл. 69) убедительно свидетельствуют о высокой эффективности добавок синтетических аминокислот в рационы телят-молочников.

Таким образом, обзор литературных данных и материалы наших исследований свидетельствуют о значительных перспективах в использовании синтетических аминокислот в кормлении жвачных. Несомненно, заслуживает внимания организация производства заменителей цельного молока и комбикормов-добавок для телят-молочников с использованием лизина и метионина. Это позволит значительно сократить расход молочных продуктов на нужды животноводства.

Таблица 70

Содержание амидов в некоторых кормах,
используемых для кормления животных

Глава V.

АМИДЫ КОРМОВ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ АЗОТИСТЫЕ ВЕЩЕСТВА В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Амиды кормов в питании животных

Проблема использования амидов с давних пор привлекала внимание ученых. Наличие в кормах аммиачных солей, алкалоидов и глукозидов, солей азотистой кислоты и соединений, относящихся к группе амидов, было установлено давно, однако их значение в питании животных стало известно только не более полувека назад.

Высказывались мнения (Кельнер, 1933), что амиды не имеют питательной ценности, и поэтому протеиновую питательность кормов рассчитывали только по содержанию белка (Кельнер, Армсби, Мольгерд).

В нашей стране до 1958 г. также пользовались кормовыми таблицами, составленными И. С. Поповым (1957), в которых потребность животных выражалась в переваримом белке. Современное состояние науки позволило более глубоко изучить группу амидов кормов и установить их влияние на организм. Теперь известно, что в состав амидов входят нитриты, аммиачные соли, амиды аминокислот и свободные аминокислоты. К этой группе относятся также производные пурина (ксантин, гуанин, мочевая кислота), азотистые экстрактивные вещества (креатин, креатинин, бетанин), алкалоиды люпинов (люпинин и d-люпинин).

Большое количество амидов содержится в молодых растениях, корнеплодах, силюсе (табл. 70). В зависимости от фазы вегетации в разных растениях может содержаться небелкового азота от 10 до 45% от общего азота. По данным Розова (1939), на долю аммиачно-амидного азота приходится от 0,74 до 5,95, а аминокислот — от 5,32 до 19,30%.

Корма	Содержится азота, % в сухом веществе			
	общего	белкового	амидного	амидного, % от общего
<i>Зеленые</i>				
Костер (колошение)	0,688	0,496	0,192	27,9
Кукуруза (кущение)	0,384	0,272	0,112	29,1
Кукуруза (стеблевание)	0,304	0,208	0,096	31,5
Рожь (колошение)	0,512	0,304	0,208	40,6
Клевер красный (стеблевание)	0,656	0,480	0,186	28,4
Клевер красный (бутонизация)	0,608	0,480	0,128	21,0
<i>Грубые</i>				
Сено луговое (среднее)	1,488	1,216	0,272	18,3
Сено тимофеевки луговой	1,425	0,928	0,497	34,1
Сено клевера красного	2,320	1,793	0,527	22,7
Солома овсяная	0,640	0,480	0,160	25,0
Солома ржаная яровая	0,608	0,432	0,176	28,9
<i>Сочные</i>				
Силос кукурузный	0,400	0,272	0,128	32,0
Силос люпиновый	0,512	0,304	0,208	40,6
Свекла кормовая (среднее)	0,240	0,112	0,128	53,3
Свекла сахарная	0,256	0,160	0,096	37,5
Картофель (среднее)	0,288	0,208	0,080	27,8
<i>Концентрированные</i>				
Ячмень (зерно)	1,680	1,488	0,192	11,4
Овес (зерно)	1,712	1,520	0,192	11,2
Пшеница (зерно)	2,352	2,080	0,268	11,4
Горох (зерно)	3,552	3,168	0,384	10,8
Жмыгь льняной	5,296	4,928	0,368	6,9

Из общего количества небелкового азота на долю аммиачно-амидного азота приходится в грубых кормах 17—32%, в картофеле — 8—25, в силюсе — 10—16, в свекле — 9—18%. Остальной азот относится к азоту оснований и свободных аминокислот (М. Ф. Томмэ, А. В. Модянов, 1963).

Вольц в 1920 г. предложил включить группу амидов в протеиновую часть рациона. Однако это предложение было принято только спустя несколько лет. В нашей

стране к новой оценке протеиновой питательности кормов с учетом содержания в них переваримых амидов перешли только в 1958 г., хотя решение было принято уже в 1946 г. в ВИЖе, а затем в 1955 г. 35-м Пленумом ВАСХНИЛ.

Переходу на новую систему оценки протеиновой питательности кормов предшествовали многолетние исследования отечественных и зарубежных авторов, доказавших, значительную роль амидов в питании животных. А. П. Горбачева (1946) установила, что в отдельных кормах более половины азотистых веществ состоит из амидов, а на долю аммиачно-амидных соединений приходится весьма незначительная часть — 1—2% всего протеина.

Максимальное содержание — 9% — аммиачно-амидного азота обнаружено только в одном случае. Основная часть амидов представлена аминокислотами и соединениями, которые могут использоваться животными.

Огромное значение для обоснования необходимости включения амидов в группу протеинов имела разработка теории применения небелковых азотистых соединений в кормлении жвачных животных, в основу которой положена гипотеза бактериального синтеза белка (Цунц, 1891). Небелковые азотистые вещества, согласно этой теории, жвачные используют через симбиотическую активность микроорганизмов рубца. Однако амиды кормов, поскольку они содержат свободные аминокислоты, имеют значение не только для жвачных, но и для моногастрических животных. Факт использования свободных аминокислот непосредственно для синтеза белка тканей у моногастрических животных бесспорный. Таким образом, вопрос об использовании амидов кормов сельскохозяйственными животными в настоящее время не вызывает сомнений и считается научно обоснованным.

Разработка теоретических вопросов использования амидов кормов в питании животных имела большое практическое значение для широкого применения в практике кормления синтетических небелковых азотистых соединений, являющихся существенными восполнителями кормового протеина.

Синтетические небелковые азотистые соединения в рационах сельскохозяйственных животных

Характеристика основных небелковых азотистых соединений и эффективность их использования в кормлении животных. Учеными многих стран мира синтезировано и испытано большое количество разнообразных небелковых соединений. Эффективность некоторых из них оказалась весьма высокой, другие же были признаны не-пригодными для скармливания животным. Наибольшее применение в практике кормления получили карбамид, аммонийные соли (сернокислые, углекислые, уксусно-кислые, молочнокислые и др.), биурет и некоторые другие.

Карбамид $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$ — белый кристаллический порошок, содержащий 44—46% азота. Высокое содержание азота и нейтральная реакция карбамида позволяют широко применять его в кормлении жвачных. Азот карбамида используется организмом только в результате сложных биохимических и биологических превращений. Скармленный вместе с богатыми сахаром и крахмалом кормами жвачным животным карбамид распадается в рубце под действием уреазы на CO_2 и NH_3 . Освободившийся аммиак используется микрофлорой рубца для своего роста, частично всасывается в кровь и выводится из организма по схеме, уже описанной выше (см. стр. 49).

Эффективность использования карбамида в кормлении крупного рогатого скота и овец доказана многочисленными исследованиями, проведенными в нашей стране (И. С. Попов и др., 1932, 1946, 1957; М. Ф. Томмэ, 1960; Н. А. Шманенков, 1960; В. А. Сапунов, 1961; И. К. Слесарев и др., 1964) и за рубежом (Voltz, 1920; Nehring, Schram, 1943; Hamilton a. o., 1948).

В результате многолетних исследований в БелНИИЖе (В. А. Сапунов, 1961; И. К. Слесарев, Г. И. Кветковский, 1970) установлено, что правильное использование карбамида в низкобелковых рационах повышает продуктивность животных и снижает затраты кормов от 70 до 500 корм. ед. на 1 ц привеса. Производственные и опытные данные, накопленные в Белоруссии за последние 12 лет, подтверждают положительное действие карбамида при скармливании его жвачным животным. На

Таблица 71

Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов с добавлением карбамида

Показатели	Группы		
	I ОР (протеин по нормам ВИЖ)	II ОР (протеина на 20% ниже норм ВИЖа)	III ОР (протеина на 20% выше норм ВИЖа + карбамида)
Сухое вещество	74,5	72,2	75,0
Органическое вещество	77,5	76,2	77,7
Протеин	66,9	58,4	69,9
Жир	67,9	58,1	65,4
Клетчатка	53,9	54,7	54,4
БЭВ	89,8	85,6	86,4
Баланс азота	+64	+48	+69

лой соды, а затем обрызгивают концентраты из распылителя.

Хорошие результаты дает карбамид при скармливании его в смеси с мелассой, как это практикуется, например, в колхозе им. Адама Мицкевича Мостовского района Гродненской области. Готовится такая смесь по следующему рецепту: мелассы — 100 кг, горячей воды — 100, карбамида — 15—18 кг, хлористого кобальта — 18 г, витаминизированного рыбьего жира — 500—600 г.

В исследованиях Оуэна (Owen, 1971) положительные результаты получены при скармливании коровам смеси карбамида с желатинизированным зерном или с обезвоженной гранулированной люцерной. Заслуживают внимания также и другие способы использования карбамида (обогащение им жома, силюса при его закладке в емкости, химико-биологическая обработка соломы).

В результате значительных количеств исследований по изучению оптимальных норм карбамида в рационах жвачных большинство авторов сходятся на том, что для практических целей рекомендуется скармливать такое количество карбамида, которое может вместить 30% протеина рациона.

В БелНИИЖе (И. К. Слесарев, Г. И. Кветковский, 1970) установлено, что крупному рогатому скоту и овцам следует начинать скармливать карбамид с 6-месяч-

1 кг препарата, скормленного крупному рогатому скоту, получают от 2 до 3 кг привеса или 10—17 кг молока.

Скармливание карбамида высокоэффективно в случае соблюдения необходимых условий: 1) обеспеченности рационов энергией, минеральными веществами, витаминами и легкоусвояемыми углеводами; 2) тщательности перемешивания карбамида с кормовой смесью; 3) равномерного скармливания карбамида жвачным в течение суток (не менее двух раз); 4) постепенного привлечения животных к потреблению карбамида; 5) соблюдения норм скармливания карбамида животным и соотношения белкового и небелкового азота в рационе.

Эффективность использования карбамида в кормовом рационе, как это установлено многими исследованиями, меняется в зависимости от уровня и вида углеводов, содержащихся в кормах. Так, Virtanen (1966) считает, что на 100 г карбамида корова должна получить около 1 кг легкогидролизуемых углеводов, причем около 2/3 этого количества должен составлять крахмал.

Лучший эффект достигается при скармливании карбамида на фоне рационов, содержащих корnekлубнеплоды силюс, патоку, зерно злаковых, богатых легкопреваримыми углеводами. Такой рацион способствует не только лучшему использованию азота карбамида, но одновременно повышает переваримость всех других питательных веществ кормовой смеси.

В табл. 71 приведены полученные в опытах В. М. Щербакова (1967) коэффициенты переваримости питательных веществ у коров, которым скармливали рационы с карбамидом и без него. Из всех рекомендуемых в настоящее время способов скармливания карбамида наиболее эффективным считается включать его в состав концентратной смеси или в полнорационные комбикорма.

Как установлено в исследованиях И. К. Слесарева и сотр. (1970), хорошая концентратная смесь с карбамидом такая, в состав которой входит ячменная дерьма около 50%. В такую смесь рационально вводить обесфторенный фосфат или костную муку, динаммонийfosfат до 30%, поваренную соль — 1%. На 1 т концентратно-карбамидной смеси добавляется 75 г сернокислого марганца, столько же сернокислой меди, 20 г хлористого кобальта, 0,4 г йодистого калия. Йодистый калий предварительно растворяют в 1—2%-ном растворе двууглекис-

ного возраста: животным весом от 140 до 220 кг — по 50—70 г на голову, от 250 до 300 кг — 30—90 г, от 350 до 400 кг — 80—100 г; овцам — 8—12 г на голову в сутки, или 0,25—0,30 г на 1 кг живого веса.

Очень важно для улучшения использования азота небелковых соединений животными установить правильное соотношение белкового и небелкового азота в рационе.

По данным А. Д. Синещекова (1967), оптимальным соотношением белкового и небелкового азота в рационах, обеспечивающим наибольшее использование азота карбамида, является 2:1—3:1, а по данным А. А. Алиева (1966) — 1,5:1 с колебанием от 1,3:1 до 2,1:1.

В большинстве опытов положительные результаты от скармливания карбамида были получены при соотношении 60% белкового азота и 40% небелкового азота в рационах. По-видимому, такое соотношение можно принять за основу в практике кормления впредь до окончательного выяснения этого вопроса.

Аммонийные соли (сульфаты, хлориды, уксуснокислый и молочнокислый карбонаты, муравьинокислый аммоний и др.) могут восполнить протеиновую недостаточность рационов сельскохозяйственных животных. Используются они жвачными посредством бактериального синтеза по аналогии с карбамидом. В практике аммонийными солями обогащаются силосы, концентратные смеси, обрабатывается солома и зеленая масса при силосовании.

Одним из распространенных аммонийных соединений является бикарбонат аммония (NH_4HCO_3). Это белый кристаллический порошок, содержащий 17—20% азота. Соединение не очень стойкое — при 10° на сухом воздухе через 5 дней из него улетучивается 0,58%, при 30° — 10,6% азота. На влажном воздухе бикарбонат аммония быстро разлагается на углекислый газ и воду.

Положительные результаты получены при скармливании бикарбоната аммония животным в смеси с кислым силосом и силосованным жомом (Ehgenberg и др., 1936; Jahn, 1960; Д. Величко, 1960), с концентратами (И. И. Хуцишвили и др., 1963).

Производственными опытами было установлено, что 1 кг бикарбоната аммония обеспечивает прибавку 4 кг молока или 0,9 кг мяса в живом весе. Азот этого соеди-

нения используется наравне с азотом карбамида (И. И. Хуцишвили и др., 1963).

Рекомендуется скармливать бикарбоната аммония на голову в сутки: коровам 200—250 г, молодняку крупного рогатого скота старше 1 года 150—200 г, молодняку в возрасте от 6 месяцев до года 100—120 г, овцам взрослым — 20—25 г. При силосовании добавляется 0,5—1% бикарбоната аммония на тонну свежей массы.

Определенный практический интерес представляет использование в кормлении жвачных сернокислого аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), который содержит 21,21% азота, хорошо растворяется в воде (в 100 частях воды при 20° растворяется 75,4 г, при 100° — 103,3 г).

В исследованиях по изучению эффективности сернокислого аммония были получены положительные результаты как при скармливании его непосредственно в рационах, так и при добавлении в силосуемую массу (К. И. Вересенко, 1958; М. Ф. Гулый, 1955; В. П. Гальцева, Р. Б. Давыдов, 1963; В. А. Сапунов, 1963).

Хорошие результаты дает комплексное обогащение силоса карбамидом и сернокислым аммонием. В. А. Модянов считает, что обогащение силоса азотистыми (0,5—0,6%) и серусодержащими веществами (0,2—0,3%) особенно необходимо для овец. Это подтвердилось в исследованиях А. Г. Козманишвили (1960), который получил доброкачественный силос при внесении в силосуемую массу кукурузы молочно-восковой спелости 0,6 карбамида и 0,3% сернокислого аммония.

В 1 кг такого силоса содержалось 13 г сернокислого аммония, а общее количество серы в сухом веществе повысилось с 0,17 до 0,48%. В опытах на ярках было установлено, что среднесуточное отложение серы увеличилось при скармливании силоса с 0,90 до 1,33 г. Наиболее высокие привесы и настриг шерсти получены от животных, которые потребляли силос с карбамидом и сернокислым аммонием.

Весьма эффективным оказалось использование сернокислого аммония при кормлении коров (С. П. Безенко, 1960; В. А. Сапунов 1963) и молодняка крупного рогатого скота (И. Семак, 1959).

Эффективность комбинированной добавки карбамида и сернокислого аммония в силосуемую массу объясняется тем, что достаточное содержание серы в рационе

очень важно для повышения использования небелкового азота в организме животных. При недостатке в кормах протеина, как правило, отмечается и недостаток серы. Кислотный остаток аммонийных солей в силосе уменьшает щелочное действие карбамида. Есть предположение, что сернокислый аммоний тормозит распад белкового азота, поэтому процесс дезаминирования в силосуемой массе уменьшается в 1,5—2 раза (Л. Д. Ильина, 1959).

Во многих исследованиях получены хорошие результаты использования в качестве восполнителя кормового протеина *углекислого аммония* $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. В исследованиях БелНИИЖА (В. А. Сапунов, 1963) углекислый аммоний вводили при силосовании вареного картофеля из расчета 0,75 г азота на 1 кг. Силос получился хорошего качества.

В опытах Н. И. Риза-Заде (1962) испытывался карбонат аммония, полученный из отходов спиртовой промышленности. Замена 20—25% кормового протеина азотом карбоната аммония оказалась возможной при откорме молодняка крупного рогатого скота.

Заслуживает внимания использование в кормлении жвачных одно- и двухзамещенного фосфорнокислого аммония как источника азота и фосфора. К сожалению, производство его еще отстает от запросов.

Другие аммонийные соединения (хлористый аммоний, уксуснокислый, молочнокислый, лимоннокислый, муратынокислый), хотя и показали в ряде опытов обнадеживающие результаты (И. К. Слесарев, 1962; К. Неринг, 1959; В. Н. Китаев, 1931 и др.), однако в практике не получили распространения из-за сравнительно невысокого содержания в них азота, а также трудностей при производстве и скармливании их животным.

В последние годы за рубежом испытан ряд новых небелковых азотистых соединений (биурет, дициандиамид креатин, урамит и др.). Использование их в практике пока сдерживается недостаточным производством.

Аммонизация кормов. Большое практическое значение для восполнения дефицита кормового протеина имеет аммонизация кормов водным раствором амиака. Особенно хорошие результаты получаются при аммонизации отходов свеклосахарного производства — жома, мелассы.

При аммонизации жома азот очень прочно связывается и в то же время хорошо растворяется в воде. Аммонизированный жом отличается хорошими вкусовыми качествами и охотно поедается жвачными. По результатам многих опытов, скармливание аммонизированного сухого жома обеспечивает экономию до 65% концентрированных кормов и около 30—35% кормового протеина.

Во многих колхозах и совхозах страны широкое распространение получил способ обработки соломы амиаком, предложенный Всесоюзным научно-исследовательским институтом кормов (С. Я. Зафрен, 1959, 1961). Обработанная аммиачной водой солома обогащается протеином, хорошо поедается и переваривается животными. На каждый центнер соломы рекомендуется вносить следующие количества аммиачной воды в зависимости от ее концентрации.

Концентрация аммиачной воды, %	Норма раствора на 1 солому, л
25,0	12,0
22,5	13,4
20,0	15,0
17,5	17,0
15,0	20,0

Во избежание чрезмерного увлажнения соломы аммиачную воду при концентрации ниже 15% применять не следует.

Питательность 1 кг обработанной соломы возрастает до 0,40—0,55 корм. ед., а количества переваримого протеина — до 25—30 г.

Положительные результаты получены также при скармливании коровам и молодняку крупного рогатого скота аммонизированного силоса (С. Я. Зафрен, 1962; И. Н. Галинач, 1962).

Небелковые азотистые вещества в рационах нежвачных животных и птиц

При кормлении моногастрических животных добавки небелковых азотистых соединений, как правило, не давали положительных результатов (К. Неринг, 1959; Braude a. o., 1942; Hanson a. o., 1957). Однако имеются

сведения о том, что азот небелковых соединений вступает в обмен и используется свиньями (Lin a. o., 1955; A. N. Кошаров, 1971), кроликами (Olcese a. o., 1948), птицей (Chaver a. o., 1966) и другими животными с однокамерным желудком (Н. А. Шманенков, 1960).

Grimson (1971) при использовании карбамида в рационах свиней наблюдал повышение усвоения азота корма.

В опытах А. Н. Кошарова (1972) включение в рацион откармливаемых свиней 15 г диаммонийфосфата на голову в сутки обеспечило увеличение привесов по сравнению с контрольной группой на 66 г (548 г против 482 г в контроле). Автор считает, что применять диаммонийфосфат целесообразно только в первый период откорма свиней до достижения ими живого веса 90—93 кг. В последующий период добавление не дало положительных результатов и даже снизило привесы.

Этим же автором с помощью применения меченого стабильным изотопом N^{15} доказано вовлечение в белковый обмен небелкового азота в организме птицы. В одном из опытов на цыплятах белый плимутрок было сформировано 8 групп по 108 голов в каждой. Цыплята I группы (отрицательный контроль) получали рацион, содержащий 18,6% протеина, II (положительный контроль) — 21,7% за счет включения рыбной муки, подсолнечникового шрота и сухого обрата. В рационах цыплят опытных групп разница в содержании протеина компенсировалась добавлением к рациону, содержащему 18,6% протеина, солей аммония в количествах, эквивалентных 4,6%, 9,2 или 13,8% протеина рациона, а соотношение незаменимого азота к заменимому составляло в I группе 1,73, во II — 1,78, в III — 1,27, IV — 1,51, V — 1,28, VI — 1,46, VII — 1,36 и в VIII — 1,10. Интенсивность роста и среднесуточные привесы цыплят всех подопытных групп были выше, чем у цыплят первой контрольной группы, что, по заключению автора, свидетельствовало о положительном влиянии азотсодержащих добавок на рост цыплят. Лучший результат по среднесуточному привесу (30,8 г против 25,0 г в контроле) получен в III группе, где 9,2% протеина рациона замещалось диаммонийфосфатом.

В опытах на курах-несушках повышалась яйценоскость при добавлении в низкопротеиновый рацион, сба-

лансируенный по аминокислотам (12,75% протеина), диаммонийцитрата (Chaver a. o., 1966). Средняя яйценоскость кур увеличилась с 65,2 до 68,8%. В этих же опытах эффективной оказалась также (яйценоскость кур увеличилась с 56,1 до 61,0%) добавка в рацион кур диаммонийфосфата.

Дальнейшие исследования позволят более детально выяснить механизм использования небелкового азота в организме и целесообразность его применения в практике кормления нежвачных животных и птицы. Положительное решение этого вопроса будет иметь большое практическое значение в решении проблемы кормового протеина.

Теоретическая и практическая разработка вопросов использования небелковых азотистых соединений в кормлении сельскохозяйственных животных, несомненно, является одной из наиболее важных проблем современности, успешное решение которой обеспечит возможность значительного увеличения производства продуктов животноводства — важнейших источников полноценного питания населения нашей страны.

Л и т е р а т у р а
(сокращенный список)

1. Алиев А. А. Труды ВНИИФиБ сельскохозяйственных животных, т. 3, 1963.
2. Альтшулер А. М. и др. Сб. «Растительные белковые корма» (под редакцией проф. А. С. Солуна). М., «Колос», 1965.
3. Айзинбудас Л. Б. и др. Сб. «Физиологические и биохимические основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных». М., «Колос», 1966.
4. Агафонова В. Н., Дударевич Г. Ф. «Свиноводство», 1968, № 11.
5. Атражева Т. А. Международный симпозиум «Аминокислоты в животноводстве». Калуга, 1971.
6. Богданов Г. А. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных» (под ред. проф. А. П. Дмитриченко). М., «Колос», 1966.
7. Букин В. Н., Водолазская Н. А. «Биохимия», т. 15, вып. 1, 1950.
8. Букин В. Н. Сб. «Белки в промышленности и сельском хозяйстве». М., 1952.
9. Браунштейн А. Е. Доклады Академии наук, т. 65, 1950.
10. Браунштейн А. Е. «Вопросы питания», 1957, № 5.
11. Будыка И. Х. «Сельское хозяйство Поволжья», 1957, № 9.
12. Бондарев Ю. Ф. «Животноводство», 1960, № 12.
13. Беккер Д. Е. и др. Сбалансированные рационы для свиней. М., 1964.
14. Бекер В. Ф., Бекер М. Е. «Известия АН Латвийской ССР», 1966, № 10.

15. Берзинь Я. М., Захарченко И. М. Труды ВНИИКП, вып. 1. М., 1970.
16. Бессонова А. С. Сб. «Кормление и физиология сельскохозяйственных животных», М., 1967.
17. Безенко С. П. «Животноводство», 1960, № 9.
18. Баканов В. Н., Овсищер Б. Р. «Известия ТСХА», 1968, № 4.
19. Величко Д. И. «Животноводство», 1960, № 9.
20. Венкстерн Т. В. «Животноводство», 1960, № 9.
21. Василюк Я. В. Сб. «Научные основы развития животноводства в Белоруссии», вып. 2, 1972.
22. Горбачев А. Н. «Вестник животноводства», вып. 4, 1946.
23. Горбачев А. Н. «Советская зоотехния», 1950, № 8.
24. Гальцева В. П., Давидов Р. Б. Сб. «Карбамид в кормлении животных». М., 1963.
25. Градусов Ю. Н. Аминокислотное питание свиней. «Колос», 1968.
26. Григорьев Н. Г., Шманенков Н. А. Труды ВНИИФиБ сельскохозяйственных животных, т. 2, 1965.
27. Григорьев Н. Г., Попов В. В. Сб. «Биологические основы рационального аминокислотного питания сельскохозяйственных животных». М., 1967.
28. Григорьев Н. Г., Попов В. В. «Сельское хозяйство за рубежом (животноводство)», 1967, № 4.
29. Горожанкина Л. А. «Вопросы питания», 1968, № 5.
30. Дыман В. К. «Известия ТСХА», 1953, № 3.
31. Дыман В. К. «Птицеводство», 1963, № 5.
32. Дьюэл Т. Сб. «Белки и аминокислоты в питании человека и животных», ИИЛ, 1952.
33. Дмитриченко А. П. и др. Кормление сельскохозяйственных животных. Записки Ленинградского СХИ, т. 147, 1969.
34. Дмитриченко А. П. Сб. «Растительные белки и их использование в кормлении сельскохозяйственных животных». Л., 1964.
35. Даниленко И. А., Богданов Г. А. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы», М., 1963.
36. Демченко П. В. «Животноводство», 1963, № 3.
37. Докторович М. А. «Свиноводство», 1966, № 1.

38. Дударевич Г. Ф. Автореферат дисс., Горки, 1971.
39. Емельянов А. С. Система кормовых рационов для кормления молочных коров. Вологда, 1948.
40. Емельянов А. С. и др. Международный симпозиум «Аминокислоты в животноводстве». Калуга, 1971.
41. Елисеев И. Г. «Свиноводство», 1959, № 9.
42. Елпатьевский Д. В., Жарков И. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1961, № 3.
43. Елпатьевский Д. В. Труды Саратовского зооветеринарного института, т. XI, Саратов, 1962.
44. Жеребцов П. И., Серых М. М. Регуляция обмена тепла и других функций у сельскохозяйственных животных в условиях высоких температур. Краснодар, 1960.
45. Жеребцов П. И. и др. Обмен и биосинтез белка. М., «Колос», 1968.
46. Зафрен С. Я. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 8, 1959.
47. Зорин А. М. «Животноводство», 1956, № 3.
48. Ильин Н. М. «Химия в сельском хозяйстве», 1967, № 6.
49. Имбс Б. Г., Злыднев Н. З. «Овцеводство», 1970, № 12.
50. Красницкий А. В. Физиология пищеварения у свиней. М., 1951.
51. Калашников А. П. и др. Труды НИИК сельскохозяйственных животных, т. 2, 1954.
52. Книга М. И. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 2, 1959.
53. Куна Т. Кормление свиней. М., 1961.
54. Кайрис А. С. Сб. «Пищеварение и обмен веществ у свиней». Труды ВАСХНИЛ. М., 1971.
55. Ковалев Н. Ф. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных», вып. 6, Л.—М., 1965.
56. Клаузен Х. «Сельское хозяйство за рубежом (животноводство)», 1965, № 9.
57. Кремер Ю. Н. Биохимия белкового питания. Рига, «Знание», 1965.
58. Кугенев П. В. «Известия ТСХА», 1960, № 5.
59. Кревенс У. С. В кн.: «Растительные белковые корма». М., «Колос», 1965.
60. Кошаров А. Н. Международный симпозиум «Аминокислоты в животноводстве» (тезисы докладов). Калуга, 1971.
61. Крылов В. М. и др. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных». Л., «Колос», 1966.
62. Козел В. «Международный сельскохозяйственный журнал», 1966, № 2.
63. Купина Л. Я. Материалы Всесоюзных совещаний и конференций, вып. I. М., 1968.
64. Курилов Н. В., Кроткова А. П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., «Колос», 1971.
65. Кремптон Э. У., Харрис Л. Э. Практика кормления сельскохозяйственных животных. М., «Колос», 1972.
66. Лемеш В. Ф. и др. Аминокислотный состав протеина кормов. Минск, «Урожай», 1971.
67. Лобин Н. В. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы». М., 1963.
68. Лукашик Н. А. и др. «Известия ТСХА», вып. I, 1965.
69. Милованов В. К. Биология воспроизведения и искусственное осеменение животных. М., Изд. сельскохозяйственной литературы, 1962.
70. Майстер А. Биохимия аминокислот. ИИЛ, М., 1961.
71. Мороз З. М. и др. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных», вып. 6. Л., «Колос», 1965.
72. Мюллер З. «Международный сельскохозяйственный журнал», 1966, № 6.
73. Марнов Д. И. Балансирование рационов и комбикормов по аминокислотам. М., 1967.
74. Махаев Е. А. «Свиноводство», 1967, № 6.
75. Мелехин Г. П. Рациональное кормление и содержание сельскохозяйственных животных и птицы. Труды БелНИИЖ, т. 8. Минск, «Урожай», 1969.
76. Нагорская Е. Д. и др. В кн.: «Разведение, кормление и содержание сельскохозяйственных животных». Минск, «Урожай», 1968.
77. Овсянников А. И. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы». М., 1963.
78. Омельченко И. П., Сидун М. И. Доклады ВАСХНИЛ, 1970, № 1.
79. Позомантир Д. Д. «Вестник сельскохозяйственной науки (животноводство)». 1940, № 4.
80. Попов И. С. и др. «Проблемы животноводства», 1932, № 11, 12.
81. Попов И. С. «Известия ТСХА», 1957, № 2; 1959, № 1.

82. Попов И. С. «Животноводство», 1959, № 8; 1960, № 8, 1961, № 3; 1963, № 1.
83. Попов И. С., Щеглов В. В. «Известия ТСХА», 1960, № 4.
84. Попов И. С. и др. «Известия ТСХА», вып. 6 и 2, 1964.
85. Прянишников Н. Д. Успехи зоотехнической науки, т. 1, вып. 2, 1935.
86. Прево А. А. «Сельское хозяйство за рубежом (животноводство)», 1962, № 9.
87. Патрик И. А. «Птицеводство», 1963, № 5.
88. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений, «Колос», 1969.
89. Палфий Ф. Ю. «Животноводство», 1963, № 7.
90. Попехина П. С. Кормление свиней, М., «Колос», 1967.
91. Плотников В. П. «Химия в сельском хозяйстве», 1966, № 6.
92. Романов М. П. Доклады ТСХА, вып. 78, 1962.
93. Ростовцев Н. Ф. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы», Изд. сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. М., 1963.
94. Рядчиков В. Г. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы». М., 1963.
95. Рядчиков В. Г. Доклады ТСХА, 1963, № 90.
96. Риба Е. Л. «Свиноводство», 1968, № 10.
97. Росляков А. К. Онгарбаев Т. Труды Алма-Атинского ветеринарного института, т. 15, вып. 3, 1968.
98. Слесарев И. К. «Вестник сельскохозяйственной науки», 1962, № 2.
99. Слесарев И. К. и др. «Известия АН БССР» (серия «Сельскохозяйственные науки»), 1964, № 1.
100. Солун А. С. Полноценное кормление молочных коров. М., Сельхозгиз, 1958.
101. Солун А. С. «Животноводство», 1960, № 3; 1962, № 11.
102. Солун А. С. Сб. «Аминокислотное питание свиней и птицы». М., 1963.
103. Солнцев К. М. Химия в животноводстве. Минск, «Урожай», 1964.
104. Солнцев К. М. Сб. «Химизация животноводства». Минск, 1965.
105. Солнцев К. М., Семенова Э. Н. Труды БелНИИЖ, т. 6. Минск, 1968.
106. Смирнова-Иконникова М. И., Глаголева Т. А. «Сборник работ по кормлению сельскохозяйственных животных». Гос. изд. сельскохозяйственной литературы. М—Л., 1954.
107. Санунов В. А. Сб. «Карбамид в кормлении жвачных животных». Сельхозгиз, 1963.
108. Скоробогатых Н. Н. Доклады ТСХА, вып. 65, 1961.
109. Свечин К. Б. и др. Возрастная физиология животных. М., «Колос», 1967.
110. Степурин Г. Ф. Сб. «Синтетические азотистые препараты в животноводстве». М., 1967.
111. Степурин Г. Ф. Труды Кишиневского СХИ, т. 58, 1969.
112. Савельев И. К. «Животноводство», 1964, № 11.
113. Синещеков А. Д. Биология питания сельскохозяйственных животных. М., «Колос», 1965.
114. Синещеков А. Д. Сб. «Интенсивное выращивание поросят». М., «Колос», 1966.
115. Скоркин Г. К. «Свиноводство», 1965, № 7.
116. Смирнов А. Н., Крылов В. М. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных», т. 147. М., 1969.
117. Стокс Дж. Л. Кн.: «Растительные белковые корма» (под редакцией проф. А. С. Солуна). М., «Колос», 1965.
118. Томмэ М. Ф., Модянов А. В. Заменители кормового протеина. М., 1963.
119. Томмэ М. Ф. Сб. «Синтетические азотистые препараты в животноводстве». М., 1967.
120. Тхакахов Х. Х. Доклады ТСХА, вып. 65, 1961.
121. Тащилин В. А. IX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (секция животноводства), № 3, 1965.
122. Ткачев И. Ф. Сб. «Кормление сельскохозяйственных животных», вып. 7. Л., 1966.
123. Ткачев И. Ф., Савенко В. Г. Труды Кубанского СХИ, вып. 50 (78). Краснодар, 1972.
124. Тонкаль Е. А., Наумова Е. П. «Химия в сельском хозяйстве», 1965, № 3.
125. Уголев А. М. Физиология и патология пристеночного пищеварения. Л., «Наука», 1967.

126. Феактистов Л. И. Сборник работ НИИ сельского хозяйства черноземной полосы им. Докучаева, 1959.
127. Филлипович Э. Г. «Животноводство», 1965, № 12.
128. Файтельберг Р. О. Всасывание углеводов, белков и жиров в кишечнике. Л., «Наука», 1967.
129. Фаритов Т. А. «Свиноводство», 1968, № 9.
130. Холмс П. и др. «Сельское хозяйство за рубежом (животноводство)», 1957, № 12.
131. Харпер А. Е., Кумта Ю. С. Сб. «Новое в кормлении сельскохозяйственных животных», т. 4, 1962.
132. Хенning А. и др. «Международный сельскохозяйственный журнал», 1963, № 2.
133. Шишкова-Касаточкина О. А. «Вопросы питания», 1964, № 6; 1968, № 1.
134. Шманенков Н. А. Использование мочевины в животноводстве. М., Сельхозгиз, 1960.
135. Шманенков Н. А. Труды ВНИИФиБ сельскохозяйственных животных, т. 4, 1967.
136. Шманенков Н. А., Кошаров А. Н. «Сельскохозяйственная биология», т. 11, № 6, 1967.
137. Шманенков Н. А. Аминокислоты в кормлении животных. М., «Колос», 1970.
138. Щеглов В. В. Доклады ТСХА, вып. 51, 1960.
139. Щеглов В. В. Белковое кормление свиней. Минск, «Урожай», 1965.
140. Щеглов В. В., Фицев А. И. Аминокислотное питание свиней. Минск, «Урожай», 1966.
141. Щеглов В. В., Давыденко К. Я. Труды БелНИИЖ, т. 6. Минск, 1968; т. 8, 1969.
142. Щеглов В. В., Курило Д. И. Материалы конференции по биологии размножения и искусственного осеменения сельскохозяйственных животных. Минск, 1969.
143. Щеглов В. В. «Сельскохозяйственная биология», т. V, 1970, № 3.
144. Щеглов В. В. «Пищеварение и обмен веществ у свиней». — В кн.: Научные труды ВАСХНИЛ. М., 1971.
145. Щеглов В. В. Сб. «Лизин — получение и применение в животноводстве». М., «Наука», 1973.
146. Яров И. И. «Химия в сельском хозяйстве», 1967, № 1.
147. Яганшин В. М., Позомантир Д. Д. «Известия ТСХА», 1968, № 4.
148. Almquist H. J.—Feedstuff, 26, 2, 1954.
149. Albanese H. J.—Arch. Biochem. a. Biophys: 48: 482, 1954.
150. Allison J. B. Physiol. Rev., 33: 664, 1955.
151. Beeson W. M. a. o.—Scianse, 107, 599, 1948.
152. Beeson W. M. a. o.—J. Anim. Sci, 8, 4: 532, 1949.
153. Blaxter K. L.—J. Anim. Sci, 7, 3, 1948.
Mitchell H. H. a. o.
154. Braham J. E. a. o.—J. Nutr., 74, 4, 1961.
155. Beacom S. E. a. o.—Nutr. Sci, 45, 3, 419, 1951.
- 156 Becker D. E. a. o.—J. Anim. Sci., 14, 4, 1086, 1955.
157. Brinegar M. J. a. o.—J. Nutr, 42, 129, 1950.
158. Curtin L. W. a. o.—J. Nutr, 48: 499, 1952.
159. Clawson A. L. a. o.—J. Anim. Sci., 15, 1255, 1956.
160. Carpenter K. J.—Biochem J., 7; 604, 1960.
161. Dudley L. a. o.—J. Anim. Sci., 21, 639, 1962.
162. Eggert R. G. a. o.—J. Anim. Sci, 14, 556, 1955.
163. Evans R. E.—J. Agr., 50, 20, 1958.
164. Harper A. E.—Nutr., Rev., 14, 8: 225, 1956.
165. Hutchinson H. D. a. o.—J. Anim. Sci., 16: 558, 1957.
166. Hungate R. E.—The Rumen and its Microbes. New York, 1961.
167. Jarowski C. J.—Feedstuffs, 33, 19: 6, 1961.
168. Jarowski C. J.—Feder. Proc., 20, 1: 4, 1961.
169. Kumta U. S. a. o.—J. Biol. Chem, 223, 6: 1505, 1958.
170. Kropf W. a. o.—J. Anim. Sci. 18, 2, 1959.
171. Long J. L. a. o.—J. Anim Sci., 21, 1004, 1962
172. Leibholz a. o.—J. Anim. Sci., 22, 3, 1963.
173. Lucas E.—J. Anim. Sci., 25, 4, 1966.
174. Moore S., Stein W. H.—J. Biol. Chem, 176, 337, 1948.
175. Mitchel H. H. a. o.—J. Biol. Chem. 163, 599, 1946.
176. Mitchell J. R. a. o. J. Anim, Sci., 23, 4: 1216, 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

177. *Mitchell J. R. a. o.*—*J. Anim. Sci.*, 27, 5: 326, 1968.
 178. *Maner J. H. a. o.*—*J. Anim. Sci.*, 21, 49, 1962.
 179. *Meade R. J.*—*J. Anim. Sci.*, 15, 288, 1955.
 180. *Nielsen H. E. a. o.*—*J. Anim. Sci.*, 20, 4: 454, 1960.
 181. *Nasset E. S.*—*J. Nutr.*, 74, 4: 461, 1961.
 182. *Osborne T. B.*—*J. Biol. Chem.*, 17, 325, 1914.
 183. *Oser R. L.*—*J. Am. Diet. Assoc.*, 27, 396, 1951.
 184. *Pecora L. J. a. o.*—*J. Nutr.*, 44, 1: 101, 1951.
 185. *Poppe S. a. o.*—*Archiv Für Tierernähr*, 18, 5, 1968.
 186. *Puchal a. o.*—*J. Nutr.*, 76, 1: 1, 1962.
 187. *Rose W. G. Physiol. Revs.*, 18, 109, 1938.
 188. *Rosenberg H. R.*—*J. Anim. Sci.*, 14, 4: 1221, 1955.
 189. *Rippon W. P.*—*Brit. J. Nutr.*, 13, 3, 243, 1965.
 190. *Rippel P. H.*—*J. Anim. Sci.*, 24, 1: 203, 1965.
 191. *Richardson L. R.*—*Anim. Sci.*, 24, 2: 368, 1965.
 192. *Robinson D. W.*—*J. Sci. Food Agr.*, 17, 1, 1966.
 193. *Shelton D. E. a. o.*—*Arch. Biochem.*, 29, 1: 446, 1950.
 194. *Salmon W. D.*—*J. Nutr.*, 82, 1: 76, 1964.
 195. *Willcock E. G.*—*J. Physiol.*, 35: 88, 1906.
 Hopkins F. A.
 196. *Woodman H. E.*—*J. Agr. Sci. Camb.* 38, 135, 1948.
 Evans R. E.
 197. *Williams H. H. a. o.*—*J. Biol. Chem.*, 208, 1: 277, 1954.
 198. *Wassermann R.*—*J. Nutr.*, 62, 3, 367, 1957.
 199. *Weller R. A.*—*Austr. J. Biol. Sci.*, 10, 384, 1957.

<i>Введение</i>	3
<i>Глава I. Состав, строение, свойства и функции белков и аминокислот</i>	6
Элементарный состав, функции, свойства и строение белков	6
Аминокислоты белков, их строение, свойства и классификация	9
Определение аминокислот	13
Заменимые и незаменимые аминокислоты, их роль в обмене веществ и значение в питании сельскохозяйственных животных	29
Заменимые аминокислоты	30
Незаменимые аминокислоты	32
Взаимосвязь аминокислот в обмене с витаминами, минеральными и органическими веществами	38
<i>Глава II. Потребность сельскохозяйственных животных в протеине и аминокислотах</i>	43
Особенности превращений белков и небелковых азотистых веществ в пищеварительном тракте животных	45
Биологическая ценность протеина и ее определение	52
Нормирование протеина	60
Определение потребности животных в аминокислотах	64
Потребность в протеине и аминокислотах жвачных животных	73
Потребность в протеине и аминокислотах свиней	85
Потребность в протеине и аминокислотах сельскохозяйственной птицы	103
<i>Глава III. Содержание протеина и аминокислот в кормах и их рациональное использование</i>	109
Аминокислотный состав кормов растительного происхождения	110
Аминокислотный состав кормов животного происхождения	125
Факторы, влияющие на аминокислотный состав кормов	127
Балансирование рационов по аминокислотному составу	139
	205

Техника балансирования аминокислотного состава рационов	151
Глава IV. Синтетические аминокислоты в рационах животных	154
Синтетические аминокислоты в рационах свиней	154
Использование синтетических аминокислот в птицеводстве	174
Синтетические аминокислоты в рационах жвачных	178
Глава V. Амиды кормов и синтетические азотистые вещества в кормлении сельскохозяйственных животных	184
Амиды кормов в питании животных	184
Синтетические небелковые азотистые соединения в рационах сельскохозяйственных животных	187
Небелковые азотистые вещества в рационах нежвачных животных и птиц	193
Литература	196

На русском языке

Владимир Васильевич Щеглов

БЕЛКОВОЕ И АМИНОКИСЛОТНОЕ ПИТАНИЕ
ЖИВОТНЫХ

Редактор О. П. Домашевич

Обложка художника И. И. Владычека

Художественный редактор А. И. Евменов

Технический редактор М. М. Соколовская

Корректоры Р. Я. Лифшиц, З. Я. Дребушевич

АТ 06180. Сдано в набор 30/XI 1973 г. Подписано в печать 6/VII 1974 г. Формат 84×108^{1/2}. Физ. печ. л. 6,5. Усл. печ. л. 10,93. Уч.-изд. л. 10,92. Тираж 8600 экз. Заказ 675. Бумага типогр. № 2. Цена 28 к.
Издательство «Ураджай» Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Минск. Инструментальный пер., 11.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Совета Министров БССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. Минск, Красная, 23.