

**ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В ВИТАМИНЕ Е
И ЖЕЛЕЗЕ С УЧЁТОМ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ СОПРЯЖЁННОСТИ ИХ ДЕЙСТВИЯ
В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ**

¹Микулец Ю.И., ²Ушаков А.С.

¹Московский гуманитарно-экономический университет, Москва;

²Институт физиологии, биохимии и питания животных – филиал ФИЦ ВИЖ
им. Л.К.Эрнста, Боровск Калужской обл., Российская Федерация

При изучении действия микроэлементов и витаминов у животных выявлено наличие взаимосвязи витамина Е (альфа-токоферола, аТФ) и железа в метаболизме, в частности, в процессах транспорта электронов и биосинтеза гема за счёт способности аТФ поддерживать необходимое соотношение закисного и окисного железа в тканях, либо влиять на распределение железа в организме. Теоретические неясности в этой области затрудняют выработку нормативов ввода добавок аТФ и Fe в рационы продуктивных животных и птицы. Цель работы – на основе систематизации результатов ранее проведенных исследований, литературных данных и проведенных опытов провести уточнённую оценку потребности цыплят-бройлеров в аТФ и Fe с учётом отрицательной сопряжённости их действия в тонком кишечнике. Было проведено 2 опыта, первый опыт проведен на 5 группах цыплят-бройлеров 20-дн. возраста, получавших (ОР), содержащий 25 мг аТФ, в рационы II, III, IV и V групп дополнительно включали 150, 300, 450 и 600 мг Fe соответственно. Во втором опыте I, II, III, IV и V группы получали ОР + 150 мг Fe, а II, III, IV и V группы – ОР + 150 мг Fe добавку аТФ в дозе 10, 25, 50 и 150 мг соответственно. В первом опыте выявлена отрицательная взаимосвязь между концентрацией в гомогенате стенки тонкого отдела кишечника Fe и аТФ (объединённые данные по пяти группам, коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,76$, $P < 0,01$) в связи с добавками Fe. Во втором опыте также выявлена отрицательная взаимосвязь между концентрацией аТФ и Fe, в связи с добавками аТФ ($r = 0,46$, $P < 0,05$) в связи с добавками аТФ Fe. Наилучшие зоотехнические показатели отмечены в первом опыте во 2-ой группе, во втором – в 3-й группе. Заключение о целесообразности в первый период выращивания цыплят-бройлеров (1-28 суток) при содержании в рационе более 370 мг Fe/кг корма увеличить норму ввода аТФ до 50 мг/кг корма.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, витамин Е, железо, отрицательная сопряжённость действия, нормы ввода в рацион

Проблемы биологии продуктивных животных, 2020, 4: 106-114

Введение

В настоящее время известно, что токоферолы регулируют множество жизненно важных процессов в организме всех млекопитающих и птицы. Их дефицит приводит к нарушению деятельности не только воспроизводительной системы, но и многих других органов и тканей: мышц (мышечная дистрофия), мозга (энцефаломалиция), эпителия (экссудативный диатез), печени (массивный некроз печени), крови (гемолиз эритроцитов), лёгких (гемморагия), почек (дегенерация извилистых канальцев). Синтезируются они в организме растений, где активно участвуют в процессах метаболизма, в фотосинтезе; их окисленные формы выполняют функции переносчиков кислорода к цитохрому и т.д. Предотвращая окисление ненасыщенных жирных кислот, - важнейшего компонента клеточных мембран и органелл, токоферолы поддерживают структурную целостность клеток, а следовательно, всего организма (Болотников, Конопатов, 1991; Барабой, Орел, Карнаух, 1993; Дудин 2001). Они активно участвуют в обмене белков, углеводов,

жиров и некоторых важнейших макро- и макроэлементов (Спиричев, Конь 1989; Надилов Н.К. 1991; Микулец, 2004; Спиричев, 2011; Микулец, Тухина 2014; Микулец, 2015; Florou-Paneri et al., 2006; Samadi, Sahneh 2015; Zdanowska-Sasiadek et al., 2016; Aghaei et al., 2017).

Известна связь группы изомеров витамина Е с изомерами витаминов А и Д (Бауман, 1989; Душейко, 1989, Микулец, Тухина, 2014). Немаловажную роль в живом организме играет и железо (Авцын, 1991; Белоус, Конник, 1991). Оно принадлежит к элементам с переменной валентностью, и поэтому соединения железа способны принимать участие в окислительно-восстановительных реакциях наряду с токоферолами. Железо входит в состав дыхательных пигментов, цитохромов, гемоглобина, многих ферментов и других химических соединений. Оно участвует в процессах связывания и переноса кислорода к тканям; стимулирует функцию кроветворных органов; применяется в качестве лекарственного средства при анемиях и некоторых других патологических состояниях. Основным источником железа и токоферола является пища.

Известно, что железо является необходимым биохимическим компонентом в ключевых процессах метаболизма, роста и пролиферации клеток. Исключительная роль железа определяется важными биологическими функциями белков, в состав которых входит этот биоэлемент. К наиболее известным железосодержащим белкам относятся гемоглобин и миоглобин. Помимо последних, железо находится в составе значительного количества ферментов, участвующих в процессах энергообразования (цитохромы), в биосинтезе ДНК и делении клеток, детоксикации продуктов эндогенного распада, а также в нейтрализации активных форм кислорода (пероксидазы, цитохромоксидазы, каталазы). В последние годы установлена роль железосодержащих белков (ферритин и трансферрин) в реализации клеточного иммунитета, регуляции кроветворения. Вместе с тем железо может быть исключительно токсичным элементом, если присутствует в организме в повышенных концентрациях, превышающих ёмкость железосодержащих белков. Потенциальная токсичность свободного двухвалентного железа (Fe^{+2}) объясняется его способностью запускать цепные свободнорадикальные реакции, приводящие к перекисному окислению липидов биологических мембран и токсическому повреждению белков и нуклеиновых кислот.

Основным местом всасывания железа является тонкий кишечник. Железо в пище содержится в основном в форме Fe^{+3} , но лучше всасывается в двухвалентной форме Fe^{+2} . Под воздействием соляной кислоты желудочного сока железо высвобождается из пищи и превращается из Fe^{+3} в Fe^{+2} . Этот процесс ускоряется аскорбиновой кислотой, ионами меди, которые способствуют всасыванию железа в организме. Абсорбция железа в кишечнике ухудшается при нарушении нормальной функции желудка. До 90% железа всасывается в двенадцатиперстной кишке и начальных отделах тощей кишки. При дефиците железа зона всасывания расширяется дистально, захватывая слизистую верхнего отдела подвздошной кишки, что обеспечивает усиление его абсорбции (Авцын, 1991; Белоус, Конник, 1991; Микулец 1996, 2002; Zago, Oteiza, 2001; Nikonov et al. 2011; Drygalski, Adamson, 2013; Rizvi et al., 2014; Hassanpour et al., 2016; Mogahid et al., 2019; Surai, Kochish, 2019).

Молекулярные механизмы всасывания железа изучены недостаточно. Определено несколько специфических белков, содержащихся в энтероците, способствующих всасыванию железа: мобилферрин, интегрин и ферроредуктаза. Свободное неорганическое железо или геминное железо (Fe^{+2}) поступает в энтероциты по градиенту концентрации. Основной барьер для железа – это, по-видимому, не участок щёточной каймы энтероцита, а мембрана между энтероцитом и капилляром, где присутствует специфический переносчик двухвалентных катионов (divalent cation transporter 1 - DCT1), связывающий Fe^{+2} .

Данный белок синтезируется только в криптах двенадцатиперстной кишки. При сидеропении синтез его увеличивается, что приводит к увеличению скорости всасывания алиментарного железа. В присутствии высоких концентраций кальция, являющегося конкурентным ингибитором DCT1, снижается всасывание железа. В энтероцитах содержатся трансферрин и ферритин, которые регулируют абсорбцию железа. Между трансферрином и ферритином существует динамическое равновесие по связыванию железа. Трансферрин связывает железо и переносит его к мембранному переносчику. Регуляция активности мембранного переносчика

осуществляется апоферритином (белковая часть ферритина). В случае, когда организму не требуется железо, происходит избыточный синтез апоферритина для связывания железа, которое задерживается в клетке в комплексе с ферритином и удаляется со слущивающимся кишечным эпителием. Наоборот, при дефиците железа в организме, синтез апоферритина снижен (нет необходимости запасать железо), одновременно увеличивается перенос железа DCT1 через мембрану энтероцит - капилляр.

Обмен железа в организме человека достаточно экономичен. Постоянно происходит обмен железа между сохраняемым и активно метаболизируемым пулами. Обмен железа в организме состоит из нескольких этапов: всасывание в желудочно-кишечном тракте, транспорт, внутриклеточный метаболизм и депонирование, утилизация и реутилизация, экскреция из организма. Транспортная система энтероцитов кишечника способна поддерживать оптимальный уровень абсорбции железа, поступающего с пищей.

Важное значение в питании цыплят-бройлеров имеют витамины и минеральные элементы, недостаток или избыток которых наносит значительный ущерб птицеводству, сдерживает рост поголовья, вызывает заболевания и падёж, резко снижает продуктивность и качество мяса. В связи с этим витамины и минеральные элементы должны поступать в организм в оптимальных количествах и соотношениях. К жизненно необходимым факторам питания относятся витамин Е и железо. Они регулируют большое количество биохимических реакций в организме животных.

Вместе с тем существуют веские доказательства наличия тесной взаимосвязи витамина Е и железа в метаболизме. Наиболее ярко она проявляется в процессах транспорта электронов и биосинтеза гема. Механизмы этой взаимосвязи еще полностью не установлены. Ряд проявлений можно объяснить способностью витамина Е поддерживать необходимое соотношение закисного и окисного железа в тканях, либо влиять на распределение железа в организме. Теоретические неясности во взаимоотношениях между витамином Е и Fe напрямую связаны с отсутствием биологического обоснования в рационах с -х животных витамина Е и Fe с учётом сопряжённости их действия в метаболизме. В частности, особый интерес представляет изучение этой взаимосвязи на цыплятах-бройлерах, у которых обнаружены резкие изменения в метаболизме витамина Е, особенно в первый период выращивания. Также установлено, что содержание железа в рационе птицы обычно превышает норму в 2-4 раза.

Цель жанной работы – на основе систематизации результатов ранее проведенных исследований, литературных данных и проведенных опытов провести уточнённую оценку потребности цыплят-бройлеров в аТФ и Fe с учётом отрицательной сопряжённости их действия в тонком кишечнике.

Материал и методы

В условиях вивария ВНИИФБиП было поставлено два опыта.

Опыт 1. Его цель состояла в выявлении сдвигов в метаболизме витамина Е у цыплят-бройлеров при введении в рацион добавок железа. Опыт проведен на 5 группах цыплят-бройлеров кросса "Гибро-6" 20-дн. возраста по 100 голов в каждой. Все группы получали основной рацион (ОР), содержащий 25 мг аТФ, в рационы II, III, IV и V групп дополнительно к ОР включали 150, 300, 450 и 600 мг железа соответственно.

Опыт 2. Целью этого опыта было изучение изменений в метаболизме железа при введении в рацион добавок аТФ. Эксперимент поставлен на 5 группах цыплят по 100 голов в каждой; I, II, III, IV и V группы получали ОР + 150 мг Fe, а II, III, IV и V группы – ОР + 150 мг Fe и добавку аТФ в дозе 10, 25, 50 и 150 мг соответственно.

В период проведения опытов производили убой птицы методом декапитации по 5 голов в группе в возрасте 20 сут. Для проведения биохимических анализов были взяты пробы кормов, цельной крови, стенки тонкого кишечника, помёта. Цыплята имели свободный доступ к воде и корму при строгом учёте его поедаемости. Осуществляли контроль за зоотехническими показателями - живой массой, приростом ЖМ, затратами корма на 1 кг прироста, сохранностью

птицы и др. В отобранных пробах определяли концентрацию α ТФ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе «Милихром-4», железа – методом пламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии на приборе ААС-703-1 фирмы Perkin-Elmer (Кальницкий, Кузнецов, 1988)), а также спектрофотометрически – общую железосвязывающую способность плазмы крови и насыщенность трансферрина железом (Антонов, 1991; Бабич, 1991).

Результаты и обсуждение

Проведенный регрессионный анализ полученных данных выявил наличие существенной отрицательной взаимосвязи между (первый опыт, $r = 0,76$, $P < 0.01$) концентрацией в гомогенате стенки тонкого отдела кишечника железа (x , ось абсцисс) и α -токоферилхинона (y , ось ординат) у 20 сут. цыплят-бройлеров (объединённые данные по пяти группам), т.е. чем больше содержание железа в гомогенате стенки кишечника, тем меньше концентрация α -токоферилхинона в связи с различными добавками железа к основному рациону.

Менее выражена аналогичная взаимосвязь в связи с различными добавками витамина Е к основному рациону (второй опыт, $r = 0,46$, $P < 0.05$), т.е. чем больше содержание в гомогенате стенки α -токоферилхинона (x , ось абсцисс) тем меньше содержание железа (y , ось ординат).

Известно о наличии антагонистических и синергических взаимосвязей между микроэлементами и витаминами. Ранее было показано, что скормливание мясным цыплятам кормосмесей, содержащих от 0,25 до 1,5 мг хрома/кг корма способствует увеличению накопления в их печени витамина А на 16,8% и Е на 17,2% (Гогин, 2001, Микулец, 2015). Изучение влияния гипердоз витамина А на метаболизм селена и токоферола у цыплят показало, что витамин А в дозе 1×10^6 МЕ/кг задерживает рост цыплят при недостаточности в рационе витамина Е, а селен предупреждает возникновение экссудативного диатеза. Было установлено, что высокий уровень витамина А в корме способствует всасыванию селена, но задерживает всасывание витамина Е в кишечном тракте кур (Строжа, Вевере, 1990; Микулец, 2004, 2015). Витамины А, С и Е дополнительно добавленные к полноценному корму в количестве 1 млн. МЕ/кг, 500 и 50 мг/кг соответственно, у 30-дневных цыплят изменяют накопление селена в мукозе тонкой кишки (Атлавин и др., 1990; Микулец, 2004, 2015).

Дополняют приведенные данные следующие факты. Fe играет важную роль в активации ферментов, участвующих в синтезе гема: δ -АЛК-синтетазы, δ -АЛК-дегидратазы, гемсинтетазы, из них δ -АЛК-синтетаза и δ -АЛК-дегидратаза являются ключевыми ферментами в регуляции синтеза гема. Дефицит Fe приводит к нарушению образования гема (Микулец, 2004, 2015; Brown et al., 1958; Goldberg et al., 1970; Gutnick et al., 1971). Также было установлено, что недостаток токоферола у крыс приводит к снижению активности АЛК-синтетазы в костном мозге и АЛК-дегидратазы в печени (Надилов, 1991). Имеются данные о подавлении экскреции с мочой порфиринов и их предшественников путем введения витамина Е кроликам при отравлении их свинцом и крысам при порфирии, вызванной аллилизопропилацетамидом (АИА). Экспериментально показано, что при порфириях, характеризующихся аномально высокой активностью печеночной АЛК-синтетазы, витамин Е специфически препятствует индукции этого фермента.

Интересные результаты, связанные с механизмом порфириногенного действия АИА и предотвращения его витамином Е, получены при изучении влияния АИА и токоферола на синтез РНК и белка (Паливода и др., 1981). Активность δ -АЛК-дегидратазы значительно повышена (Микулец, 2004; Heilmeyer, 1966; Kaneko, 1970; Chalevelakis et al., 1977), или неизменена (Battistini et al., 1971). Существует и противоположная точка зрения; экскреция δ -АЛК повышена при обеднении организма железом (Микулец 2002, 2004; Heilmeyer, 1966). Механизмы, способствующие повышению активности δ -АЛК-дегидратазы в эритроцитах, не ясны при железодефицитной анемии. δ -АЛК-Синтетаза (КФ 23.1.37) катализирует скорость лимитирующую стадию биосинтеза гема в клетках животных. Предполагается, что ингибирование δ -АЛК-синтетазы

в печени в первые часы после введения ионов металлов опосредовано увеличением содержания свободного гема (Maines, 1984), источники которого не установлены (Микулец, 2002, 2004).

Изучена активность δ -АЛК-синтетазы, глутатионредуктазы и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, содержание глутатиона в печени и спектр поглощения сыворотки крови крыс после введения CoCl_2 , HgCl_2 , β -адреноблокатора пропранолола, а также совместного введения пропранолола и хлористого кобальта (Калиман, Баранник, 1999). Полученные результаты показали, что при окислительном стрессе изменение уровня свободного гема в клетках печени предшествуют изменениям содержания глутатиона и, очевидно, является определяющим в регуляции активности δ -АЛК-синтетазы. Степень и длительность δ -АЛК-синтетазной активности при действии тяжёлых металлов и металлов с переменной валентностью в значительной мере определяются способностью ионов данных металлов встраиваться в протопорфириновое кольцо. Однако, активность фермента зависит от уровня плазменного железа и его запасов в организме.

Пока недостаточно материала о влиянии витамина Е на активность δ -АЛК-синтетазы и δ -АЛК-дегидратазы. С одной стороны, повышение ферментативной активности δ -АЛК-дегидратазы способствует образованию монопирролпорфобилиногена, а уменьшение выделения АЛК, с другой стороны, может свидетельствовать о возможном нарушении синтеза монопирролпорфобилиногена. Возможно, что повышение активности фермента носит компенсаторный характер (Микулец 2002, 2004).

Промышленное бройлерное производство с самого начала его организации базируется на использовании гибридной птицы, получаемой от скрещивания специализированных сочетающихся линий кур двух пород – плимутрок и корниш. В первые недели постэмбрионального развития цыплят наблюдаются определенные закономерности в изменении размеров эритроцитов. Учитывая несовершенство терморегуляционных процессов у цыплят в первые дни жизни, следует считать изменения ферментативной активности эритроцитов, а также значительные биохимические изменения клеток крови необходимыми условиями для адаптации организма к изменившимся условиям существования (Болотников, Конопатов, 1993).

Известно, что у молодых цыплят и утят эритроциты больше, чем у взрослых особей. В последующие дни размеры эритроцитов становятся меньше и у двухнедельных утят достигают величины эритроцитов взрослой утки. У цыплят двухнедельного возраста размеры эритроцитов становятся даже мельче, чем у взрослой курицы. По мере взросления птицы эритроциты постепенно увеличиваются и только к 4 месяцам достигают окончательных размеров, соответствующих эритроцитам взрослых особей. С уменьшением размеров эритроцитов количество гемоглобина в них увеличивается, и способность к транспорту кислорода возрастает. Установлено, что при переходе от поглощения эритроцитами кислорода в условиях эмбриогенеза к постнатальному развитию постепенно увеличивается устойчивость мембран эритроцитов к щелочному воздействию среды, происходит и замена фетального гемоглобина эмбриона гемоглобином взрослого. Следовательно, у цыплят-бройлеров существуют два критических периода (8-14 и 49-53 сут), когда наблюдается нарушение нормальных величин концентрации как железа, так и витамина Е в плазме крови, печени, слизистой тонкого отдела кишечника, остаточном желтке.

В любом случае как избыток витаминов группы Е так и железа, а также их переход в окисленные формы, могут отрицательно повлиять на продуктивность цыплят (живая масса, прирост и др.).

Исходя из анализа данных по влиянию витамина Е на биосинтез гема путем генетически опосредованной регуляции ферментативных этапов в синтезе АЛК и порфобилиногена, в работе (Надилов, 1991), приведена схема каскадного эффекта хронической недостаточности витамина Е. Судя по приведенной схеме, токоферол контролирует степень перекисного окисления липидов через уровень гемзависимой каталитической активности, способной к связыванию липидных перекисей. В работе представлена схема влияния витамина Е на содержание в клетке продуктов перекисного окисления полиненасыщенных жирных кислот с позиций регуляции активности гемсодержащего белка каталазы. Конъюгация гема с апобелком каталазы обеспечивает каталитическое связывание образующихся перекисей. Проксиданты, такие как ионы металлов, (в

частности, железо), радиация и гипероксия, увеличивают клеточную концентрацию перекисей и следовательно, потребность в каталазе, геме и в витамине Е. Наоборот, антиоксиданты, противодействующие процессу перекисного окисления, снижают потребность в каталазе и геме, тем самым способствуя сохранению уровня витамина Е.

Исследование активности каталазы в печени токоферол-недостаточных и нормальных крыс линии Wistar показало, что в условиях дефицита витамина Е активность фермента составила всего 55% от контроля, снизилась с 12 ед/мг белка у нормальных животных до 6,7 у токоферол-недостаточных. Приведены данные о влиянии возраста животных на активность каталазы печени у нормальных и Е-гиповитаминозных крыс двух линий. У крыс линии Wistar, каталазная активность в условиях дефицита токоферола уменьшалась с возрастом очень существенно, но заметно увеличивалась у контрольных животных. У животных линии Sprague-Dawley она падала с возрастом и у нормальных, и у крыс с недостаточностью витамина (Белостоцкая, 1987; Барабой и др, 1991; Микулец 2002, 2004; Britton et al., 1987; Fritz, 1987; Frigg et al., 1993).

В наших ранее проведенных исследованиях была показана взаимосвязь витамина Е и железа у растущих цыплят-бройлеров кросса «Гибро» (Микулец, Дудин, 1995; Микулец, 1996). Многочисленные работы, посвященные взаимодействию витамина Е и железа у человека (Смолинская, 1964; Арчаков, 1975; Хафизов и др., 1975; Серебрянникова и др., 1979; Донченко и др, 1983; Надилов, 1991; Белоус и др, 1991; Панасенко и др, 1993) позволяют предположить, что избыток экзогенного железа ведет к возрастанию перекисного окисления липидов в эритроцитах в тот возрастной период, когда обычные антипероксидантные механизмы эритроцитов являются ещё недостаточными. В связи с этим был проведен ряд экспериментов, направленных на изучение влияния дополнительно вводимого железа и/или витамина Е на некоторые показатели крови недоношенных детей в течение первых 4-х месяцев жизни. Был сделан вывод, что все новорожденные испытывают «физиологическую» недостаточность в витамине Е.

Исследовалось содержание витамина Е в плазме и жирнокислотный состав липидов плазмы и эритроцитов новорожденных в течение первого месяца жизни. Результаты показали, что для новорожденных характерны наиболее низкий уровень витамина Е в плазме и наименьшее отношение концентрации его в плазме крови к содержанию ненасыщенных жирных кислот в эритроцитах. Также описана связь клинических проявлений порфирии с низким уровнем токоферола в крови (Надилов, 1981, 1991). При этом терапия витамином привела к повышению его уровня в плазме параллельно с улучшением больных.

В целом, систематизация результатов ранее проведенных исследований и полученные новые экспериментальные данные свидетельствуют о наличии отрицательной сопряженности действия витамина Е и железа в тонком кишечнике у цыплят-бройлеров, наиболее выраженной в 1-28 сут. возрасте..

Заключение

Таким образом, полученные экспериментальные данные, а также систематизация литературных данных по изучению эффекта отрицательной сопряженности действия железа и альфа-токоферола дают основание заключить, что для повышения темпов роста и сохранности цыплят-бройлеров целесообразно увеличить норму ввода витамина Е в рационы, содержащие около 15 мг альфа-токоферола и около 200 мг Fe/кг корма, с 10 до 25 и с 7 до 10 мг/кг в первый и второй периоды выращивания соответственно. При содержании в рационе более 370 мг Fe/кг корма целесообразно в первый период выращивания цыплят (1-28 суток) увеличить норму ввода витамина Е до 50 мг/кг корма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Барабой В.А., Орёл В.Э., Карнаух И.М. Перекисное окисление и радиация. – Киев: Наукова думка, 1991. – 256 с.

3. Бауман В.К. Биохимия и физиология витамина Д. – Рига: Зинатне, 1989. – 480 с.
4. Белоус А.М., Конник К.Т. Физиологическая роль железа. – Киев: Наукова думка. 1991. – 104 с.
5. Болотников И. А., Конопатов Ю. В. Практическая иммунология сельскохозяйственной птицы. – Санкт-Петербург: Наука, 1993. – 204 с.
6. Дудин В.И. Метаболизм альфа-токоферола в организме с.-х животных: автореф. дисс... д.б.н. – Боровск, 2001. – 50 с.
7. Душейко А.А. Витамин А, обмен и функции. – Киев.: Наукова думка, 1989. – 288 с.
8. Микулец Ю.И., Дудин В.И. Взаимосвязь между уровнем железа и метаболизмом альфа-токоферола в организме цыплят-бройлеров в раннем онтогенезе // С.-х. биология. – 1995. – № 2. – С. 117-119.
9. Микулец Ю.И. Взаимосвязь витамина Е и железа у цыплят-бройлеров в онтогенезе: автореф. дисс... к.б.н. – Боровск. 1996. – 27 с.
10. Микулец Ю.И. Биохимические основы взаимосвязи некоторых витаминов и микроэлементов в онтогенезе у птиц: автореф. дисс... д.б.н. – Боровск, 2002. 50 с.
11. Микулец Ю.И., Цыганов А.Р., Тищенко А.Н., Фисинин В.И., Егоров И.А. Биохимические и физиологические аспекты взаимодействия витаминов и биоэлементов. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. – 192 с.
12. Микулец Ю.И. Взаимосвязь витаминов и биоэлементов. – М.: МГГЭУ, 2015. – 187 с.
13. Микулец Ю.И., Тухина Н.Ю. Взаимосвязь разных уровней витамина А с повышенным фоном железа в рационе у цыплят-бройлеров // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2014. – № 1. – С. 59-67.
14. Надилов Н.К. Токоферолы и их применение в медицине и сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1991. – 336 с.
15. Спиричев В.Б., Конь И.Я. Биологическая роль жирорастворимых витаминов // Итоги науки и техники. Физиология человека и животных. – 1989. – № 37. – 227 с.
16. Спиричев В.Б. О биологических эффектах витамина Д // Педиатрия. – 2011, Т. 90. – № 6. – С. 113-120.
17. Aghaei A., Khosravinia H., Mamouei M., Azarfar A., Shahriari A. Effects of dietary supplementation of zinc and α -tocopheryl acetate on performance and zinc concentrations in egg and tissues of japanese quails // Zinc and Vitamin E in Quail Nutr. Poultry Sci. J. – 2017. – Vol. 5. – No. 1. – P. 57-64.
18. Bess F., Vieira S.L., Favero A., Cruz R.A., Nascimento P.C. Dietary iron effects on broiler breeder performance and egg iron contents // Anim. Feed Sci. Technol. – 2012. – Vol. 178. – No. 1-2. – P. 67-73.
19. Drygalski A.V., Adamson J.W. Iron metabolism in man // J. Parent. Nutr. – 2013. – Vol. 37. – No. 5. – P. 599-606.
20. Florou-Paneri P.I. Giannenas E., Christaki A., Govaris N., Botsoglou A. Performance of chickens and oxidative stability of the produced meat as affected by feed supplementation with oregano, vitamin C, vitamin E and their combinations // Arch. Geflügelk. – 2006. – Vol. 70. – P. 232-240.
21. Hassanpour H., Bahadoran S., Borjian N. Vitamin E improves morphology and absorptive surface of small intestine in broiler chickens were are dathig haltitude. – Poult Sci. J. – 2016. – Vol. 4. – P. 19-26.
22. Mahmoud A., Shaaban S., Elnesr M.R., Farag R.T., Mohd I.Y., Kumaragurubaran K., Michalak I., Kuldeep D. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review // J. Veter. Quart. – 2020. – Vol. 41. – P. 1-29.
23. Mogahid A.A., Gad G.G., Abdalla E A , Elwardany I. Influence of in ovo injection of in organic iron and its nanoparticles form on growth, and physiological response of broiler chickens // Arab. Univ. J. Agri. Sci. – 2019. – Vol. 26. – No. 6. – P. 2369-2376.
24. Nikonov I.N., Folmanis Y.G., Folmanis G.E., Kovalenko L.V., Laptev G.Y., Egorov I.A., Tananaev I.G. Iron nanoparticles as a food additive for poultry // Doklady Biol. Sci. – 2011. – Vol. 440. – P. 328-331.
25. Rizvi S., Raza S.T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S., Mahdi F. The role of vitamin E in human health and some diseases // Sultan Qaboos Univ. Med. J. – 2014. – Vol. 14. – No. 2: e157.
26. Samadi F., Sahneh M. Effects of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf meal and vitamin E on productive performance, intestinal microflora and morphology in Japanese quail // Poult. Sci. J. – 2015. – Vol. 3. – No. 1. – P. 87-98.
27. Surai P.F., Kochish I.I. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of selenium // Poult. Sci. – 2019. – Vol. 98. – No. 10. – P. 4231-4239.
28. Zago M.P., Oteiza P.I. The antioxidant properties of zinc: interactions with iron and antioxidants // Free Rad. Biol. Med. – 2001. – Vol. 31. – No. 2. – P. 266-274.
29. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczuk M., Damaziak K., Niemiec J., Poławska E., Gozdowski D., Róžańska E.. Effect of vitamin E supplementation on growth performance and chicken 20 meat quality // Europ. Poult. Sci. J. – 2016. – Vol. 80. – P. 1-14.

30. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczuk M., Poławska E., Damaziak K., Niemiec J., Radzik-Rant A. Dietary vitamin E supplementation on cholesterol, vitamin E content and fatty acid profile in chicken muscles // *Can. J. Anim. Sci.* – 2016. – Vol. 96. – P. 114-120.

REFERENCES

1. Aghaei A., Khosravinia H., Mamuoie M., Azarfar A., Shahriari A. Effects of dietary supplementation of zinc and α -tocopheryl acetate on performance and zinc concentrations in egg and tissues of Japanese quails. *Zinc and Vitamin E in Quail Nutr. Poultry Sci. J.* 2017, 5(1): 57-64.
2. Avtsyn A.P., Tsyganov A.R., Tishenkov A.N., Fisinin V.I., Egorov I.A. *Mikroelementozy cheloveka* (Human microelementosis). Moscow: Meditsina Publ., 1991, 496 p.
3. Baraboi V.A., Orel V.E., Karnaukh I.M. *Perekisnoe okislenie i radiatsiya* (Peroxidation and radiation). Kiev: Naukova Dumka Publ., 1991, 256 p.
4. Bauman V.K. *Biokhimiya i fiziologiya vitamina D* (Biochemistry and physiology of vitamin D). Riga: Zinatne Publ., 1989, 480 p.
5. Belous A.M., Konnik K.T. *Fiziologicheskaya rol' zheleza* (Physiological role of iron). Kiev: Naukova Dumka Publ., 1991, 104 p.
6. Bess F., Vieira S.L., Favero A., Cruz R.A., Nascimento P.C. Dietary iron effects on broiler breeder performance and egg iron contents. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2012, 178(1-2): 67-73.
7. Bolotnikov I.A., Konopatov Yu.V. *Prakticheskaya immunologiya sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* (Practical immunology of poultry). St-Petersburg: Nauka Publ., 1993, 204 p.
8. Drygal'ski A.V., Adamson J.W. Iron metabolism in man. *J. Parent. Nutr.* 2013, 37(5): 599-606.
9. Dudin V.I. *Metabolizm al'fa-tokoferola v organizme s.-kh zhivotnykh* (). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2001, 50 p.
10. Dusheiko A.A. *Vitamin A, obmen i funktsii* (Vitamin A, metabolism and function). Kiev: Naukova Dumka Publ., 1989, 288 p.
11. Florou-Paneri P.I., Giannenas E., Christaki A., Govaris N., Botsoglou A. Performance of chickens and oxidative stability of the produced meat as affected by feed supplementation with oregano, vitamin C, vitamin E and their combinations. *Arch. Geflügelk.* 2006, 70: 232-240.
12. Hassanpour H., Bahadoran S., Borjian N. Vitamin E improves morphology and absorptive surface of small intestine in broiler chickens were are dathig haltitude. *Poult Sci. J.* 2016, 4: 19-26.
13. Mahmoud A., Shaaban S., Elnesr M.R., Farag R.T., Mohd I.Y., Kumaragurubaran K., Michalak I., Kuldeep D. Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *J. Veter. Quart.* 2020, 41: 1-29.
14. Mikulets Yu.I., Dudin V.I. [The relationship between iron levels and alpha-tocopherol metabolism in broiler chickens in early ontogeny]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology.* 1995, 2: 117-119.
15. Mikulets Yu.I. *Vzaimosvyaz' vitamina E i zheleza u tsyplyat-broilerov v ontogeneze* (The relationship of vitamin E and iron in broiler chickens in ontogenesis). Extended Abstract of Diss. Cand Sci. Biol., Borovsk, 1996, 27 p.
16. Mikulets Yu.I. *Biokhimicheskie osnovy vzaimosvyazi nekotorykh vitaminov i mikroelementov v ontogeneze u ptits* (Biochemical basis of the relationship of some vitamins and trace elements in ontogenesis in birds). Extended Abstract of Diss. Dr. Sci. Biol., Borovsk, 2002, 50 p.
17. Mikulets Yu.I., Tsyganov A.R., Tishenkov A.N., Fisinin V.I., Egorov I.A. *Biokhimicheskie i fiziologicheskie aspekty vzaimodeistviya vitaminov i bioelementov* (Biochemical and physiological aspects of the interaction of vitamins and bioelements). Sergiev Posad: VNITIP Publ., 2004, 192 p.
18. Mikulets Yu.I. *Vzaimosvyaz' vitaminov i bioelementov* (The relationship of vitamins and bioelements). Moscow Humanities and Economics University Publ., 2015, 187 p.
19. Mikulets Yu.I., Tikhina N.Yu. [Relationship of different vitamin A levels to elevated dietary iron in broiler chickens]. *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology.* 2014, 1: 59-67.
20. Mogahid A.A., Gad G.G., Abdalla E A , Elwardany I. Influence of in ovo injection of inorganic iron and its nanoparticles form on growth, and physiological response of broiler chickens. *Arab. Univ. J. Agri. Sci.* 2019, 26(6): 2369-2376.
21. Nadirov N.K. *Tokoferoly i ikh primeneniye v meditsine i sel'skom khozyaistve* (Tocopherols and their use in medicine and agriculture). Moscow: Nauka Publ., 1991, 336 p.
22. Nikonov I.N., Folmanis Y.G., Folmanis G.E., Kovalenko L.V., Laptev G.Y., Egorov I.A., Tananaev I.G. Iron nanoparticles as a food additive for poultry. *Doklady Biol. Sci.* 2011, 440: 328-331.

23. Rizvi S., Raza S.T., Ahmed F., Ahmad A., Abbas S., Mahdi F. The role of vitamin E in human health and some diseases. *Sultan Qaboos Univ. Med. J.* 2014, 14(2), e157.
24. Samadi F., Sahneh M. Effects of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaf meal and vitamin E on productive performance, intestinal microflora and morphology in Japanese quail. *Poult. Sci. J.* 2015, 3(1): 87-98.
25. Spirichev V.B., Kon' I.Ya. [The biological role of fat-soluble vitamins]. *Itogi nauki i tekhniki. Fiziologiya cheloveka i zhivotnykh - Results of Science and Technology. Human and animal physiology.* 1989, 37, 227 p.
26. Spirichev V.B. [About the biological effects of vitamin D]. *Pediatrics – Pediatrya.* 2011, 90(6): 113-120.
27. Surai P.F., Kochish I.I. Nutritional modulation of the antioxidant capacities in poultry: the case of selenium. *Poult. Sci.* 2019, 98(10): 4231-4239.
28. Zago M.P., Oteiza P.I. The antioxidant properties of zinc: interactions with iron and antioxidants. *Free Rad. Biol. Med.* 2001, 31, 2: 266-274.
29. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczyk M., Damaziak K., Niemiec J., Poławska E., Gozdowski D., Różańska E.. Effect of vitamin E supplementation on growth performance and chicken 20 meat quality. *Europ. Poult. Sci. J.* 2016, 80: 1-14.
30. Zdanowska-Sąsiadek Ż., Michalczyk M., Poławska E., Damaziak K., Niemiec J., Radzik-Rant A. Dietary vitamin E supplementation on cholesterol, vitamin E content and fatty acid profile in chicken muscles. *Can. J. Anim. Sci.* 2016, 96: 114-120.

**Assessment of the requirement for broiler chicken in vitamin E
and iron, taking into account the negative conjugation of their action
in small intestine**

¹Mikulets Yu.I., ²Ushakov A.S.

¹*Moscow University for the Humanities and Economics, Moscow;* ²*Institute
of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition - Branch of Ernst Federal
Research Center for Animal Husbandry, Borovsk, Kaluga region, Russian Federation*

ABSTRACT. When studying the action of trace elements and vitamins in animals, the presence of a relationship between vitamin E (alpha-tocopherol, α TP) and iron in metabolism, in particular, in the processes of electron transport and heme biosynthesis due to the ability of α TP to maintain the required ratio of ferrous and ferric oxide in tissues, was revealed, or influence the distribution of iron in the body. Theoretical ambiguities in this area complicate the development of standards for the introduction of α TP and Fe additives into the basic diets (BD) for productive animals and poultry. The aim of the work is to carry out a refined assessment of the need of broiler chickens in α TP and Fe, taking into account the negative conjugation of their action in the small intestine, based on the systematization of the results of previous studies, literature data and experiments carried out. 2 experiments were carried out, the first experiment was carried out on 5 groups of broiler chickens 20 days old. of age who received diet containing 25 mg of α TP, the diets of groups II, III, IV and V additionally included 150, 300, 450 and 600 mg of Fe, respectively. In the second experiment, groups I, II, III, IV, and V received BD + 150 mg Fe, and groups II, III, IV and V received BD + 150 mg α TP addition at a dose of 10, 25, 50, and 150 mg, respectively. In the first experiment, a negative relationship was revealed between the concentration of Fe and α TP in the homogenate of the wall of the small intestine (combined data for five groups (Pearson's correlation coefficient $r = 0.76$, $P < 0.01$) due to the addition of Fe. The second experiment also revealed a negative relationship between the concentration of α TP and Fe, in connection with the addition of α TP ($r = 0.46$, $P < 0.05$) due to the addition of α TP Fe. The best zootechnical indicators were noted in the first experiment in II group, and in the second in III group. It was concluded that it is advisable to increase the rate of α TP input to 50 mg / kg of feed when the ration contains more than 370 mg Fe / kg of feed during the first period of growing broiler chickens (1-28 days).

Keywords: broiler chickens, vitamin E, iron, negative conjugation of action, norms of additives

Проблеми біології продуктивних тварин - Problems of Productive Animal Biology. 2020, 4: 106-114

Поступило в редакцію: 10.11.2020

Получено после доработки: 27.11.2020

Микулец Юрий Иванович, д.б.н., проректор, тел раб.(499)237-57-01, тел. 8(903)783-60-67, ymikulets@mail.ru
Ушаков Александр Сергеевич, к.б.н., с.н.с., тел. 8(48438)4-30-02, asu2004@bk.ru ...

.....