

ГЕНЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ИММУННОЙ СИСТЕМОЙ КУР (*GALLUS GALLUS*) (МИНИОБЗОР)

Вайнберг Марк Александрович, студент института зоотехнии и биологии ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vajnbergmark8@gmail.com

Митькин Фёдор Александрович, студент института зоотехнии и биологии ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, fedormitkin24@gmail.com

Научный руководитель – Загарин Артем Юрьевич, ассистент кафедры разведения, генетики и биотехнологии животных ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, azagarin@rgau-msha.ru

Аннотация. В статье представлен обзор генов-кандидатов для будущих исследований их профильной экспрессии под воздействием различных средовых факторов. Нами были выбраны гены, связанные с иммунитетом домашней курицы. Описаны гены, кодирующие белки, которые оказывают антимикробное, провоспалительное и противовирусное воздействие.

Ключевые слова: куры, гены, иммунитет, резистентность, белки, пептиды.

До недавнего времени методы селекции и разведения птицы были направлены строго на улучшение продуктивных и репродуктивных качеств. При этом практически не проводился учет признаков, связанных со здоровьем. На данный момент мы получаем все больше данных о негативных последствиях подобного подхода, вследствие снижения вариабельности генов, кодирующих элементы иммунной системы. Существует необходимость проводить систематизацию информации по данной теме, так как от понимания принципов врождённого иммунитета напрямую зависит продуктивность птицеводства [1, 2].

Рассматривая потенциальные маркеры резистентности птицы к негативным воздействиям, следует отметить антимикробные пептиды. Ценность этих веществ состоит в том, что они имеют способность нарушать целостность мембран микроорганизмов. Для млекопитающих характерны только α -дефензины, тогда как у птиц выявлены лишь β -дефензины. У кур установлены четыре вида дефензинов, которые называются галлинацины. Галлинацины обладают специфичностью действия в отношении целого ряда микроорганизмов, подавляя их развитие, а также вызывая летальные изменения морфологии их клеток. Эти вещества синтезируются в тонком кишечнике, печени, желчном мешке и селезенке кур. Для многих дефензинов кур показана тканевая специфичность, и за синтез каждого пептида отвечает одноименный ген. Всего у птиц известно 14 β -дефензинов в соответствии с числом кодирующих генов — от AvBD1 до AvBD14. При этом, AvBD1, AvBD7 и AvBD9 экспрессируются в зобе, AvBD8, AvBD10 и AvBD13 экспрессируются в

кишечнике, AvBD1 и AvBD7 — в селезенке, отвечая за различные составляющие иммунного ответа в различных органах [3]. Желудочно-кишечный тракт птицы служит основным местом проникновения патогенов, и потому нуждается в мощном защитном барьере, в формировании которого большую роль играют перечисленные галлинацины [3, 4]. Благодаря конформации β -дефензины птиц проявляют более выраженную эффективность в отношении грамположительных бактерий [5].

Помимо этого, у птиц описана другая группа дефензинов, которые экспрессируются в яйцевом белке и его оболочке, и широко представлены в яичном белке. Эта группа получила название оводефензинов или галлинов, которые обладают антимикробной активностью в отношении некоторых возбудителей, таких как *E. coli* [4].

В иммунные реакции включены полипептиды или гликопротеины, синтезируемые и секретируемые в основном иммунными клетками. Такие вещества называются цитокинами. Цитокины – это внеклеточные сигнальные белки, выполняющие существенную роль в деятельности иммунной системы, а именно в формировании иммунного ответа на патогены или стрессовые факторы окружающей среды. Цитокины позвоночных секретируются всеми типами клеток: иммунными, клетками крови, соединительной ткани, селезенки, вилочковой железы. У птиц фактор некроза опухоли (tumor necrosis factor α , TNF-), интерлейкины (interleukin, IL) 1 β , 6, 8, 16, 17 и 18 действуют как провоспалительные цитокины, то есть способствуют развитию воспалительной реакции при бактериальных, вирусных и протозойных инфекциях. IL8 это хемоксин вызывающий хемотаксис у иммунокомпетентных клеток, таких как макрофаги и моноциты. Экспрессия генов цитокинов ярко проявляется при столкновении организма с патогенами или химическими раздражителями [4].

Цитокины участвуют в реакциях неспецифической резистентности, клеточного и гуморального иммунитета. Они являются основными медиаторами воспаления. Противовоспалительные цитокины, в том числе IL-6 (играет роль противовоспалительного фактора), IL-8, усиливают клеточный и ингибируют гуморальный иммунитет, при этом играют основную роль в формировании противовирусной защиты. Часть генов, кодирующих синтез таких веществ (иммуноглобулинов) относят к так называемым витагенам, то есть к генам, необходимым для выживания [6]. Существуют и специфические цитокины, такие как цитокин кодируемый геном IL8L2, служит признаком воспаления при болезни Марека [7].

Активация воспалительных цитокинов тесно связана с экспрессией гена PTGS2, поскольку цитокины способны индуцировать этот ген. PTGS2 — ген эндопероксидазы простагландинов (циклооксигеназы 2), участвующей в окислительном превращении арахидоновой кислоты в простагландин, которая в этих реакциях также метаболизируется до биологически активных простагландина и тромбоксана A2. Простагландин, простагландин и тромбоксан A2 принимают участие как в местных, так и в системных воспалительных реакциях. PTGS2 также является участником воспалительных реакций организма птицы, кодируя синтез циклооксигеназы-2, а ингибирование ее

синтеза, в свою очередь, ведет к резкому ингибированию воспалительных реакций [5, 7, 8].

Гены IL6 и PTGS2 обеспечивают ранние воспалительные реакции и экспрессируются в случаях отравления различными микотоксинами, что позволяет использовать их в качестве ранних прогностических маркеров заболеваний [5].

Кроме антимикробных и провоспалительных генов существуют антивирусные гены, такие как IRF-7, который кодирует регуляторный фактор синтеза интерферона [8]. Основная задача данного гена заключается в активации транскрипции вирусноиндуцированных клеточных генов. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что ген участвует в иммунных процессах при заражении птиц вирусом лейкоза, вирусной иммунодепрессивной болезни, поражающей красный костный мозг. Ген IRF7 экспрессируется при состояниях инфицирования организма бактериальными и вирусными агентами. Так, патогенный вирус инфекционной анемии цыплят встречал существенное противодействие в организме зараженных цыплят, и вызывал активное формирование местного иммунного ответа в клетках красного костного мозга [7].

Результаты, которые можно использовать в качестве дополнения демонстрируют и иностранные исследования. Например, была проанализирована экспрессия генов интерферонов при болезни Нью-Касла. Было установлено, что птицы, инфицированные NDV (возбудителем болезни Нью-Касла), демонстрируют повышенную экспрессию цитокинов 3 и генов, связанных с противовирусным действием интерферонов (IFNs) и хемокинов [9].

Информация об описанных генах, ассоциированных с резистентностью кур, обобщена в таблице 1.

Таблица 4

Гены участвующие в иммунном ответе у домашней курицы

Гены	Функции генов
L1B, IL6, IL8L2, IL16, IL17A, IL18	Развитие воспалительного процесса
TNF	Антионкотический и противовоспалительный процесс
AvBD2, AvBD3, AvBD4, AvBD6, AvBD7, AvBD11, AvBD13	Антимикробные пептиды, разрушение микробиальных клеток.
PTGS2	Синтез простагландина
IRF7	Регуляция синтеза интерферона

Библиографический список

1. Ассоциации однонуклеотидных замен в генах-кандидатах с хозяйственно полезными признаками у кур (*gallus gallus domesticus L.*) (обзор) / Л. Г. Коршунова, Р. В. Карапетян, А. С. Комарчев, Е. И. Куликов // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 2. – С. 205-222.
2. Баркова, О. Ю. Обзор генов ассоциированных с резистентностью домашней курицы / О. Ю. Баркова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 7(73). – С. 44-46.

3. Микрофлора кишечника кур и экспрессия связанных с иммунитетом генов под влиянием пробиотической и пребиотической кормовых добавок / И. И. Кочиш, О. В. Мясникова, В. В. Мартынов, В. И. Смоленский // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, № 2. – С. 315-327.

4. Сизова, Е. А. Экспрессия генов, связанных с хозяйственно полезными признаками цыплят-бройлеров (*gallus gallus domesticus*), под влиянием различных паратипических факторов (обзор) / Е. А. Сизова, Я. В. Лутковская // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 4. – С. 581-597.

5. Экспрессия генов, ассоциированных с иммунитетом, в тканях слепых отростков кишечника и поджелудочной железы цыплят-бройлеров (*Gallus Gallus L.*) при экспериментальном т-2 токсикозе / Е. А. Ёылдырым, А. А. Грозина, В. Г. Вертипрахов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 4. – С. 664-681.

6. Биохимические и молекулярно-генетические индикаторы антиоксидантной защиты и иммунитета у петушков (*gallus gallus domesticus*) разных генотипов / Н. В. Боголюбова, Р. В. Некрасов, Д. А. Никанова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 4. – С. 669-684.

7. Экспрессия генов иммунитета в красном костном мозге цыплят кросса Ломан Браун под влиянием вакцинации и заражения вирусом инфекционной анемии цыплят / Н. В. Тарлавин, В. В. Веретенников, Э. Д. Джавадов, Д. А. Красков // Ветеринария Кубани. – 2022. – № 4. – С. 19-21.

8. Экспрессия генов у сельскохозяйственной птицы под влиянием Т-2 токсина и применения биопрепаратов / Е. А. Ёылдырым, А. А. Грозина, Л. А. Ильина [и др.] // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 180-189.

9. Genetic responses of inbred chicken lines illustrate importance of eIF2 family and immune-related genes in resistance to Newcastle disease virus / Ana Paula Del Vesco, Michael G. Kaiser, Melissa S. Monson [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 6155 (2020).