

Лекция 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРМОВ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

ВОПРОСЫ:

1. Понятие о питательности корма и современная схема зооанализа кормов.
2. Вода и сухое вещество корма.
3. Роль углеводов в питании животных.
4. Липиды и их значение в питании животных.

1. Среди многочисленных условий внешней среды, влияющих на живой организм, на интенсивность и направленность обмена веществ в нем, первостепенная роль принадлежит питанию, другими словами, насколько организм снабжен веществами, обеспечивающими процессы ассимиляции (синтеза). Пища, или корм, представляет собой материал, который после поедания животными может быть переварен и использован. В более широком смысле «пищей» для животных называют кормовые средства. Кормовыми средствами, используемыми для питания сельскохозяйственных животных, служат в большинстве случаев растительные корма. В ограниченных количествах используются животными и корма животного происхождения (КЖП), такие, как рыбная, мясо-костная, мясная, кровяная мука, молоко и продукты его переработки (обрат, сыворотка, пахта).

Растения и животные содержат многие сходные химические элементы. Такие элементы, как углерод, кислород, водород, азот (органогены), составляют основную массу растительного и животного вещества.

Состав тела растений и животных не имеет принципиальных различий по набору элементов, хотя количества их различны. Основу сухого вещества обоих объектов составляют углерод, кислород, водород. Меньше всего среди органогенов содержится азота, хотя именно он играет решающую роль в жизни растений и животных. В растениях содержится примерно в 3 раза меньше азота, чем в организме животного, а он - основной лимитирующий элемент белка. В этом различии по содержанию азота и берет свое начало очень сложная проблема дефицита кормового белка (протеина).

К 60-м годам XIX в. была выяснена роль в питании животных отдельных групп органических, минеральных, биологически активных веществ и разработана схема химического анализа растительных кормов. С 30-х г. XX в. ее называют схемой зоотехнического анализа кормов. В настоящее время детализированная схема с соответствующими дополнениями применяется для анализа растительных и животных продуктов во всех странах мира.

Любой корм содержит воду и сухое вещество. Сухое вещество в свою очередь состоит из органической и неорганической части. В органическую часть корма входят: азотсодержащие вещества (сырой протеин), т.е. белки и амиды, безазотистые вещества (сырой жир и углеводы). Углеводы подразделяются на сырую клетчатку и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)

крахмал и сахара. Неорганическая часть корма (сырая зола) представлена макро-, микроэлементами.

Термин «сырой» означает, что в данной группе содержится не чистое вещество, а и другие сопутствующие соединения, определяемые совместно при проведении анализа по существующим методикам. При анализе продуктов животного происхождения из схемы исключают определение сырой клетчатки, которой нет в теле животного.

2. Вода - главная составная часть содержимого растительной и животной клетки; она служит средой, в которой протекают все обменные процессы. Содержание воды в теле животных изменяется с возрастом. Ее содержание в теле новорожденного колеблется от 75 до 80 %, а у откормленного взрослого животного оно снижается до 50 %. При откорме животных содержание воды в организме быстро уменьшается в результате накопления резервов жира; между содержанием воды и жира в теле животных существует обратная зависимость: чем больше жира, тем меньше воды, и наоборот.

Для жизни организма крайне важно поддерживать определенный уровень воды в теле; от недостатка воды животное может погибнуть скорее, чем от недостатка пищи. Вода в теле выполняет функции растворителя, с ней питательные вещества разносятся по всему телу и продукты распада удаляются из организма. Многие химические реакции, проходящие под действием ферментов, протекают в растворах. В связи с высокой удельной теплоемкостью воды в организме животного могут происходить большие изменения теплопродукции при очень небольших изменениях температуры тела. Вода имеет также высокую скрытую теплоту испарения: ее испарение через легкие и с поверхности кожи играет дополнительную роль в регулировании температуры тела.

Содержание воды в кормах сильно варьирует и может колебаться от 13 % в концентратах до 90 % и более в некоторых корнеплодах. Содержание воды в растениях зависит от фазы вегетации; молодые растения содержат больше воды, чем старые. Чем больше в корме воды и меньше сухого вещества, тем ниже его питательная ценность.

Потребление питьевой воды зависит от видовых и физиологических особенностей домашних животных; свиньи потребляют ее на 1 кг сухого вещества корма 7-8 кг, крупный рогатый скот - 4-7, лошади, овцы и козы - 2-3, куры - 1-1,5 кг. Потребность животных в воде возрастает при повышении температуры внешней среды. Крупный рогатый скот при температуре воздуха 4°C на 1 кг сухого вещества потребляет 3 кг питьевой воды, при 26-27°C - 5,2, а при 32°C - 7,3 кг; высокопродуктивные коровы в жару выпивают 130 л и более воды за сутки. Содержание влаги в кормах определяют в виде процентного уменьшения веса корма, высушенного при 100-105°C до постоянной массы.

Сухое вещество корма разделяют на органические и неорганические вещества, в первых определяют - протеин, жир, клетчатку, безазотистые экстрактивные вещества и отдельные витамины, в других - отдельные элементы

минерального питания животных - кальций, фосфор, магний, железо, медь, кобальт и др. Однако в живых организмах такой четкой границы не существует. Многие органические соединения содержат в качестве структурных компонентов минеральные элементы. Например, все белки содержат серу, а многие жиры и углеводы растений и животных содержат фосфор. Главным компонентом сухого вещества растений являются углеводы, причем это справедливо для всех растений и многих семян: только семена масличных культур составляют исключение - они содержат большие количества белков и липидов в форме жира или масла. Содержание углеводов в теле животных, наоборот, очень низкое. Одной из главных причин этого различия между растениями и животными в содержании углеводов является то, что клеточные стенки растений состоят из углеводов (главным образом целлюлозы), а стенки животных клеток почти полностью построены из белка. Кроме этого, растения запасают энергию в основном в форме углеводов, таких, как крахмал и фруктозаны, а животные - главным образом в форме жира. К органическим веществам в соответствии с принятой схемой зоотехнического анализа кормов относятся: сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка и безазотистые экстрактивные вещества. Сырой протеин состоит из белков и азотистых веществ небелкового характера - амидов.

Белки. По химическому составу белок представляет собой органическое соединение, состоящее из углерода, водорода, азота, кислорода, серы и фосфора. Наиболее характерной особенностью элементарного состава белка является наличие в нем довольно постоянного количества азота.

У молодых растущих растений содержание протеина высокое и снижается по мере созревания. У животных из белка состоят мышцы, ткани, кожа, волосы, перья, шерсть, когти и копыта. Главнейшие представители протеинов - белковые вещества. В сухом веществе животного организма содержится примерно 45 % белков, а в некоторых органах их количество достигает 85 %. В растениях белка значительно меньше и распределен он очень неравномерно. Больше всего белка в семенах, цветах и листьях. В животных и растительных организмах встречается большое число азотистых соединений, которые не могут быть охарактеризованы как белки.

Амиды. В состав протеина кормов растительного и животного происхождения входят такие азотсодержащие небелковые соединения, как амиды. Главные представители амидов в кормах - моноамиды аспарагиновой и глутаминовой кислот, а также диамид углекислоты (мочевина). В зоотехническом понимании эта группа органических и минеральных азотистых соединений, состоящая из свободных аминокислот, амидов аминокислот, солей аммония, нитратов и нитритов. Среди амидов в кормах центральное место принадлежит диамиду угольной кислоты - мочеvine (карбамиду). Она имеется во всех природных кормах, причем больше ее в животных кормах по сравнению с растительными и микробного происхождения. Синтетическую мочеvinу широко используют в кормлении жвачных животных как восполнитель недостающего азота в рационах. Питательная ценность отдельных небелковых форм азотистых соединений для различных видов сельскохозяйст-

венных животных неодинакова. Все виды домашних животных способны использовать непосредственно для своего питания только свободные аминокислоты и амиды аминокислот. Для свиней, птицы и других видов животных с простым желудком аммиачные соли, нитраты и нитриты не могут служить источником азотного питания и, попадая в избыточных количествах в кровь, могут вызвать отравления животных. Опасность неблагоприятного действия аммиачных, нитратных и нитритных форм азота на организм взрослого крупного рогатого скота и овец значительно меньше потому, что эти соединения используют бактерии, поселяющиеся преджелудки, для синтеза белков собственной клетки. Поскольку полипептиды и аминокислоты составляют основу небелковых азотистых соединений и по питательной ценности они близки к белку, то об обеспеченности животных азотсодержащими веществами следует судить по содержанию в кормах сырого протеина.

3. Углеводы. Это обширная группа органических веществ, весьма распространенная во всех природных кормах, особенно в растительных, – различные виды сахаров, крахмал, клетчатка и др. В состав этих веществ, кроме углерода, входят водород и кислород в той же пропорции, что и в воде (H_2O). Отсюда и произошло название – углеводы (углерод и вода).

Углеводы входят в состав животных (около 2 % сухого вещества) и растительных (около 80 %) организмов, выполняя разнообразные функции. Многие углеводы в организме являются источником энергии (глюкоза), служат резервными веществами (крахмал, гликоген). Полисахариды растений (целлюлоза) и некоторых животных (хитин) выполняют скелетные функции. Углеводы в организмах содержатся в свободном виде и в виде компонентов белков, нуклеиновых кислот, липидов и др. соединений.

В кормах имеется большое разнообразие углеводов. В клеточном соке углеводы представлены сахарами, в пластидах – крахмалом, в клеточной оболочке целлюлозой (клетчаткой), гемицеллюлозами и пектиновыми веществами.

Сырая клетчатка – смесь различных веществ: собственно клетчатки – целлюлозы (франц. cellulose, от лат. cellula, букв. – комнатка, клетушка, здесь – клетка), пентозанов, гексозанов, инкрустирующих веществ – лигнина, кутина, суберина. Эта та часть корма, которая остается после последовательного кипячения навески в разбавленной кислоте и щелочи.

Содержание и химический состав сырой клетчатки зависят от возраста растения; в клеточной оболочке молодых растений преобладает целлюлоза, а с возрастом, когда клеточная стенка утолщается, накапливаются лигнин и пентозаны. Клетки различных частей растения деревенеют (лигнифицируются) в неодинаковой степени. Лигнификация растительного материала является физическим барьером, препятствующим воздействию микрофлоры на потенциально переваримую целлюлозу. Наиболее быстро и глубоко протекают процессы лигнификации в клетках стеблей, в меньшей степени – в клетках листьев; наименьшее одервенение клетчатки происходит в столовых и кор-

мовых сортах корнеклубнеплодов – кормовой и столовой свеклы, турнепса, моркови, картофеля.

В соломе озимых зерновых злаков обнаруживают большое количество сырой клетчатки – 40-45 %, несколько меньше ее в соломе яровых злаков и сене – 20-35 %, в голозерных злаках – кукурузе, пшенице – около 1 %, а в пленчатых – овсе, ячмене – 10-12 %, в корнеклубнеплодах – не более 0,4-2 %. Большое содержание сырой клетчатки в корме затрудняет животному и микроорганизмам рубца извлечь питательные вещества из протоплазмы растительной клетки. Клетчатка (целлюлоза) под действием фермента целлюлазы микроорганизмов расщепляется до глюкозы. Поэтому высокое содержание клетчатки – признак низкой питательности кормов.

Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)

В эту группу входят все безазотистые вещества корма, кроме жира и сырой клетчатки. Главные составные части этой группы питательных веществ – крахмал, сахара и пентозаны.

Крахмал. В различном количестве содержится во всех природных кормах, особенно в растительных зерновых кормах. Концентрация его в семенах кукурузы доходит до 65-75 %, пшеницы – до 60-70 %. Много крахмала в клубнях картофеля – до 55-60 % в сухом веществе. Мало в стеблях и листьях – около 2 %. Особая форма крахмала – инулин в больших количествах обнаруживается в клубнях топинамбура – земляной груши; инулин хорошо усваивается животными. Животный крахмал – гликоген. Его можно обнаружить в кормах животного происхождения, так как он содержится во многих тканях, особенно в печени – от 1 до 4 % ее массы. Он содержится в небольшом количестве в различных кормовых дрожжах и в концентрированном корме, включающем зерно сахарной кукурузы.

Сахара. В растительных кормах они представлены моносахаридами (глюкоза и фруктоза) и дисахаридами (мальтоза и сахароза).

Сахара накапливаются в больших количествах (до 22 %) в виде резервных веществ в корнях сахарной свеклы, моркови и в растениях сорго. До 14 % сахара содержится в сухом веществе молодых злаковых трав. Под влиянием таких окислителей, как нитраты и нитриты (от внесения азотных удобрений свыше 200 кг/га азота), происходит интенсификация синтеза протеина у злаков и ведет к снижению содержания сахаров в сухом веществе до 5-7 %.

Единственный представитель сахаров животного происхождения – лактоза (молочный сахар). Она содержится до 4-5 % в молоке коров и других животных, количество ее различно. Несмотря на значительное содержание лактозы в молоке, оно не имеет заметной сладости. Объясняется это тем, что лактоза в 4-5 раз менее сладкая, чем сахароза. Сбраживается лактоза лишь особыми (лактозными) дрожжами, находящимися в кисломолочных продуктах.

Углеводное питание – обеспечение специфических потребностей животных в углеводах за счет углеводов кормов; восполнение запаса углеводов, истраченных организмом в процессе обмена веществ. Углеводы вследствие быстрой способности их к распаду и окислению являются основным мате-

риалом, из которого в организме образуется энергия. Кроме того, углеводы обеспечивают нормальное превращение основных метаболитов, образующихся при распаде белков и жиров. Углеводы, поступающие в пищеварительный тракт животных, различаются по переваримости. Простые сахара и крахмал относятся к легкопереваримым веществам. В определенных условиях они быстро расщепляются амилалитическими ферментами пищеварительного тракта, в форме моносахаридов проходят стенку кишечника и поступают в кровь. Труднопереваримые корма, в состав которых входит большое количество клетчатки, не могут полностью перевариваться за счет пищеварительных ферментов. Расщепляются они в рубце под действием ферментов бактерий. Из всех углеводов наибольшее значение в питании животных имеет крахмал, а для жвачных клетчатка и сахара. У сельскохозяйственных животных разных видов процесс углеводного питания осуществляется неодинаково, что связано со строением пищеварительного тракта и характером получаемых кормов. У *свиней* углеводистые корма поступают в желудок, слабые сокращения стенок которого не вызывают интенсивного перемешивания химуса. Химические превращения кормов сводятся в основном к гидролизу углеводов под влиянием растительных ферментов и ферментов слюны. У *лошадей* процесс расщепления и всасывания углеводов в желудке и тонких кишках схож с таковым у свиней. Однако у лошадей, в отличие от свиньи, более объемистый толстый отдел кишечника, где под влиянием ферментов микроорганизмов клетчатка переваривается, образуя органические кислоты, которые после всасывания принимают участие в обмене веществ. У *жвачных* переваривание углеводов под влиянием ферментов пищеварительных желез имеет второстепенное значение. Прежде чем поступить в сычуг, углеводы в преджелудках подвергаются интенсивному сбраживанию под влиянием микробной флоры. При этом образуются летучие жирные кислоты и только одна из них – пропионовая – снова превращается в глюкозу. Благодаря микробной ферментации жвачные наиболее эффективно переваривают клетчатку. Последняя имеет значение для них не только как питательный субстрат, но и как объемистая, медленно переваривающаяся часть корма, необходимая для обеспечения нормальной моторики желудочно-кишечного тракта. Считают, что наиболее благоприятный уровень клетчатки в рационе жвачных – 20-22 %. Скармливание жвачным малых количеств грубого корма приводит к нарушениям моторики преджелудков и сортирующей роли сетки. Уровень содержания клетчатки в корме влияет на переваримость других питательных веществ рациона. Как недостаток, так и избыток клетчатки ведет к нарушению пищеварения и снижению переваримости питательных веществ. У коров, получающих рационы с недостаточным количеством грубых кормов, которые содержат много клетчатки, снижаются молочная продуктивность и содержание жира в молоке из-за уменьшения доли уксусной кислоты в рубце.

В рационах жвачных корма, богатые легкопереваримыми углеводами, служат не только источниками питательных веществ, но и обеспечивают нормальную переваримость и усвоение кормов с высоким содержанием клетчатки, белковых и других азотистых веществ. Степень использования

азотистых веществ в рационах зависит от снабжения микроорганизмов рубца энергетическим материалом (в первую очередь сахаром). При введении в рацион кормов, богатых крахмалом и сахаром, у жвачных снижался уровень аммиака в рубце и повышался синтез бактериального белка. Степень использования питательных веществ и оптимальные уровни легкопереваримых углеводов определяются также и соотношением в рационе сахара и протеина.

Благоприятное влияние легкопереваримых углеводов осуществляется лишь тогда, когда животные получают их в оптимальных количествах. Избыточное поступление сахара в пищеварительный тракт жвачных может привести к тяжелому расстройству обмена веществ, а часто и к гибели животных.

Некоторые заболевания, возникающие при нарушениях углеводного обмена. Нарушения углеводного обмена могут быть вызваны расстройством переваривания и всасывания углеводов в желудочно-кишечном тракте, что наблюдается при панкреатитах, закупорке выводного протока поджелудочной железы, энтеритах, отравлении ядами, блокирующими процессы фосфорилирования углеводов в слизистой кишечника. Углеводный обмен нарушается при расстройствах синтеза и накопления углеводов в тканях, в частности при уменьшении синтеза и отложении гликогена в печени и мышцах, что происходит в результате нарушения всасывания моносахаридов из кишечника, а также при образовании гликогена из промежуточных продуктов обмена жиров и белков, при гипоксии. Нарушение обмена гликогена приводит к развитию кетозов, расстройству белкового обмена, уменьшению энергетических ресурсов организма и др. Нарушение углеводного обмена в основном проявляется гипергликемией и гипогликемией. Алиментарная гипергликемия возникает при поступлениях в организм больших количеств легкоусвояемых углеводов. Гипогликемия приводит прежде всего к нарушению деятельности центральной нервной системы. У жвачных развивается гипогликемический синдром. У коров гипогликемия может быть во время обильной лактации. Расстройство углеводного обмена проявляется также хроническим заболеванием – сахарным диабетом.

4. Жиры, или липиды, служат важным источником энергии. По своей химической природе представляют собой триглицериды предельных и непредельных жирных кислот и трехатомного спирта – глицерина. Фракцию сырого жира определяют, подвергая корм непрерывной экстракции эфиром в течение определенного промежутка времени. Полученный после выпаривания растворителя остаток (эфирный экстракт) и является сырым жиром. Наряду с истинным жиром он содержит воск, органические кислоты, спирты и пигменты, поэтому назвать эту фракцию «жиром» или «маслом» нельзя.

Среди азотистых и безазотистых органических веществ корма жиры являются наиболее концентрированным источником энергии для питания животных; энергетическая ценность единицы массы жира в 2,25 раза выше, чем углеводов. В состав жиров входят в основном высокомолекулярные жирные кислоты с точкой плавления выше 16°C, в состав масел растительно-

го и животного происхождения - низкомолекулярные насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Благодаря высокому содержанию олеиновой, линолевой и линоленовой жирных кислот растительные масла характеризуются высоким йодным числом и коэффициентами рефракции. В животных жирах преобладают глицериды стеариновой, пальмитиновой и олеиновой кислот; при комнатной температуре и температуре тела животных они в большинстве находятся в твердом состоянии. Наиболее легкоплавкие молочный жир, конское сало и птичьи жиры. Животные не могут синтезировать ненасыщенные (непредельные) высокомолекулярные жирные кислоты, они должны получать их с кормом. Жиры кормов, особенно жировых кормовых добавок и смесей, применяемых в рационах животных, под влиянием кислорода воздуха, света и воды, при участии ряда ферментов (например липоксигеназы), содержащихся в кормах, в процессе хранения приобретают горький вкус - жиры портятся (прогоркают), приобретают неприятный запах, и корм становится почти несъедобным, а в некоторых случаях даже вредным. При прогоркании жиров, особенно тех, которые в своем составе содержат жирные кислоты с небольшой молекулярной массой (коровье масло, заменители цельного молока (ЗЦМ), маргарин), высвобождается масляная кислота, запах которой очень неприятен. Для предотвращения окислительного прогоркания жиров в кормах их смешивают с антиоксидантами (антиокислителями), которые даже в малых количествах предохраняют кормовые жиры от прогоркания. Наиболее эффективен как антиокислитель токоферол (витамин Е) и его производные (сантохин, дилудин). Липиды в процессе приготовления сена из зеленых трав значительно теряют свою биологическую ценность. В среднем в травах содержится около 2-3 % жира, а в сене, приготовленном из них, - только 1,3-1,5%. Предполагается, что в силосах липиды сохраняются лучше, чем в сене, приготовленном из тех же трав. В зеленых кормовых растениях преобладают глицериды (жиры) и свободные жирные кислоты, которые относятся к легкоусвояемым липидам. Количество липидов в концентрированных зерновых кормах колеблется в широких пределах. Известно, что замена жмыхов в рационах животных шротом снижает удои молока до 18 % и увеличивает затраты кормов на 20-23 %. Это объясняется тем, что в жмыхах содержится естественных липидов около 8 %, а в шротах - в 10 раз меньше (около 0,8 %). Хорошо сбалансированные по питательным веществам рационы для молодняка крупного рогатого скота должны обеспечивать поступление липидов в организм 150-200 г в сутки, а для лактирующих коров со среднегодовым удоем 5000 кг - до 500-1000 г. При хранении концентрированных измельченных кормов (дёрть, мука), особенно влажных, липиды их быстро прогоркают. За 10 дней хранения в комбикорме с повышенной влажностью содержание продуктов окисления липидов увеличивается в 6 раз по сравнению с исходным количеством.