

**ИММУННАЯ СИСТЕМА ПТИЦЫ**

УДК 636:612.017.11/.12

**Иммунитет в современном животноводстве и птицеводстве:
от теории к практике иммуномодуляции****В. Фисинин**, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАСХН, директор ВНИТИП**П. Сурай**, доктор биологических наук, профессор, иностранный член РАСХН,
Шотландский сельскохозяйственный колледж и Университет Глазго (Великобритания)**Аннотация:** *Авторы подробно изложили механизмы функционирования иммунной системы, особенно в стресс-условиях. Предлагают также методы поддержания высокой иммунокомпетентности при стрессах, переводе птицы во взрослое стадо, выходе на пик продуктивности и др.***Ключевые слова:** *иммунитет, микроорганизмы, чужеродные клетки, свободные радикалы, белки, липиды, адсорбенты, антистрессовый препарат.***Summary:** *Authors detailed functional mechanisms of immune system especially in stressing conditions. They proposed modern methods for maintenance of strong immune competence in conditions of stresses, sexual maturity, reaching a productive peak etc.***Key words:** *immunity, microorganisms, alien cells, free radicals, proteins, lipids, adsorbents, anti-stress preparations.*

Сегодня всё больше внимания уделяется поддержанию здоровья животных и птицы, и в этом отношении роль иммунной системы трудно переоценить. С одной стороны, она обеспечивает надёжную защиту от большинства патогенов. С другой — эффективность вакцинаций напрямую зависит от иммунокомпетентности: при низкой у животных появляется ряд проблем, связанных как с повышенным их отходом, так и с плохим ростом и развитием. В этом отношении иммуносупрессия привлекает учёных и практиков, поэтому количество исследований по выяснению молекулярных механизмов функционирования иммунной системы растёт в геометрической прогрессии.

Напомним, что 12 Нобелевских премий, присуждённых за достижения в данной области, говорят сами за себя. Более того, Нобелевской премии в области физиологии и медицины за 2011 г. удостоены учёные-иммунологи за расшифровку важных механизмов регуляции иммунитета. В целом же иммунная система является, вероятно, одной из самых сложных в организме и, несмотря на несомненные успехи в области иммунологии, мы ещё не можем с уверенностью сказать, как происходит регуляция иммунной системы на молекулярном уровне. Чтобы представить сложность ситуации, следует упомянуть, что в организме курицы обнаруживается более 30 млрд. лимфоцитов, около 10 млрд. гранулоцитов, более 1 млрд. натуральных клеток-киллеров и почти столько же моноцитов/макрофагов — поистине огромная армия защитников,

стоящих на страже её здоровья. При этом следует иметь в виду, чем выше сложность системы, тем труднее её обслуживать и поддерживать в рабочем состоянии и тем выше требования к обеспечению данной системы всем необходимым. Именно поэтому в условиях стресса иммунная система страдает, как правило, первой.

Цель настоящего обзора — обобщение современных знаний в области иммунитета сельскохозяйственных животных, включая птицу, рассмотрение практических возможностей иммуномодуляции путём использования водорастворимого антистрессового препарата нового поколения.

Принципы организации иммунной системы. Наиболее важной функцией иммунной системы является постоянное наблюдение за нормальными клетками в органах и тканях для обнаружения чужеродных молекул или патогенов. Это что-то напоминающее систему внутренней безопасности на военных предприятиях, предотвращающих «шпионаж», то есть идёт постоянное наблюдение за клетками организма для выявления чужих или повреждённых (перерождённых, например, заражённых вирусом), не способных выполнять свои функции.

В процессе эволюции в иммунной системе был выработан ряд важнейших элементов, способствующих отличить «своего» от «чужого», часто замаскировавшегося под «своего». Как правило, система распознавания чужих очень эффективна и в нормальных фи-





зиологических условиях надёжно защищает организм от различных патогенов, используя систему узнавания отличий, которые обычно находятся на поверхности патогенов. Например, это относится к липополисахаридам (LPS) грамотрицательных бактерий, липопептидам бактерий и паразитов, гликолипидам микробактерий, маннанам дрожжей и двуцепочечной РНК вирусов.

Существует два основных типа иммунных функций: природный и приобретённый (адаптивный) иммунитет (рис. 1; Surai, 2006).

Природный иммунитет. Это врождённый иммунитет. Он включает в себя физические барьеры (кожа, слизь в желудочно-кишечном тракте и др.), специфические молекулы (агглютинины, перфорины, преципитины, белки острой фазы, система комплемента, лизоцим и др.), фагоцитарную функцию фагоцитов (макрофаги и нейтрофилы/у птицы — гетерофилы/ базофилы, эозинофилы, дендритные клетки) и лизирующую активность класса лимфоцитов, называемых естественными киллерами (НК-клетки).

Таким образом, на первой линии иммунологической защиты стоят различные физические барьеры, в том числе кожа, слизь и др. Однако при высоком бактериальном давлении микроорганизмам всё же удаётся проникнуть, например, через дыхательные пути или слизистую кишечника, и тогда на передовой их встречают макрофаги и гетерофилы, которые выполняют целый ряд важных функций, включая фагоцитоз посторонних частиц, уничтожение бактерий или опухолевых клеток, секрецию простагландинов и цитокинов (Surai, 2006).

Итак, в неспецифической защите животных и птицы от патогенных и непатогенных чужеродных агентов огромное значение имеют клетки, способные к фагоцитозу, а также обладающие цитотоксической активностью. Активация этих клеток осуществляется продуктами жизнедеятельности микробов, их синтетическими аналогами, пектинами, компонентами комплемента, фрагментами иммуноглобулинов, С-реактивным белком и др. На самом деле фагоцитоз является основным механизмом удаления микробов из организма, он играет важнейшую роль для защиты от внеклеточных микробов. В результате стимуляции (например, микробами) происходит дифференциация моноцитов в макрофаги, которые являются более мощными защитниками организма.

Следует особо отметить, что активация макрофагов и фагоцитоз чужеродных частиц регулярно сопровождаются так называемым «дыхательным взрывом», повышением образования свободных радикалов (реактивных молекул кислорода) за счёт активации фермен-

тативного комплекса NADPH-оксидазы. Поэтому макрофаги, а также другие фагоцитарные лейкоциты (например, нейтрофилы, моноциты и эозинофилы) могут синтезировать токсичные метаболиты кислорода, называемые свободными радикалами. В целом образование свободных радикалов (активированных молекул кислорода и азота) характерно для макрофагов млекопитающих и птиц. Такой же способ уничтожения патогенов используют и гетерофилы птиц. Однако кроме свободных радикалов они используют ещё ряд веществ, содержащихся в гранулах и обладающих антибактериальными свойствами, что способствует большей эффективности.

Таким образом, фагоцитарные клетки, по сути, применяют химическое оружие для уничтожения патогенов. Имея такое мощное оружие, макрофаги связывают, обволакивают и достаточно быстро уничтожают чужеродные антигены (например, бактерии). Всего за 15 минут макрофаги цыплёнка способны уничтожить более 80% микроорганизмов, попавших в фагосомы. Такое оружие очень эффективно в уничтожении патогенов, но если, скажем, фагосома лопнет и свободные радикалы и другие токсичные продукты попадут во внеклеточное пространство, они способны уничтожать и собственные клетки, то есть химическое оружие не имеет избирательности. Одним словом, можно провести аналогию с атомной электростанцией. Так, в контролируемых условиях выделение атомной энергии даёт возможность получать электричество (электростанции). Когда же контроль над данным процессом потерян, происходят необратимые изменения, приводящие к плачевным последствиям (радиации и выходу токсичных продуктов, как при аварии на Чернобыльской АЭС, то же наблюдается в лопнувшем фагоците).

Итак, чтобы обеспечить эффективную работу фагоцитарных клеток иммунной системы, организм нуждается в очень надёжном антиоксидант-прооксидантном балансе. Данный баланс обеспечивает сам организм, используя различные подходы и главным образом синтезируя различные антиоксидантные молекулы, включая антиоксидантные ферменты (супероксид-дисмутаза и глутатион-пероксидаза), белки теплового шока (белкишапероны), белки-сиртуины и ряд других важных молекул. Задача же специалистов по кормлению и по ветеринарии — дать организму всё необходимое для синтеза вышеуказанных веществ.

Таким образом, природные антиоксиданты, поступающие с кормом (витамины **Е**, **С**, селен и др.), обеспечивают лишь часть потребности, другая часть зависит от активности витагенов, группы генов, которые ответственны за поддержание гомеостаза в организме в

ИММУННАЯ СИСТЕМА ПТИЦЫ

Ключевые моменты природного и приобретённого иммунитета		
Показатели	Природный	Приобретённый
Появление в процессе эволюции	Примитивные организмы	Позвоночные
Действие	Быстро (часы-дни)	Медленно (дни-декады)
Узнавание	Общий патоген, ассоциированный в микробиальные элементы (PAMPs)	Уникальные эпитопы на каждом патогене/антигене
Клеточные компоненты	Фагоциты (макрофаги и нейтрофилы); натуральные клетки-киллеры, маст-клетки, дендриты	T- и B-лимфоциты
Создание специфичности	Закодирована в геноме; имеет некоторую специфичность, не имеет памяти	Соматическая перестройка; высокоспецифична и имеет память
Эффекторные механизмы	Комплемент (альтернативный путь); цитокины; хемокины; клеточная цитотоксичность	Антитела; цитотоксические T-клетки; классическая активация комплемента; антитела-зависимая клеточная цитотоксичность; цитокины; хемокины
Растворимые медиаторы	Цитокины макрофагов	Цитокины лимфоцитов
Характерные факторы транскрипции	NF-kB (+JNK/AP1)	Jak/STAT, NF-kB, etc.
Физиологические барьеры	Кожа Мембраны слизистой Лизоцим Кислоты желудка Синергические бактерии	Подкожный иммунитет и иммунитет кишечника Антитела в секретах слизистой

стресс-условиях, что напрямую относится к иммунной системе. Она страдает первая.

К факторам естественного иммунитета относятся также и естественные киллеры (NK-клетки — от англ. Natural killer), которые находятся в состоянии готовности к цитолизу вне зависимости от антигенной стимуляции. NK-клетки изначально были охарактеризованы как гранулярные лимфоциты, способные уничтожить раковые клетки, или инфицированные вирусом. Они отличаются от классических лимфоцитов большим размером, содержат больше цитоплазмы и имеют плотные гранулы. Механизм уничтожения клеток осуществляется через выделение содержимого гранул (перфоринов и гранозимов) на поверхность инфицированной клетки.

Приобретённый иммунитет. Приобретённый, или специфический, иммунитет включает гуморальный и клеточный (рис. 2). Существует два основных вида лимфоцитов: B-клетки и T-клетки. Гуморальный иммунитет обеспечивают B-лимфоциты. Он основан на формировании серии иммуноглобулинов, отвечающих за специфическое узнавание и ликвидацию различных антигенов, которые связывают и удаляют из организма хозяина вторгшиеся патогены или инородные вещества.

Клеточный иммунитет основан на специфическом узнавании антигенов T-лимфоцитами, образуемыми в тимусе. Благодаря ему клетки, инфицированные инородным агентом, например, вирусом, уничтожаются через прямой контакт между активированными T-лимфоцитами и целевой (инфицированной) клеткой. Клеточный иммунитет отвечает за удаление чужеродных материалов, раковых клеток, а также за устойчивость ко многим патогенным микроорганизмам.

У птицы предшественники T-лимфоцитов и B-лимфоцитов образуются в костном мозге. Фактическое развитие T-клеток происходит в тимусе, B-клетки развиваются в бурсе Фабрициуса. Взаимодействие между T- и B-клетками, а также с антиген-презентирующими клетками способствует развитию специфического иммунитета. Эти защитные механизмы индуцируются или стимулируются благодаря соприкосновению с чужеродными веществами и являются специфическими для отдельных макромолекул, с каждой последующей экспозицией к данной молекуле иммунный ответ усиливается. По сравнению с природным иммунитетом специфический занимает больше времени для развития и имеет память (табл.).

Взаимодействие природного и приобретённого иммунитета. Природный и приобретённый иммунитет «работают» вместе через прямой контакт с клетками, а также путём использования молекул коммуникации, таких, как цитокины и хемокины (рис. 1). Таким образом, для эффективности иммунной системы у цыплят или млекопитающих требуется слаженная работа макрофагов, нейтрофилов (гетерофилов у птиц), B-лимфоцитов и T-лимфоцитов со всеми другими типами иммунных клеток. При этом иммунный ответ включает в себя клеточную пролиферацию (T-лимфоциты), усиление синтеза белка (в т.ч. синтез иммуноглобулинов B-лимфоцитами и белков острой фазы печени) и образование медиаторов воспаления.

В целом иммунную систему можно представить в виде громадной армии, имеющей свои подразделения — разведчиков (дендриты), отделения химической и ядерной атаки (макрофаги и нейтрофилы), наступательные части (B- и T-лимфоциты), снайперов (NK-клет-





Рис. 1. Общая модель иммунной системы

ки). Данная армия осуществляет функции в тесном контакте со ставкой главного командования (нервная система и мозг) и силами быстрого реагирования (гормональная система). Итак, иммунокомпетентность — это эффективное взаимодействие между всеми типами иммунных клеток. Однако проблема молекулярных механизмов взаимодействия иммунных клеток до сих пор остаётся нерешённой.

Известно, что взаимодействие происходит благодаря различным рецепторам на поверхности иммунных клеток, а молекулами коммуникации являются цитокины, простагландины и ряд других веществ. В целом рецепторы можно представить в виде своеобразных мобильных телефонов, способных передавать и получать сигналы.

Исследования последнего десятилетия убедительно показали, что в условиях стресса увеличивается образование свободных радикалов, которые могут повредить «мобильные телефоны» путём окисления липидов и, что более важно, окисления белков. Окисление белков в структуре рецепторов приводит к тому, что нарушается их функционирование, то есть, с одной стороны, теряется эффективная коммуникация между иммунными клетками и управлением иммунной системой, с другой — нарушается узнавание иммунными клетками чужеродных тел. При этом нарушение контроля за фагоцитами может привести к избыточно-

му образованию свободных радикалов, которые вырвавшись из фагосом, ещё больше усиливают разрушающее действие стресса. Учитывая тот факт, что большинство стрессов связано с избыточным образованием свободных радикалов, становится понятной общность механизмов иммуносупрессивного действия различных стрессов, включая микотоксины кормов, повышенную температуру и загазованность помещения, др.

Пути оптимизации иммунокомпетентности в стресс-условиях. Как только патоген попадает в организм хозяина, первоначальным неспецифическим ответом становится воспалительная реакция, создающая неблагоприятные условия для патогена. Она приводит к ряду изменений в поведенческих, иммунологических, сосудистых и метаболических реакциях. В результате могут замедляться темпы роста, снижается аппетит, повышается деградация мышечных белков с возможным снижением продуктивности и повышенным падежом. Поэтому цена защиты от патогенов для организма может быть достаточно высокой, а задача специалистов птицеводческих хозяйств найти ту самую золотую середину, которая позволяет выйти из ситуации с минимальными потерями.

Исследованиями последних лет убедительно доказано, что иммунная система — одна из самых дорогих для организма, то есть вышеупомянутые миллиарды лим-



ИММУННАЯ СИСТЕМА ПТИЦЫ

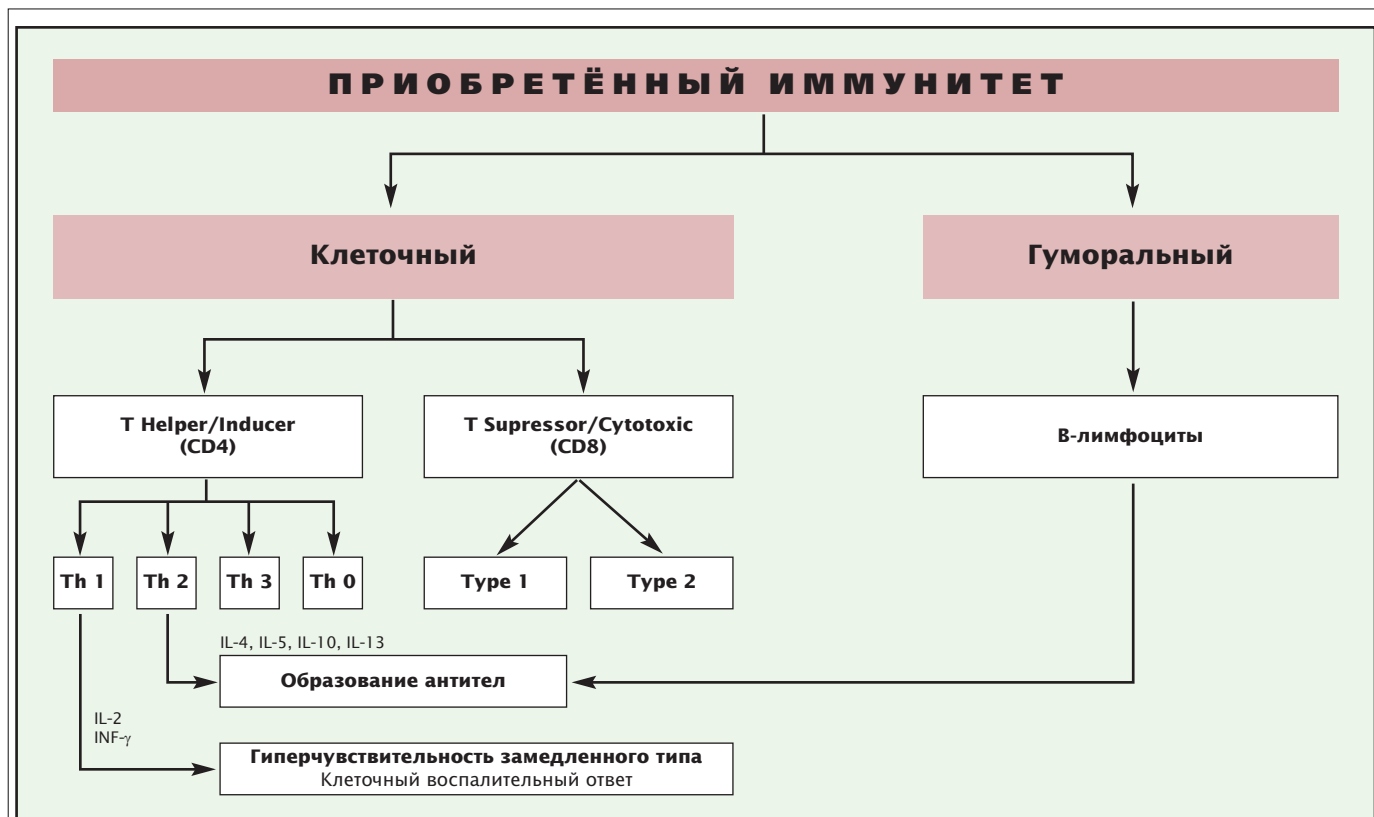


Рис. 2. Схема приобретённого иммунитета

фоцитов и фагоцитов требуют питательных веществ и энергии для существования и выполнения своих функций. При активации иммунной системы происходит быстрое увеличение количества иммунных клеток и затраты питательных веществ существенно увеличиваются. Таким образом, ранее употребляемый термин «иммуностимуляция» был заменён на термин «иммуномодуляция» — проблема заключается не в активации иммунной системы, а в её оптимальном ответе на реальную ситуацию.

Избыточный иммунный ответ, кроме того что приводит к перерасходу питательных и биологически активных веществ, часто вызывает и заболевания (аллергия, аутоиммунные болезни). Слабый иммунный ответ также не обеспечивает надёжной защиты организма от патогенов. В этом отношении иммунная система похожа на скрипку. Если у скрипки не подтянуты струны, то даже в руках лучшего скрипача мира она не будет звучать красивой мелодией: перетянутые и недотянутые струны также плохо. Так, в иммунной системе лишь эффективная коммуникация между всеми типами иммунных клеток даёт возможность надёжной защиты.

В этом отношении задача ветеринарных специалистов и зоотехнической службы хозяйств — найти эффективные меры поддержания иммунной системы в условиях стресса. Одним из таких приёмов, который был разра-

ботан в последние годы, является выпавивание антистрессовых препаратов в периоды повышенного стресса. Используя систему дозатронов/медикаторов, можно быстро прореагировать на конкретную ситуацию и дать птице необходимые биологически активные вещества, потребность в них возрастает в условиях стресса. Обеспечив птицу дополнительными антиоксидантами, удастся снизить повреждение рецепторов на поверхности иммунных клеток. Однако использование витамина **Е** или **С** оказалось малоэффективным, поскольку эффективность витамина **Е** в клетке больше зависит от его рециклизации, чем от концентрации.

Таким образом, добавив в антистрессовый препарат вещества, участвующие в рециклизации витамина **Е** (витамин **С**, селен, витамины **В₁** и **В₂**), вещества (карнитин и бетаин), регулирующие функцию митохондрий (основных поставщиков свободных радикалов в клетке), а также минералы — цинк и марганец (простетические группы главного антиоксидантного фермента супероксид-дисмутаза), удастся поддержать высокую иммунокомпетентность в стресс-условиях благодаря предотвращению нарушения рецепторов. Кроме того, включение в состав препарата органических кислот (рис. 3) позволяет поддерживать целостность энтероцитов, обеспечивая высокую эффективность всасывания питательных и биологически активных веществ, а также предупреждая проникновение патогенов, поскольку





Рис. 3. Иммуномодулирующий препарат нового поколения

роль иммунной системы кишечника в защите от патогенов трудно переоценить.

Наши исследования показали перспективность выпаивания препарата Фид-Фуд Меджик Антистресс Микс как в первые дни жизни цыплят (для поддержания оптимального развития кишечника и иммунной системы) (Сурай и Фисинин, 2012; Фисинин и Сурай, 2012; 2012а), так и перед вакцинациями, после них (высокая иммунокомпетентность — залог эффективной вакцинации), при тепловых стрессах, пересадке и отборе, переводе птицы из ремонтного молодняка во взрослое стадо, при выходе на пик продуктивности и поддержании качества скорлупы во второй половине продуктивного периода, в ряде других случаев (Фисинин и Сурай, 2011; 2011а; Сурай и Бородай, 2011; Сурай и Фотина, 2011). Было также показано положительное влияние антистрессового препарата на состояние здоровья и иммунитет поросят (Сурай и Мельничук, 2012; Гапонов и др., 2012).

Иммуносупрессивное действие микотоксинов. Исследованиями последних лет доказано, что микотоксины являются важнейшими стресс-факторами кормового происхождения (Surai and Dvorska, 2005). Главный механизм их токсического действия — окислительный стресс, то есть на уровне клетки потребление микотоксинов с кормом приводит к избыточному образованию свободных радикалов, которые вызывают по-

вреждение белков, липидов и нуклеиновых кислот, что, в свою очередь, способствует иммуносупрессии. Это характерно как для ДОН (Фисинин и Сурай, 2012 b; c), охратоксина (Фисинин и Сурай, 2012 d, e), Т-2 токсина (Фисинин и Сурай, 2012 f, g), так и для других микотоксинов (Surai, 2006; Surai et al., 2010). Эти изменения наряду с подавлением синтеза белка приводят к апоптозу и изменению экспрессии ряда важнейших генов, включая витагены, что и сопряжено с нарушением коммуникации между иммунными клетками. Вся иммунная система теряет управление и больше не может адекватно реагировать на изменения внешней среды, то есть наблюдается иммуносупрессия.

Сегодня разработаны десятки различных адсорбентов, призванных связывать микотоксины в желудочно-кишечном тракте сельскохозяйственных животных и птицы. Тем не менее проблема иммуносупрессивного действия микотоксинов не решена по ряду причин.

■ Ни один из адсорбентов микотоксинов, присутствующих на рынке России, ближнего и дальнего зарубежья, не способен связывать 100% микотоксинов кормов. В лучшем случае цифра приближается к 70%, а по многим микотоксинам не превышает 50 процентов. К тому же большинство исследований в отношении связующей способности микотоксинов адсорбентами проводилось *in vitro*, а эти данные не всегда правомочно переносить на живой организм.





ИММУННАЯ СИСТЕМА ПТИЦЫ

▪ Добавлять адсорбент в корма постоянно — дорого, а после того, как проявились признаки микотоксикоза, включая иммуносупрессию, нет смысла. К этому времени уже значительное количество микотоксинов попало в организм, и они привели к отрицательным последствиям.

▪ Добавляемые в корм адсорбенты не обладают лечебными свойствами, а лишь снижают дальнейшее поступление микотоксинов в организм, которому необходимо справиться с детоксикацией поступивших микотоксинов.

Учитывая вышесказанное, мы пришли к заключению, что в борьбе с микотоксинами важнейшее место занимает поддержка печени, где осуществляется детоксикация большинства микотоксинов, включая охратоксин и Т-2 токсин, а также микрофлоры кишечника, которая расщепляет ДОН.

Таким образом, выпаивание антистрессового препарата нового поколения, с одной стороны, поддерживает функцию печени, в частности детоксикационную. В данном случае решающую роль играют такие компоненты антистрессового препарата, как карнитин (поддержание функции митохондрий и снижение утечки свободных радикалов; активация ферментов детоксикации), бетаин и электролиты (поддержание осмотического баланса в кишечнике и в клетках печени, нарушающегося вследствие токсичности микотоксинов), витамин Е и система его рециклизации (снижающие окислительный стресс и предотвращающие апоптоз и изменения в активности ряда важнейших генов), органические кислоты, способствующие оптимальному состоянию кишечника и его микрофлоры, а также детоксикации ДОН. Как уже упоминалось выше, смесь антиоксидантов, минералов, органических кислот, бетаина и карнитина обладает иммуномодулирующим действием, что существенно снижает иммуносупрессию.

Итак, при подозрении на микотоксикоз рекомендуется выпаивать антистрессовый препарат в течение 3–7 дней. Если анализы подтвердят высокую концентрацию микотоксинов, тогда включают в корм эффективный адсорбент.

Если же проблема микотоксикоза действительно серьезная, рекомендуется объединить скормливание адсорбента микотоксинов с выпаиванием антистрессового препарата. Этот приём является наиболее эффективным в снижении иммуносупрессивного действия микотоксинов.

Таким образом, наши исследования и обобщение мирового опыта по поддержанию высокой иммунокомпетентности птицы позволили предложить эффективные приёмы для достижения этой цели.

Заключение. Несмотря на то что исследования в области иммунологии активно развиваются, до сих пор остаётся ряд белых пятен на карте иммунитета птицы. В этом отношении иммуносупрессивное действие различных стрессов заслуживает пристального внимания. Используя последние достижения в области нутригеномики и молекулярной биологии витагенов, удалось разработать антистрессовый препарат нового поколения, обеспечивающий организм животных и птицы в условиях стресса специфическими веществами, способными снизить повреждение рецепторов. Это даёт возможность поддерживать высокую иммунокомпетентность и снижать отрицательные последствия различных стрессов, включая микотоксикозы, повышая сохранность и продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы.

Литература:

1. Сурай П.Ф., Фисинин В.И. Современные методы борьбы со стрессами в птицеводстве: от антиоксидантов к витагенам// Сельскохозяйственная биология. 2012. №4. С. 3-13.
2. Фисинин В.И., Сурай П.Ф. Эффективная защита от стрессов в птицеводстве: от витаминов к витагенам//Птица и птицепродукты. 2011. №5. С. 23-26; №6. С. 10-13.
3. Фисинин В.И., Сурай П.Ф. Первые дни жизни цыплят: от защиты от стрессов к эффективной адаптации//Птицеводство. 2012. №2. С.11-15; №3. С. 9-12.
4. Фисинин В.И., Сурай П.Ф. Свойства и токсичность дезоксиниваленола. Микотоксины и антиоксиданты: непримиримая борьба//Животноводство России. 2012. № 5. С. 11-14; №6. С. 3-5.
5. Фисинин В.И., Сурай П.Ф. Микотоксины и антиоксиданты: непримиримая борьба. Охратоксин А//Комбикорма. 2012. № 3. С. 55-60; №5. С. 59-60.
6. Фисинин В.И., Сурай П.Ф. Микотоксины и антиоксиданты: непримиримая борьба. (Т-2 токсин – метаболизм и токсичность)//Птица и птицепродукты. 2012. № 3. С. 38-41; №4. С. 36-39.
7. Surai P.F. Selenium in Nutrition and Health. Nottingham University Press, 2002. P. 974.
8. Surai P.F. and Dvorska J.E. (2005). Effects of mycotoxins on antioxidant status and immunity. In: The Mycotoxins Blue Book, Ed. By Duarte Diaz . Nottingham University Press. P. 93-137.
9. Surai, P.F., Mezes, M., Fotina T.I and Denev S.D. (2010). Mycotoxins in human diet: a hidden danger. In: Fabien De Meester, Sheerna Zibadi and Donald Ross Watson, Eds. Modern Dietary Fat Intakes in Disease Promotion, Humana Press. P. 275-303.

Для контакта с авторами:

Фисинин Владимир Иванович

Питер Сурай

тел.: (499) 124-78-10