

дне (режим, который принят в хозяйстве). В период яйцекладки при долготе дня менее 14 ч применяли дополнительное электрическое освещение. Цыплят опытной группы выращивали, а в последующем и взрослую птицу содержали при режиме прерывистого освещения.

Сравниваемые световые режимы оказали различное влияние на рост молодняка и продуктивность взрослых кур. Лучшие результаты были получены при режиме опытной группы. Содержание птицы при прерывистом световом режиме позволило сокра-

тить расход корма на 1 голову до 2,2 кг и повысить живую массу птицы на 6,2%. На 1000 голов ремонтного молодняка, принятого на выращивание, экономия кормов составила 2,2 т. Кроме того, у птицы получено дополнительно 402 кг прироста живой массы. Более высокие показатели сохранности позволили увеличить деловой выход молодняка на 2,0%. Куры опытной группы снесли на 1 несушку на 7,1 яйца, или на 3,1%, больше, чем в условиях контрольного режима освещения. Содержание кур-несушек в условиях опытного режи-

ма прерывистого освещения позволило снизить затраты электроэнергии на освещение 1000 голов на 8,3%. В результате проведенной производственной проверки хозяйство получило дополнительную прибыль в сумме 40 тыс. руб.

Таким образом, данные производственной проверки полностью подтвердили результаты, полученные в опыте. □

Для контактов с автором:
Зонов Михаил Федорович
e-mail: m.zonov@yandex.ru

УДК 540:57:636.5

ПРИРОДА БИОДОСТУПНОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Петросян А.Б., технический консультант, канд. с.-х. наук
ООО «Оллтек»

Аннотация: В статье рассмотрены физико-химические свойства и физиологическая роль микроэлементов, а также биодоступность их органических и неорганических форм.

Summary: In the paper physical and chemical properties and physiological role of microelements are under review, so as their organic and non-organic forms bioavailability.

Ключевые слова: микроэлементы, цинк, медь, йод, железо, марганец, кобальт, селен, хелаты, биодоступность.

Key Words: Microelements, zinc, copper, iodine, iron, manganese, cobalt, chelates, bioavailability.

Известно, что микроэлементы присутствуют как в растительных, так и в животных тканях. Без их достаточного количества не могут протекать основные физиолого-биохимические реакции живого организма. Мощное воздействие микроэлементов на физиологические процессы объясняется тем, что они входят в состав так называемых акцессорных веществ: дыхательных пигментов, витаминов, гормонов, ферментов и коферментов, участвующих в регуляции жизненных процессов. Микроэлементы влияют на направленность действия ферментов и их активность: Se — на активность более чем 20 глутатион-пероксидаз, Zn — на активность карбоангидразы, доказано еще участие Zn в обеспечении иммунитета, а также во всех основных процессах обмена веществ Cu влияет на активность полифенолоксидазы, Mn — аргиназы, Mo — ксантиноксидазы. Всего известно около 200 metallo-

ферментов. Микроэлементы входят в состав витаминов (Co — витамина B₁₂), гормонов (I — в тироксин, Zn и Co — в инсулин), дыхательных пигментов (Fe — в гемоглобин и другие железосодержащие пигменты, Cu — в гемоцианин). Некоторые микроэлементы влияют на рост животных (Mn, Zn, I) и растений (B, Mn, Zn, Cu), размножение животных (Se, Mn, Zn) и растений (Mn, Cu, Mo), кроветворение (Fe, Cu, Co), процессы тканевого дыхания (Cu, Zn), внутриклеточного обмена и т.д. (Протасова Н.А. и др., 1992).

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что в отдельных регионах мира обнаруживаются отклонения в физиолого-биохимических реакциях организмов, вызванные недостатком или избытком химических элементов, концентрация которых выше или ниже пороговой чувствительности для данного рода, вида, популяции. В конечном итоге это приводит к воз-

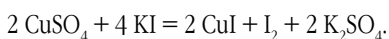
никновению различных болезней растений, животных и человека.

Микроэлементы распределяются в организме неравномерно. Повышенное их накопление в том или ином органе в значительной мере связано с физиологической ролью элемента и специфической деятельностью органа (например, преимущественное накопление Zn в половых железах и его влияние на воспроизводительную функцию). В других случаях микроэлементы воздействует на органы и функции, не связанные с местом их накопления в организме (Виноградов А.П., 1957).

В животноводстве для компенсации недостатка микроэлементов используют премиксы, содержащие неорганические формы микроэлементов — соли или оксиды. Многие исследователи отмечают, что неорганические формы микроэлементов плохо усваиваются организмом. Кроме того, неорганические соли

микроэлементов при контакте с витаминами ускоряют их разрушение. Чтобы не допустить нежелательного эффекта, применяют специальные методы защиты, что делает витамины дороже, или стараются микроэлементы вводить в виде практически нерастворимых (а значит очень плохо усваиваемых) карбонатов или оксидов.

Включение микроэлементов в корма в виде минеральных солей часто становится пустой тратой денег из-за химической несовместимости ряда ионов. Например, в премиксах в качестве источника меди используют сернокислую медь, а источником йода является йодистый калий. При их контакте происходит следующая реакция:



В результате образуется практически нерастворимое, а значит, неусвояемое соединение CuI и легко испаряющийся элементарный йод. Поскольку соединений меди (II) в премиксах намного больше, чем KI , нетрудно заметить, что йода в премиксах не будет. Рассмотренное взаимодействие происходит как в водных растворах, так и при контакте сухих солей. Нельзя не учитывать и явление антагонизма между элементами. Например, марганец снижает использование йода и меди, усвоение цинка подавляется медью, железо подавляет усвоение йода и т.д. (Ковальский В.В., 1974).

Точные механизмы извлечения **железа** из кормов и его абсорбции неизвестны. У животных комплексные соединения этого элемента под влиянием соляной кислоты и пепсина желудочного сока расщепляются, и трехвалентное железо, восстанавливаясь, переходит в двухвалентное. Образующиеся соли хорошо ионизируются и абсорбируются. Всасывание происходит в основном в двенадцатиперстной кишке и зависит от насыщения железом ферритина слизистой кишечника и трансферрина крови. Абсорбции железа способствуют редуцирующие вещества корма или антиоксиданты: аскорбиновая кислота, токоферол, цистеин, глутатион. Всасывание ингибируют органические кислоты, которые образуют нерастворимые соли железа

(оксалат, цитрат, фитат), а также избыток в рационе фосфатов, госсипола, танина, цинка, марганца, меди, кадмия. На усвоение железа сильно влияет pH содержимого желудка.

Основное место всасывания **меди** у животных — тонкий отдел кишечника и желудок. Это происходит не только в результате простой диффузии, но и путем активного продвижения микроэлемента через кишечную стенку, которое резко усиливается при его дефиците. В комплексе с аминокислотами, ди- и полипептидами медь усваивается лучше, чем в виде сульфата, причем с увеличением молекулярной массы комплексов абсорбция снижается. С D-аминокислотами результаты хуже, чем с L-аминокислотами. Медиатор всасывания меди (а также цинка и кадмия) — низкомолекулярный белок стенки кишечника металлотионеин — способствует абсорбции пассивным путем, связывая элемент с SH-группами и подготавливая его для дальнейшего передвижения. Он также может блокировать всасывание, защищая организм от токсичных уровней металла.

Всасывание **цинка** происходит в основном в верхнем отделе тонкого кишечника. Высокий уровень протеина, лактозы, лизина, цистеина, глицина, гистидина, аскорбиновой и лимонной кислот повышает усвоение, а низкий уровень протеина, энергии и большое количество в корме клетчатки, фитата, кальция, фосфора, меди, железа, свинца ингибируют абсорбцию цинка. Кальций, магний и цинк в кислой среде тонкой кишки образуют прочный нерастворимый комплекс с фитиновой кислотой, из которого катионы не используются (не всасываются). Оксид и металлический цинк могут применяться в кормлении животных, однако следует учитывать содержание в них свинца и кадмия. Цинк, в отличие от йода, попадает в организм животных как с растительной пищей, так и с кормами животного происхождения. При его недостатке в кормах у птицы, точнее у цыплят, кости укорачиваются и даже ломаются, а суставы увеличиваются и становятся малоподвижными. На лапах возникает дерматит. Все это осложняется не только слабостью

ног, но и нарушением координации движений. У молодой птицы задерживается половое созревание.

Марганец всасывается главным образом в двенадцатиперстной кишке. В растительных кормах он связан хелатирующими агентами, и процесс идет довольно слабо. Считают, что элемент усваивается в двухвалентной форме и конкурирует с железом и кобальтом за места абсорбции. Механизм всасывания еще не изучен. Экскреция марганца с желчью и соком поджелудочной железы — более важный фактор в поддержании гомеостаза, чем интенсивность всасывания. Птицы намного чувствительнее к недостатку марганца, чем млекопитающие, поскольку их потребность в нем в 100 и более раз выше. В первую очередь это связано со слабой всасываемостью в кишечнике, которую также затрудняет присутствие в корме кальция и фосфора. При недостатке марганца в кормах кур, они откладывают меньше яиц, скорлупа их становится дефектной. У цыплят затормаживается рост, появляются нарушения в формировании скелета. Лапки у больных цыплят уродливые.

Кобальт поступает в организм животных с кормами и добавками, частично в виде витамина B_{12} . Усвояемость этого элемента у них невелика (3–7%), поскольку потребность в нем небольшая и возрастает лишь при недостатке витамина B_{12} и отсутствии животных кормов в рационе. Кобальт всасывается в тонком отделе кишечника. Его биологическая доступность (БД) из сульфатов, хлоридов, карбонатов хорошая, а из оксидов довольно слабая.

Зоны **йодной** недостаточности на территории нашей страны встречаются довольно часто. Наряду с первичной недостаточностью может быть и вторичная, обусловленная наличием в рационах более 300 гойтрогенных веществ, препятствующих использованию йода в щитовидной железе. Также следует учитывать, что в процессе хранения кормов потери элемента могут достигать 50%. Вместе с тем его избыток в рационе приводит к нарушению функциональной активности щитовидной железы.

Йодид калия — весьма нестойкая добавка. Для молодняка биологическая доступность йода из йодидов и йодатов одинакова. Йод входит в состав гормонов щитовидной железы, которые влияют на уровень и интенсивность окислительных процессов в клетках, повышают тонус нервной и мышечной систем, стимулируют рост перьев, шерсти.

Селен, поступающий из окружающей среды, всасывается в желудочно-кишечный тракт с кормами или добавками. Усвоение селената подавляют близкие к нему по физико-химическим свойствам неорганические (сульфат, тиосульфат, молибдат, хромат) и органические (оксалат, оксалоацетат) анионы. Абсорбцию селена из селенита (но не из селената) стимулируют цистеин и глутатион, а ингибируют метионин и его аналоги. Селеносодержащие аминокислоты и их серные аналоги (цистин, метионин) имеют общие механизмы всасывания.

Почти все катионы, кроме натрия, калия и небольших количеств кальция и магния, после всасывания связываются в организме с какой-либо органической матрицей: белками, пептидами, аминокислотами, гормонами, ферментами, метаболитами, шаперонами или нуклеиновыми кислотами. Свободные катионы в организме встречаются редко и в некоторых случаях токсичны. В желудочно-кишечном тракте элементы также соединяются с некоторыми другими матрицами, в том числе с водой. Поскольку большая часть комплексов является рН-чувствительными, тот или иной элемент может соединяться и вновь диссоциировать с двумя или более матрицами до его абсорбции по мере прохождения по желудочно-кишечному тракту (Покатиллов Ю.Г., 1993). В то же время известно, что биодоступность многих элементов выше, если они находятся в составе органических соединений. Отмечается особый интерес к препаратам нового поколения, в которых микроэлементы содержатся в виде комплекса с биолигандами, природными носителями микроэлементов. Наиболее перспективны комплексные соединения, содержащие циклические группировки органиче-

ских молекул, так называемые клешневидные, или хелатные соединения.

В классической неорганической химии металлы образуют положительные катионы, отдавая внешние электроны и приобретая соответствующую степень окисления, определяющую валентность. Координационная химия, или химия хелатирования, возникла в 1873 году, когда Вернер изучал поведение этилендиамина в комплексе хлорида платины (II) с бис(этилендиамин)ом (Furst, 1963).

Микроэлементы характеризуются изменчивой степенью окисления

(Furst, 1963). На *рисунке 1* приведены примеры классического комплекса меди (II) с аммиаком и биологически значимого глицин-диглицинат хелата.

Эти координационные комплексы имеют различные геометрические формы, которые зависят от координационного числа и степени окисления элемента, как показано в *таблице*.

Комплексы из двух и более групп отдельных органических соединений, координированные с центральным катионом так, что образуются кольца, называемые «хелатами». Слово «хелат» происходит от греческого

Координационные комплексы (Furst, 1963)

Координационное число	Ионы	Структурная форма
4	Zn ²⁺ , Cd ²⁺ , Hg ²⁺	тетраэдрическая
4	Cu ²⁺ , Ag ²⁺ , Au ²⁺ , Ni ²⁺ , Pt ²⁺ , Pd ²⁺	плоская квадратная
6	Mg ²⁺ , Be ³⁺ , B ³⁺	тетраэдрическая
6	Mn ²⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Co ²⁺ , Co ³⁺ , Cr ³⁺ , Al ³⁺ , Pd ²⁺ , Sn ²⁺ , Ni ²⁺ , Cu ²⁺ , Pt ⁴⁺	октаэдрическая
8	Mo ⁴⁺ , W ⁴⁺	додекаэдрическая

и способностью образовывать комплексные ионы: марганец (+2), марганец (+3) и перманганат (+7). В этой группе катионы с незаполненными орбиталиями могут принимать, по крайней мере, 2 пары спаренных электронов, образуя комплекс ионов, удерживаемых вместе координационно-ковалентными связями и действовать как единое целое. Координационное число обычно в 2 раза больше максимальной степени окисления

«хеле», которое в переводе означает «клешня краба, омара или скорпиона», и было впервые использовано Морганом и Дрю (1920). Органическая составляющая хелата называется «лигандом» и имеет координационные функциональные группы, отделенные 2 или 3 атомами, обычно углерода. Итоговое кольцо, включающее неорганический ион, обычно состоит из 5 или 6 компонентов. В зависимости от числа групп в лиганде, которые могут координироваться с ионом металла посредством ионной, ковалентной или координационно-ковалентной связи, он считается монодентатным, бидентатным, тридентатным или полидентатным. Минимальным требованием для хелатирования является наличие бидентатного лиганда, так как монодентатная молекула не может образовывать кольцо (Martell, 1960; Furst, 1963).

Связь между лигандом и координированным катионом такова, что лиганд является донором пары электронов, а металл — акцептор этой пары, т.е. металл ведет себя, как кислота Льюиса, в то время как лиганд служит основанием Льюиса. Координационная связь образуется передачей пары электронов лиганда на свободные орбитали металла (Bell, 1977).

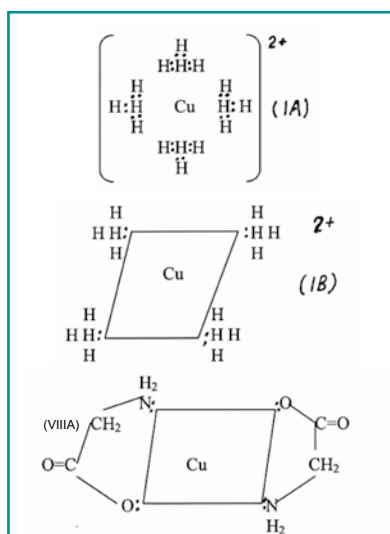


Рис. 1. Плоские квадратные комплексы ионов меди с аммиаком и глицином (Furst, 1963)

В других комплексах электростатическое притяжение происходит между катионом металла и полярным анионоактивным лигандом. В некоторых случаях, когда в наличии имеются симметричные электроны и орбитали, образуются π -связи, в которых происходит переход электронного заряда с металла на лиганд (рис. 2)



Рис. 2. Переход электронного заряда с металла на лиганд

Чтобы произошло хелатирование, лиганд должен содержать, по крайней мере, 2 донорских атома, способных связываться с одним и тем же атомом металла. Элементы, которые действуют как доноры, более электроотрицательны. К ним относятся азот, кислород, фосфор, селен, сера и т.д. Отдаваемые атомы могут образовывать часть основной или кислотной функциональной группы. Основные группы содержат атом, несущий одну пару электронов, которая может заме-

щать протон или взаимодействовать с ионом металла. К числу наиболее часто встречающихся основных групп можно отнести следующие: аминогруппы ($-NH_2$), вторичный амин ($=NH$), третичный, ациклический или гетероциклический азот ($-N=$), вторичный карбонил ($=O$), эфир ($-O-$) или сложный эфир ($-O=$), оксим ($=N-OH$), спирт ($-OH$), тиоэфир ($-S-$), замещенный фосфин ($-PR_2$) и замещенный арсин ($-AsR_2$) (Bell, 1977).

Кислотные группы теряют протон и координируются с атомом металла. К наиболее часто встречающимся кислотным группам относятся: карбоксил ($-COOH$), остаток сульфокислоты ($-SO_3H$), остаток фосфорной кислоты ($-PO_3H_2$), енол с фенолом ($-OH$), оксим ($=N-OH$) и тиоенол с тиофенолом ($-SH$) (Bell, 1977).

Подводя итог, отметим, что включение микроэлементов в корма дает желаемый эффект при условии их биодоступности. Биодоступность определяется как «количественное измерение утилизации веществ под действием специфических условий в целях поддержания структуры и нормальных физиологических процессов организма» (Fox et al., 1981).

Однако в практике этот термин часто интерпретируется как видимая абсорбция. Термин «биодоступность» был введен O'Dell и Savage (1960), показавшими, что фитат, природный компонент кормов растительного происхождения, влияет на гомеостаз цинка у кур. Доказано, что соли микроэлементов, особенно сернокислые и солянокислые, при смешивании с витаминами ускоряют разрушение последних, поэтому микроэлементы вводят в премиксы либо в виде оксидов металлов, либо в виде карбонатов и гидроокисей. Наиболее пригодны с точки зрения биодоступности, экономики, физико-химических и технологических свойств оксиды (кроме оксидов железа и кобальта, которые плохо усваиваются). Хелатные соединения наиболее перспективны. Если нет хелатов, оксидов, карбонатов, целесообразно отдельно готовить витаминный и минеральный премиксы и вносить в комбикорма, последовательно смешивая ингредиенты. \square

Для контактов с авторами:
Петросян Араик Бабкенович
e-mail: apetrosyan@alltech.com



Российская академия сельскохозяйственных наук
Государственное научное учреждение
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГНУ ВНИИПП)

В 2009 году разработана «МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПТИЦЕВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА».

Цель методики - обеспечение единства в оценке эффективности расхода производственных ресурсов, потребленных в подразделениях производства живой птицы (яиц), мяса птицы, продуктов из яиц и мяса птицы. Сопоставимые ключевые показатели результатов производства при использовании методики рассчитываются просто, быстро и **выполняют противозатратную функцию**.

Применение методики обеспечивает:

- поддержку управленческих решений и контроль их воздействия;
- основу для обоснования количественных показателей развития;
- своевременное выявление резервов расхода ресурсов;
- возможность обоснованного регулирования косвенных затрат, определения участия подразделений в формировании дохода предприятия;
- повышение ответственности менеджеров за расход ресурсов в подведомственных им подразделениях.

Методика управления эффективностью использования ресурсов предназначена для применения предприятиями и организациями птицеводческого комплекса, независимо от масштаба их деятельности и профиля выпускаемой птицепродукции.

Стоимость методики – 3 тыс. руб. плюс НДС.

Заказать по телефону: 8(499) 728-7525, факс: 8(495) 944-6352.

Электронная почта: vlv@dinfo.ru (Войнова Людмила Васильевна)