

ВЫБОР ИСТОЧНИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

В. КРЮКОВ, д-р биол. наук, ООО «Кормогран»

С. КУЗНЕЦОВ, д-р биол. наук, заслуженный деятель науки РФ, АО «Витасоль»

С. ЗИНОВЬЕВ, канд. с.-х. наук, ВНИИПП; **И. ГЛЕБОВА**, д-р с.-х. наук, Курская ГСХА

В промышленном производстве комбикормов в качестве источников микроэлементов обычно используют соли металлов (сульфаты и карбонаты, реже — хлориды) или их окислы. При этом из кормов растительного и животного происхождения в организм поступают минеральные вещества, связанные с белками, углеводами и другими органическими соединениями. Их иногда учитывают по общему содержанию, не задумываясь, в каком виде они существуют. В результате в комбикормах одновременно присутствуют минеральные вещества в составе органических соединений в исходном сырье и в виде добавленных неорганических соединений. Нормируют только добавляемые источники.

ХЕЛАТЫ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

В последние 20–25 лет на рынке кормового сырья начали активно предлагать органические соединения микроэлементов. Среди них особый интерес приобрели хелаты. Это вещества, органическая часть которых (лиганд) присоединена к иону металла, образуя циклическое соединение, при этом металл находится в составе кольца. В результате его взаимодействие с другими веществами ограничено. Металлоиды, к которым относятся селен, йод и кремний, хелаты не образуют. Лигандами могут быть аминокислоты, белки, их гидролизаты, углеводы, органические кислоты, реже другие вещества. При производстве органических соединений микроэлементов для получения хелатов зачастую используют железо, марганец, медь, цинк, аминокислоты и гидролизаты белков. Одновалентные металлы могут присоединять лиганд только одной связью, поэтому они неспособны образовывать хелаты. Хелат — это комплексное соединение, но не каждый комплекс является хелатом. Металлы, высвобождающиеся в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) из органических солей металлов, нестойких хелатов и других органических соединений микроэлементов, по своим свойствам не будут отличаться от ионов, происходящих из солей микроэлементов, и в результате не будут обладать перед ними преимуществами. Хелаты, предлагаемые для кормовых целей, должны отвечать следующим параметрам (AAFCO, 1990): их молекулярная масса не выше 800 Дальтон; быть электронейтральными и стабильными в среде желудочно-кишечного тракта.

Аминокислоты — наиболее подходящие лиганды для создания хелатов микроэлементов, поскольку в организме после освобождения катионов они включаются в обмен веществ. Предполагают, что хелаты, содержащие остатки аминокислот (или дипептидов), проникают в слизистую оболочку кишечника без изменения. Важнейшим

свойством, влияющим на выбор хелатов для применения их в кормлении, является стабильность комплекса. На первой стадии всасывание металлов из ЖКТ регулируется муцином, который образует прочные связи с трехвалентными катионами, исключая всасывание токсичного алюминия и в следовых количествах всасывается трехвалентное железо. Связи с ионами двухвалентных металлов слабее, поэтому они могут передаваться транспортным белкам. Различные вещества, содержащие микроэлементы, попадая в ЖКТ, могут частично или полностью растворяться и затем ионизироваться, то есть в растворе (химусе) одновременно будут присутствовать исходные молекулы веществ, а также их положительно и отрицательно заряженные ионы. Серноокислые и хлористые соли микроэлементов ионизируются полностью, тогда как углекислые соли и окислы становятся растворимыми после воздействия на них соляной кислоты желудка. Хелаты микроэлементов имеют разную растворимость и степень ионизации. Например, при растворении в воде лизината меди в растворе оставалось 70% в виде хелата и 30% в диссоциированном состоянии (лизил и катион меди). Стабильность хелатов даже одного и того же металла зависит от технологии производства и свойств органической части. Так, у различных протеинатов меди целостность хелата составляла 94%, 69 и 16% (Guo с соавт., 2001), то есть 6%, 31 или 84% меди в растворе находились в ионизированном состоянии, доступном для взаимодействия ее с отрицательно заряженными ионами фосфатов, карбонатов, фитатов. Эти реакции приводят к образованию в кишечнике нерастворимых веществ, недоступных для всасывания.

Хелаты микроэлементов в ЖКТ находятся в равновесном состоянии: металл + лиганд \leftrightarrow хелат, при этом концентрация исходных и конечных продуктов реакции определяется константой равновесия, которая зависит от стабильности хелата и pH среды. Стабильность хелатов в водной среде связана с восстановительным потенциалом металлов, который повышается с ее снижением: $Mn < Fe < Co < Cu < Zn$. Хотя металлы играют ведущую роль в стабильности хелатов, лиганды даже близких соединений влияют на стабильность, что подтверждается величинами констант меди с различными аминокислотами: глицил—Cu = 13,90, DL-аланил—Cu = 15,85, DL-валил—Cu = 14,25, L-лейцил—Cu = 12,95, L-аспарагил—Cu = 12,80, L-глутамил—Cu = 11,60 (Doğan с соавт., 2001).

На фоне рациона, дефицитного по цинку, ввод в корм для цыплят хелатов с константами стабильности от 5,36

до 20,93 показал, что симптомы дефицита цинка предупреждали хелаты с константами в диапазоне 11,1–18,2 (Nielsen с соавт., 1966). В опыте на индюшатах при изучении влияния хелатов цинка с константами в диапазоне от 5,3 до 18,8 на доступность цинка установили, что соединения с константами стабильности между 13 и 17 способствовали повышению скорости роста птицы, при этом оптимум действия проявлялся у веществ с константами, близкими к 14,5 (Vohra и Kratzer, 1964). Хелаты с константами выше оптимальных будут слабо всасываться или после всасывания будут труднодоступными для участия металла в обмене веществ. Хелаты с низкой стабильностью подвергнутся диссоциации в химусе ЖКТ, и освобожденные катионы микроэлементов будут обладать такими же свойствами, как катионы из неорганических источников. До настоящего времени константы стабильности органических соединений микроэлементов не указываются ни в наставлениях, ни в рекламных проспектах. Хелаты, используемые в качестве кормовых добавок, с высокой константой стабильности могут поступать в кровь без изменения. Если их сродство к металлу выше, чем у металлотионеина или у другого транспортного белка и апофермента, то последние не получают металл от хелата из корма и останутся неактивными. Металл, образующий с лигандом хелат с высокой константой стабильности, обладает преимуществом перед ионом металла в хелате с низкой константой и способен его вытеснить. Неиспользованные кормовые хелаты являются для организма чужеродными соединениями и должны выводиться из него, предварительно подвергаясь превращениям в системе метаболизма ксенобиотиков. Можно предполагать, что влияние на эту систему сопровождается последствиями, которые в некоторых случаях положительно влияют на продуктивность.

О биодоступности микроэлементов из хелатов судят на основании их концентрации в костях, крови и других тканях организма, активности целевых ферментов и по влиянию на активность генов. В исследованиях используют животных разного возраста, которых содержат в неодинаковых условиях, поэтому результаты совпадают редко. Из анализа научных публикаций следует, что применение органических

соединений микроэлементов не всегда показывает преимущества по сравнению с их неорганическими источниками. В организме невозможно установить долю металла, поступившего с кормом в виде хелата, потому что в тканях или кормах определяют общую концентрацию металла после предварительной минерализации образца. При этом невозможно выяснить, за счет чего изменилась концентрация микроэлемента в печени или костях — за счет неиспользованного в организме хелата или под влиянием металлов, поступивших из неорганических источников.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КОРМЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ

Отечественный рынок источников микроэлементов переполнен предложениями органических соединений микроэлементов. При этом наибольшую активность проявляют зарубежные поставщики, их продукции российские потребители часто отдают предпочтение, хотя наша наука в разработке органических соединений микроэлементов не уступает западной.

Главный довод преимуществ органических соединений микроэлементов перед их неорганическими источниками, который приводят поставщики, заключается в лучшем всасывании микроэлементов через стенку кишечника в кровь. Рассказывают об органических микроэлементах, хотя сами по себе они не бывают органическими. Заявляют, что хелаты аминокислот похожи на природные аминокислоты и поэтому лучше усваиваются, при этом целенаправленно не делают различий между понятиями «усвоение» и «всасывание».

Случшим проникновением микроэлементов через стенку кишечника в составе хелатов в большинстве случаев можно согласиться, однако если под доступностью понимать использование их в организме, то следует иметь в виду, что всосавшийся продукт необязательно будет использован. Биодоступность определяют как долю потребляемого элемента, которая используется для биохимического или физиологического функционирования. Таким образом, для определения биодоступности недостаточно сравнение



DOSTO® ОРЕГАНО вместо антибиотиков

- DOSTO Грин — через корм
- DOSTO Ликвид — через воду или поилку
- DOSTO Эмульсия — перорально поросятам
- DOSTO Капсулы — перорально телятам

Сертификация «oreganic» продуктов питания



Бесплатные консультации
в России — ООО «Грин Агро»

www.greenagro77.ru
+7 926 620 4444

• DOSTOFARM® www.dostofarm.de

 Dostooregano

разницы между потребленным и выделенным элементом в балансовых опытах или отложением его в тканях. Необходимо принимать во внимание изменения в обмене веществ и их последствия. В обзоре, посвященном изучению влияния органических соединений микроэлементов на свиней, пришли к выводу, что невозможно предсказать их эффективность в связи с наличием ряда неизученных и неучитываемых факторов. Это подтверждается непостоянным влиянием органических соединений микроэлементов на продуктивность, хотя снижение выделения микроэлементов с калом наблюдается в большинстве случаев. Продуктивность животных как важнейший критерий тоже сопровождается неоднозначными результатами (Mateos с соавт., 2005). В ряде исследований при сравнении органических соединений микроэлементов с неорганическими установили, что доступность микроэлементов из последних была выше (Guo с соавт., 2001). Оценка одного и того же органического соединения микроэлементов может давать различные результаты в зависимости от условий эксперимента. Так, доступность цинка из метионината по сравнению сульфатом может различаться в два раза.

В 2013 г. был опубликован обзор работ (с 1986 по 2010 гг.), посвященных доступности цинка. На основании анализа выявили, что у бройлеров биодоступность цинка из органических источников составляла 85–117% относительно неорганических и достоверно не отличалась от 100%. Содержание цинка в костях и плазме крови линейно повышалось с увеличением его доз ($R^2 = 0,91$; $P < 0,01$). По этому критерию не было достоверной разницы между органическими и неорганическими формами. У свиней, независимо от источника микроэлементов, концентрация цинка в плазме и костях, его удержание в организме, активность щелочной фосфатазы зависели от дозы ($R^2 = 0,89$). Биодоступность цинка из органических источников по отношению к неорганическим была близка к 100%, варьируя в пределах 85–117% по содержанию элемента в плазме крови, печени, костях, активности щелочной фосфатазы и по доле цинка, удержанного в организме. В целом авторы пришли к заключению, что бройлеры и поросята используют цинк из добавок одинаково эффективно (Schlegel с соавт., 2013).

При изучении эффективности использования органических соединений микроэлементов на цыплятах-бройлерах сравнивали протеинаты с сульфатами. Опыт проводили на фоне рецепта комбикорма (50% пшеницы, 10% кукурузы и 26–29% соевого шрота), в 1 кг которого содержалось в зависимости от периода выращивания птицы 37–48 мг марганца, 47–59 мг цинка, 154–217 мг железа и 8,5–11,3 мг меди. В комбикорм для цыплят контрольной группы в пересчете на 1 кг добавили, используя сернокислые соли, 70 мг марганца, 37 мг цинка, 45 мг железа и 12 мг меди. В рацион птицы опытной группы вводили протеинаты марганца, цинка, железа из расчета 10 мг/кг на металл каждого и 2,5 мг/кг меди. Авторы установили, что использование органических соедине-

ний микроэлементов не оказало положительного влияния на продуктивность бройлеров. Преимущество органических соединений микроэлементов заключалось в возможности снижения доз добавляемых в комбикорма микроэлементов и уменьшения их выделения с пометом на 30–50% (Nollet с соавт., 2007).

Анализируя представленные данные, обратим внимание, что исследователи неудачно выбрали базовый комбикорм, содержание микроэлементов в котором могло быть достаточным для удовлетворения потребности птицы и на таком фоне некорректно отражало действие органических соединений микроэлементов. Для обоснованного вывода о необходимости ввода в комбикорм различных источников микроэлементов в опыте должна была присутствовать группа, не получавшая добавок.

Четкая схема исследований была разработана при изучении на бройлерах хелатов цинка с разной стабильностью. Испытывали действие протеината цинка (А) с константой стабильности, равной 94,4; протеината цинка (В) с константой стабильности 30,7 и хелата цинка с аминокислотами (С) с константой стабильности 6,55. В комбикорм, содержащий 27,82 мг/кг цинка, добавляли 30, 60 или 90 мг/кг цинка в виде сульфата цинка (контроль) или протеинатов и хелата цинка. Испытанные источники цинка в равных дозах одинаково влияли на рост поголовья, концентрацию цинка в костях и поджелудочной железе в 6-, 10- и 14-дневном возрасте. На основании оценки концентрации цинка в костях его относительная биодоступность по отношению к сернокислой соли составила: для протеината А — 96,7%, протеината В — 105,8, хелата С — 104,5%. В поджелудочной железе — соответственно 100,8%, 103,8, 101,4%. Концентрация металлотионеина в поджелудочной железе — 92,3%, 111,4, 103,4%. Эти результаты не дают четкого представления о влиянии испытанных источников на изученные критерии. В то же время их влияние на матричную РНК, кодирующую синтез металлотионеина, было отчетливым и для протеината А составило 72,3%, протеината В — 121,1, хелата аминокислот С — 100% (Huang с соавт., 2009).

Скармливание цыплятам кормов, содержащих хелаты марганца с умеренной и высокой константами стабильности, повышало концентрацию белка, транспортирующего двухвалентные металлы и мРНК, кодирующую его образование. Содержание марганца в плазме крови увеличивалось под влиянием испытанных источников в следующем порядке: сульфат марганца < хелат со средней стабильностью < хелат с высокой стабильностью.

Слабую изученность превращений органических соединений микроэлементов в организме подтверждают исследования, в которых сравнивали действие на рост цыплят комплекса органических соединений микроэлементов, включающего железо, марганец, медь и цинк или одного из этих элементов в отдельности, при этом остальные элементы вводили в комбикорм в равных дозах в виде сульфатов.

Таблица 1. Влияние на цыплят-бройлеров различных сочетаний солей микроэлементов с протеинатами микроэлементов

Группа*	Источники микроэлементов	Живая масса в 35 дней, г	Конверсия корма	Выделено с пометом, мг/кг			
				Cu	Mn	Zn	Fe
1	100% неорганические**	1618 ^d	1,74	62,1	272,1	236,4	561,2
2	100% органические***	1712 ^a	1,63	38,2	187,2	186,1	451,1
3	100% Zn органический	1690 ^{ab}	1,66	64,2	273,2	186,3	561,2
4	100% Cu органическая	1684 ^{abc}	1,66	39,3	270,5	237,5	562,3
5	100% Mn органический	1689 ^{ab}	1,65	63,1	189,7	236,2	560,1
6	100% Fe органическое	1684 ^{abc}	1,65	62,2	269,9	234,8	453,3
7	50% Zn органический	1651 ^c	1,69	64,2	272,0	126,3	562,8
8	50% Cu органическая	1668 ^{bc}	1,67	25,2	270,3	235,0	562,0
9	50% Mn органический	1692 ^{ab}	1,66	64,2	141,2	236,0	561,5
10	50% Fe органическое	1677 ^{abc}	1,68	63,3	270,0	235,8	326,5

Источник: Abdallah с соавт., 2009.

*Цыплятам 3–10 групп в комбикорм вводили 50 или 100% указанного микроэлемента в виде Bioplex, источником других элементов были сернокислые соли. Суммарное содержание микроэлементов в каждой группе было одинаковым.

**В комбикорм добавлены сульфаты в расчете на 1 кг: Zn — 80 мг, Mn — 100 мг, Cu — 10 мг.

***В комбикорм добавлен Bioplex в расчете: Zn — 80 мг, Mn — 100, Cu — 10 мг на 1 кг. abc — величины с разными буквами достоверно различаются, $P < 0,05$.

Неожиданно использование только одного органического источника цинка или марганца, меди, железа повысило рост цыплят по сравнению с их неорганическими источниками, так же как и весь комплекс органических соединений микроэлементов (Abdallah с соавт., 2009). Уменьшение уровня органических источников железа или марганца на 50% повышало рост бройлеров в отличие от неорганических источников так же, как и 100%-ные дозы всех органических соединений микроэлементов (табл. 1).

Результаты эксперимента не находят объяснения с позиции заявляемого, но научно не подтвержденного на животных снижения в кишечнике антагонизма между отдельными металлами. В данном исследовании применение одного из четырех микроэлементов, вводимых в комбикорм в виде органического соединения, не может предупредить антагонизм между тремя оставшимися металлами, поступившими в ЖКТ в виде неорганических солей, причем испытанных в разных сочетаниях. Замена неорганических источников

органическими снизила выделение с пометом микроэлементов на 24–62%. При замене одного из неорганических микроэлементов на его органическую форму уменьшалось выделение с пометом только этого элемента. Выделение других практически оставалось на том же уровне, что и в группе цыплят, получавших микроэлементы в составе сульфатов. При этом рост бройлеров достоверно не отличался от такового в группе, где все добавленные в корм микроэлементы были в составе органических соединений. Возникает вопрос: каким образом обеспечивался нормальный рост цыплят при меньшем удержании микроэлементов в организме, которое было близким к группе аналогов, потреблявших корм с неорганическими источниками и показавших меньший рост? К выводу о преимуществе совместного использования органических и неорганических источников микроэлементов также пришли российские исследователи (Шацких, 2009). Недавно этот вывод был подтвержден в исследовании, проведенном на курах-несушках, при сравнении действия глицинатов и сульфатов микроэлементов.

не влиянию на животных. Если согласиться с предположением, что некоторые органические соединения микроэлементов могут проникать через стенку кишечника и поступать в организм без изменения, то в этом случае действие на

Таблица 2. Влияние на цыплят-бройлеров различных сочетаний органических и неорганических источников меди и цинка

Источник микроэлемента в рационе	Живая масса, г	Цинк, мг/кг			Медь, мг/кг	
		Кости	Плазма	Кишка	Плазма	Кишка
Без микроэлементов	749	107,3	1,30	16,0	0,117	1,65
Органическая Cu	759	98,7	1,58	15,1	0,077	1,70
Неорганическая Cu	798	91,0	1,34	15,4	0,112	1,65
Неорганический Zn	853	224,0	1,91	16,4	0,065	1,71
Органический Zn	853	246,3	2,02	16,3	0,077	1,71
Неорганические Zn + Cu	849	208,7	2,06	15,4	0,095	1,69
Неорганический Zn + органическая Cu	846	218,7	2,05	16,3	0,090	1,79
Органический Zn + неорганическая Cu	860	223,3	2,18	16,6	0,141	1,85
Органический Zn + органическая Cu	856	238,7	1,91	16,9	0,108	1,82

Источник: Ао с соавт., 2009.

организм всосавшихся ионов металлов из неорганических источников будет отличаться от целых молекул органических соединений микроэлементов.

Цыплятам-бройлерам в зависимости от схемы опыта в комбикорм в пересчете на 1 кг добавляли 20 мг цинка и 8 мг меди в составе сульфатов или Bioplex (Ао с соавт., 2009). Ввод в комбикорм неорганического источника меди достоверно улучшил рост цыплят, тогда как Bioplex Cu оказался неэффективным. Добавка в корм цинка или его сочетания с различными источниками меди одинаково повышала рост цыплят (табл. 2). В костях и плазме концентрация цинка была немного выше при использовании органического источника. Слизистая оболочка кишечника — это первый рубеж, регулирующий поступление элемента в организм, однако уровень цинка в ней не отличался от контроля, хотя отмечена тенденция к его снижению под влиянием меди. Концентрация меди в слизистой кишки не зависела от схемы опыта. Существенное снижение концентрации меди в плазме крови при вводе в корм Bioplex Cu не поддается объяснению с точки зрения лучшей доступности органических источников микроэлементов, однако согласуется с наблюдаемым в опыте отсутствием влияния на рост цыплят.

В другом опыте в комбикорм добавляли 65 или 105 мг/кг марганца в составе сернокислой соли или 25, 45, 65, 85 и 105 мг/кг марганца за счет его метионината. В условиях опыта ни один из источников микроэлементов не способствовал повышению зоотехнических показателей за 42 дня выращивания. Исследователи предположили, что на рационе, содержащем за счет исходных компонентов 33 мг цинка и 37,8 мг марганца в 1 кг комбикорма, цыплята удовлетворяли потребность в этих элементах, и дополнительный их ввод не повышал продуктивность (Pacheco с соавт., 2017). Нормы добавления органических соединений микроэлементов научно не обоснованы, поэтому попытки объяснения эффективности замены неорганических источников микроэлементов органическими при отсутствии уверенности в обеспечении в них потребностей организма будут приводить к разноречивым или ошибочным выводам.

В эксперименте дефицит микроэлементов подтверждали включением контрольной группы в схему опыта, которая не получала испытываемые источники микроэлементов в составе рациона. Цыплята, выращиваемые на рационе без добавок микроэлементов, уже в первую неделю жизни потребили корма на 50% меньше по сравнению с аналогами, которые получали комбикорм, обогащенный микроэлементами в соответствии с рекомендациями НИС США. Аппетит у птицы был резко угнетен: после второй недели жизни и потребление корма снизилось в два раза. Соответственно, живая масса цыплят контрольной группы в 35-дневном возрасте была на 91% ниже по сравнению с бройлерами, получавшими корм, обогащенный сернокислыми солями микроэлементов. Ввод в комбикорм пониженной дозы микроэлементов за счет использования сернокислых солей по сравнению с рекомендациями НИС снизил его потребление только в первую неделю жизни цыплят, но достоверно не влиял на их рост, так же как и их замена органическими соединениями микроэлементов. В период с 8 по 35 день жизни потребление кормов и живая масса между опытными группами не различались (табл. 3). Всасывание меди было одинаковым во всех отделах тонкого кишечника и почти не зависело от ее источника, в то время как марганец в целом всасывался слабо, преимущественно в двенадцатиперстной кишке, и лучше из органического источника. Цинк при вводе в корм в виде неорганического и органического источников одинаково эффективно всасывался в двенадцатиперстной кишке, в подвздошной — еще больше, но незаметно в тощей кишке. На основании анализа тканей авторы пришли к выводу, что концентрация меди и железа в костях не может быть маркером обеспеченности организма этими элементами (Бао с соавт., 2010).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Хелатные соединения железа, меди, цинка и марганца с казеином, аминокислотами, молочной или лимонной кислотами обладают более высокой биодоступностью по сравнению с сульфатами, в связи с чем норму вводу этих микроэлементов в рационы животных можно уменьшить на 20–40%. ➡

Таблица 3. Влияние на цыплят-бройлеров различных источников и доз микроэлементов

Вариант рациона	Содержание в комбикорме, мг/кг				Живая масса в 35 дней, г	Расход корма на 1 кг прироста, кг
	меди	железа	марганца	цинка		
Контроль (ОР)	0	0	0	0	1020	1,57
В соответствии с рекомендациями НИС США (NRC)*	8	40	60	40	1950	1,60
С неорганическими источниками микроэлементов*	4	20	40	30	2038	1,54
С органическими источниками микроэлементов**	4	20	40	30	2013	1,57

Источник: Бао с соавт., 2010.

Примечание. ОР — стартер и финишер, произведенные на основе сорго и соевого изолята, с содержанием в 1 кг 7,4–8,8 мг меди, 60,1–69,2 мг железа, 14,6–15,4 мг марганца, 19,1–20,6 мг цинка.

*Сернокислые соли.

**Хелаты микроэлементов (Bioplex).

Подводя итог, отметим, что основной довод в пользу применения органических соединений микроэлементов заключается в том, что микроэлементы в их составе характеризуются большей биодоступностью по сравнению с неорганическими источниками и поэтому обеспечивают потребность организма при меньшем их вводе в рацион. Вместе с тем необходимо напомнить, что общепризнанная научная методология оценки доступности и усвояемости микроэлементов из различных источников отсутствует. Для их оценки используют около десятка различных методов, в которых используют разные критерии. В зависимости от выбранных показателей или их сочетания выводы будут различаться. Разработка оптимальных норм потребности в любом питательном веществе методически предусматривает определение его количества, обеспечивающего максимальную продуктивность или другого целевого признака. Для определения потребности животных в микроэлементах были проведены десятки сотен исследований, которые позволили установить эти нормы. Но рекомендации по использованию органических соединений микроэлементов для более полного удовлетворения потребности организма в микроэлементах несостоятельны.

Наряду с преимуществами органических соединений микроэлементов перед неорганическими по действию на здоровье и продуктивность животных, во многих опубликованных исследованиях таковых не отмечается. Эти факты не следует считать противоречивыми, поскольку они получены в конкретных условиях, детали которых не всегда учитывались или упускались из внимания, но могли существенно повлиять на результаты. Известно негативное влияние фитатов на усвоение цинка и в меньшей степени других микроэлементов при использовании их неорганических источников. Широко распространенное применение фитаз не только повышает доступность фосфора, но в первую очередь разрушает фитаты, которые связывают двухвалентные металлы, ограничивая их биодоступность. В связи с этим применение фитаз, повышающих доступность микроэлементов из неорганических источников, существенно снижает преимущество органических соединений. Практическое применение органических соединений микроэлементов ограничивает отсутствие методов контроля их содержания в составе препаратов, премиксов и комбикормов, что создает возможность фальсификации предлагаемых продуктов, и отсутствие научных рекомендаций по определению их свойств, влияющих на продуктивность.

Принятию решения о применении органических соединений микроэлементов должно предшествовать их испытание в конкретных условиях и оценка экономической эффективности. С учетом предполагаемого «экстремального» действия органических соединений можно обратить внимание на подтвержденную в научных исследованиях эффективность применения органического источ-

ника одного из микроэлементов, предпочитая источники цинка. Это позволит снизить стоимость кормов и упростить технологию производства.

Литература

1. *Шацких, Е. В.* Физиологическое обоснование использования разных форм соединений селена, йода и цинка в кормлении цыплят-бройлеров : автореф. дис. д-ра биол. наук / Е. В. Шацких. — Боровск, 2009. — 47 с.
2. Association of American feed control officials, inc., AAFCO official definition 57.142. — Official publication, 1990. — P. 164–165.
3. *Abdallah, A. G.* Influence of same organic mineral supplementations on broiler performance / A. G. Abdallah, O. V. El-Husseiny, K. O. Abdel-Latif // *Int. J. of Poultry Science*. — 2009. — 8. — P. 291–298.
4. Investigation of antagonism and absorption of zinc and copper when different forms of minerals were fed to chicks / T. Ao [et al.] // *Poultry Science*. — 2009. — 88. — P. 2171–2175.
5. The digestibility of organic trace minerals along the small intestine in broiler chickens / Y. M. Bao [et al.] // *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* — 2010. — V. 23. — P. 90–97.
6. Doğan, A. The stability constants of copper (II) complexes with some α -amino acids in dioxan–water mixtures / A. Doğan, F. Köseoğlu, E. Kiliç // *Analytical Biochemistry*. — 2001. — 295. — P. 237–239.
7. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry / R. Guo [et al.] // *J. Anim. Sci.* — 2001. — 79. — P. 1132–1141.
8. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional cornsoybean meal diet / Y. L. Huang [et al.] // *J. Anim. Sci.* — 2009. — 87. — P. 2038–2046.
9. Trace minerals: what text books don't tell you? In: re-defining mineral nutrition / G. G. Mateos [et al.] // *Nottingham Univ. Press*. — 2005. — P. 21–61.
10. *Nielsen, F. H.* Effect of some dietary synthetic and natural chelating agents on the zinc-deficiency syndrome in the chick / F. H. Nielsen, M. L. Sunde, W. G. Hoekstra // *Journal of Nutrition*. — 1966. — 89. — P. 35–42.
11. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on production and mineral excretion / L. Nollet [et al.] // *J. Appl. Res.* — 2007. — 16. — P. 592–597.
12. Dietary levels of zinc and manganese on the performance of broilers between 1 to 42 days of age / B. H. C. Pacheco [et al.] // *Brazilian Journal of Poultry Science*. — 2017. — 19. — P. 171–178.
13. *Schlegel, P.* Bioavailability of zinc sources and their interaction with phytates in broilers and piglets / P. Schlegel, D. Sauvant, C. Jondreville // *Animal*. — 2013. — V. 7. — P. 47–59.
14. *Vohra, P.* Influence of various chelating agents on the availability of zinc / P. Vohra, F. H. Kratzer // *J. Nutrition*. — 1964. — 82. — P. 249–256.
15. *Wedekind, K. J.* Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for fed corn-soybean meal diets / K. J. Wedekind // *J. Anim. Sci.* — 1994. — 72. — P. 2681–2689. ■