

## К ВОПРОСУ О ГУМОРАЛЬНОМ ИММУНИТЕТЕ НАСЕКОМЫХ

Е. В. ТАЛАЛАЕВ, И. Н. ЖДАНОВ

В статье затрагивается вопрос о гуморальном иммунитете у вредных насекомых сельского и лесного хозяйства (не кровососущих). Исследования, проведенные различными авторами, показывают, что этот вопрос до настоящего времени остается неизученным. Данные их противоречивы и подчас получены в результате применения неправильных методов.

В настоящее время среди ученых, работающих в области инфекционной патологии насекомых сельскохозяйственного значения, нет единого мнения относительно выработки этими животными гуморального иммунитета.

Касаясь истории изучения иммунитета насекомых, надо отметить, что впервые этот вопрос был серьезно рассмотрен Пастером, когда он выделил расу шелковичных червей, обладающих естественным иммунитетом к заболеванию, называемому пембиной [28]. Однако активный интерес к изучению гуморального иммунитета у насекомых возник лишь в начале XX века [9—11, 13, 14, 17—19, 23, 24, 26].

В области общей инфекционной патологии рассматриваются две категории гуморального иммунитета: естественный иммунитет, или, как его еще называют, врожденный и приобретенный.

Естественный иммунитет не зависит от предварительного контакта макроорганизма с патогенным микроорганизмом. Такой вид иммунитета часто обозначают приемлемым для объяснения инфекционного заболевания термином «устойчивость», под которым понимают врожденные качества какого-либо вида макроорганизма, помогающие ему устоять против болезнетворных микробов, способных, однако, вызвать заболевание у других видов.

Приобретенный же иммунитет у макроорганизма вырабатывается естественно на протяжении его жизни, если он перенесет скрыто или с явными клиническими признаками инфекционное заболевание. В таком случае при повторном контакте с возбудителем, вызвавшим ранее инфекционное заболевание, данный организм становится невосприимчивым к нему на какой-то отрезок времени или на всю жизнь.

Приобретенный иммунитет у теплокровных животных можно создать также искусственным путем, вводя в организм либо живую вирулентную культуру возбудителя, либо ослабленную или убитую. Это

достигается, кроме того, введением сыворотки от ранее переболевшего животного. Первые случаи искусственного иммунитета рассматриваются как активная форма, а второй—как пассивная.

О наличии и механизме естественно приобретенного иммунитета у растительноядных или кровососущих насекомых ученые, к сожалению, располагают весьма скудными и малоубедительными данными\*. К числу таких данных, на которые часто ссылаются, относятся наблюдения д'Эрелля, обнаружившего, что 20—25% саранчовых после эпизоотии, вызванной *Cossobacillus acridiorum*, не погибли и, по его мнению, приобрели иммунитет к этому возбудителю [25]. Приобрели ли действительно иммунитет оставшиеся живыми особи или здесь повлияли другие факторы, воспрепятствовавшие распространению заболевания среди этой популяции,—осталось, по нашему мнению, недоказанным.

Один из крупнейших специалистов в области инфекционной патологии растительноядных насекомых Э. Штейхауз [21] указывает, что до настоящего времени практически ничего не известно, какими особями в естественных условиях представлен остаток популяции, пережившей вспышку эпизоотии. Приобретают ли иммунитет в естественных условиях оставшиеся живыми особи популяции насекомых после их контакта с возбудителями во время эпизоотии, утверждать трудно, так как в настоящее время вопрос об естественно приобретенном иммунитете у этой категории насекомых, судя по литературным источникам, не изучается.

В отношении же искусственно приобретенного иммунитета необходимо отметить, что имеются работы, содержащие самые противоречивые данные.

Из первых обстоятельных работ, касающихся этого вопроса, следует назвать работы Метальникова [11—16] и Недригайлова [18]. Этим же вопросом занимались Глезер [23, 24], Пейо [26, 27], Шорин [19, 20] и другие.

Искусственно приобретенный гуморальный иммунитет, выработанный на основе изучения его у теплокровных животных, связывается с образованием антител при введении в здоровый макроорганизм антигена. В инфекционном процессе антигеном является микроорганизм.

Исследователи, предпринявшие изучение гуморального иммунитета у насекомых, использовав парентеральное введение возбудителя в его гемоцель, обратили внимание именно на возможность образования антител в гуморе насекомых.

С. И. Метальников, В. И. Недригайлов, А. Пейо и другие исследователи при изучении гуморального иммунитета у насекомых использовали методику, применяемую для изучения этой формы иммунитета у теплокровных животных, что является приемом, не вызывающим каких-либо возражений. Однако в выборе антигенов, вводимых в орга-

---

\* В настоящей статье вопрос о гуморальном иммунитете кровососущих насекомых не рассматривается.

низ насекомых только парентерально, была допущена грубая ошибка, не считая того, что они вводились в произвольной дозировке с неизвестным титром возбудителя [16]. В качестве антигена для изучения гуморального иммунитета у растительноядных и некровососущих насекомых применялись различные белковые и другие органические соединения, а также микроорганизмы, не являющиеся специфическими возбудителями заболеваний этих насекомых. Эти антигены не вызывают при их естественном внедрении в организм насекомого рег ос каких-либо заболеваний. Введение же их неестественным путем, парентерально, в тело насекомых (очевидно, в естественных условиях заражения путь весьма редкий и едва ли имеющий эпизоотологическое значение) в методическом отношении не выдерживает никакой критики.

Следует отметить, что еще Мечников [17], сравнивая особенности инфекционного процесса, возникающего при искусственном и естественном заражении, писал: «...при естественном ходе явлений дело происходит иначе: микробы и их токсины проникают в ткани и кровь не посредством шприца или другого инструмента, они должны сами проложить себе путь сквозь кожу и слизистые оболочки, представляющие более-менее серьезное сопротивление».

С этим положением И. И. Мечникова согласуется мнение известного советского патоморфолога Аничкова [4, 5], который считает, что искусственное внесение заразного материала не то же самое, что естественное заражение. Действительно, условия искусственного инфицирования имеют мало общего с условиями естественного заражения, при котором количество инфекционного материала сравнительно ничтожно и он сам проникает через ряд барьерных приспособлений макроорганизма, вступая с ним в определенные взаимоотношения.

К специфической особенности насекомых надо отнести отсутствие замкнутой системы вен и артерий, имеющейся у высших животных, что, вероятно, имеет значение в формировании гуморального иммунитета у них. Очевидно, отсутствие у них также ретикуло-эндотелиальной системы, имеющейся у теплокровных организмов, может создать иные условия для возникновения гуморального иммунитета. Все это вместе взятое вынуждает считать, что у насекомых формирование гуморального иммунитета в классическом его выражении невозможно. Поэтому нет ничего удивительного в том, что при использовании неправильной методики изучения гуморального иммунитета у растительноядных насекомых, когда в их организм вводили нехарактерные для них антигены и не учитывались особенности экологии и анатомического строения, получались разноречивые данные. Целый ряд авторов, работающих в этой области, не смогли прийти к определенному выводу о наличии этой формы иммунитета у насекомых. Попытки обнаружить иммунологические реакции при введении растительноядным насекомым нехарактерных для них антигенов (патогенные возбудители теплокровных животных, элементы их крови и другие вещества) давали, как правило, отрицательные, а в некоторых случаях сомнительные результаты.



Так, Недригайлов [18] при изучении гуморального иммунитета у гусениц пчелиной моли (*Galleria mellonella*), иммунизированных неспецифическими возбудителями, не нашел в гемолимфе бактерицидных веществ, но гемолимфа все же обладала способностью деформировать введенные бактерии.

В одной из своих работ Метальников [16] отмечает, что при изучении факторов иммунитета у этих гусениц и палочника (*Dixippus togosus*) было проведено огромное количество опытов с самыми разнообразными микробами и их токсинами (в подавляющем большинстве случаев неспецифическими антигенами для этих насекомых). Однако в крови насекомых не удалось обнаружить ни агглютининов, ни преципитинов, ни анитоксинов, ни опсонинов, ни алексинов, ни сенсibiliзинов. Единственным антителом, отмечавшимся в редких случаях у этих насекомых, был бактериолизин, особенно в ответ на введение таких микробов, которые вообще легко разрушаются даже на питательных средах, как, например, холерный вибрион.

Такая же ошибочная методика изучения иммунитета у насекомых применялась исследователями в более позднее время.

Блок [6] после одноразового введения гусеницам тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) *Bact. proteus vulgaris*, *Bact. prodigiosum* не смогла обнаружить образования агглютининов. Бух [8] при введении черчым тараканам (*Blatta orientalis*), прысакам (*Blattella germanica*), а также различным представителям вида *Orthoptera* (кузнечики, саранча, медведки) вакцины из *Bact. proteus vulgaris* тоже не обнаружил в гемолимфе этих насекомых на 4—7-й день агглютининов. Аветикян [1—3] не выявил образования антител у гусениц дубового шелкопряда (*Antheraea pernyi*) и азиатской саранчи (*Locusta migratoria*) после введения им лошадиной сыворотки, а Борхерт и Клоков [7] — агглютининов и преципитинов у пчел, инфицированных *Bac. larvae*, *Bac. alvei*. Список таких работ можно было бы продолжить.

Основоположнику учения об иммунитете И. И. Мечникову также не удавалось выработать у этих насекомых активно приобретенного иммунитета [17].

Наряду с описанными здесь отрицательными результатами изучения искусственно приобретенного иммунитета у насекомых, имеются и противоположные данные.

Одним из первых ученых, сообщивших о бактерицидном свойстве иммунной сыворотки кобылки (*Melanopsus femurigrum*) по отношению к *Bac. rosei*, был Глезер [23], в опытах которого через 10 дней после заражения иммунная сыворотка кобылки обладала способностью «убивать» *Bac. rosei* *in vitro*. Глезер сообщил также, что им были обнаружены в иммунной сыворотке этих насекомых агглютинины. Спустя несколько лет он [24] вновь повторил опыты с иммунной сывороткой насекомых, зараженных *Bac. rosei*, и вновь наблюдал реакцию агглютинации, при которой бактерии утрачивали жизнеспособность. Однако это наблюдалось также у контрольных насекомых. На основании этого трудно судить об образовании антител.

Наличие в гемолимфе иммунизированных насекомых бактериолизинов выявил в своих работах Пейо [26, 27], поставивший опыты на гусеницах кукурузного мотылька, которым вводилось *Bact. melonothae non liquefaciens*.

О возможности выработки насекомыми бактериолизинов в отношении холерных вибрионов сообщает в своей работе Кантакузен [22].

Имеются также немногочисленные данные о выделении насекомыми антитоксина. Шорину [19, 20] удалось выработать у гусениц вощиной моли (*Galleriae mellonella*) иммунитет в отношении дифтерийного токсина, к которому чувствительны эти насекомые, путем введения в их организм «анатоксина»; была показана возможность выработки гусеницами вощиной моли антитоксина, способного нейтрализовать дифтерийный токсин.

При изучении гуморального иммунитета насекомых исследователями были представлены доказательства в пользу существования пассивной формы гуморального иммунитета у этих организмов. В опытах с гусеницами вощиной моли Зернов [9, 10] обнаружил, что гемолимфа гусениц, активно иммунизированных против бациллы Данича, при переливании ее здоровым особям иммунизировала их не только против этого возбудителя, но и других видов бактерий. Как видно, этот иммунитет не обладал строгой специфичностью.

Данные о выработке насекомыми антител приводятся также в работах Агара, Бриггса, Виоль и Сотэ, Фринго и других.

Из приведенных примеров видно, что при изучении искусственно приобретенного гуморального иммунитета у насекомых использовались самые разнообразные микроорганизмы. Трудно представить, что насекомые, использованные для большинства описанных выше опытов, когда-либо в природе могли заболеть от заражения микроорганизмами, обычно вызывающими болезни теплокровных и человека.

Небезынтересно замечание Метальникова [16], высказанное при изучении им гуморального иммунитета у гусениц пчелиной моли: «Я иммунизировал их против различных патогенных для них микробов, как-то: холерные вибрионы, дезинтерийные микробы, микроб Данича, сибирская язва и др. Во всех случаях нам довольно легко удавалось получить иммунитет. Только в отношении *Vac. galleriae* № 2 нам не удалась иммунизация». Эта бактерия была выделена Метальниковым и Шориным из больных гусениц пчелиной моли во время эпизоотии и являлась для них специфическим возбудителем. Впрыснутая в организм гусениц в достаточном количестве, как пишет С. И. Метальников, она убивала гусениц за 50—60 минут. Более слабые дозы убивали в 5—10 часов. Случаев выздоровления гусениц после введения в их организм этого возбудителя автор не наблюдал.

Эту неудачу с иммунизацией гусениц пчелиной моли С. И. Метальников объяснял «страшной» вирулентностью *Vac. galleriae*, а также ее «спороносностью».

Все методы приготовления ослабленных вакцин из этой бактерии

не приводили к положительным результатам, так как ее споры хорошо переносят нагревание до 100°. Далее С. И. Метальников указывает, что уже через 3 час. после инъекции холерного вибриона замечается начало иммунизации гусениц, а через 15—20 час. они уже иммунны по отношению к смертельной дозе этого возбудителя. Приобретенный иммунитет у таких особей не отличается большой силой. Гусеницы переносят 2—3 смертельные дозы, но не больше. Но если таким гусеницам ввести не 2—3 дозы, а больше—5—10, то они погибают быстрее, чем инъецированная гусеница, получившая такую же дозу.

В этих опытах С. И. Метальникова, по нашему мнению, были получены крайне противоречивые данные, не доказывающие выработки гуморального иммунитета гусеницами пчелиной моли к такому возбудителю, как холерный вибрион, не являющемуся характерным возбудителем при заражении гусениц *per os*.

Размножение холерного вибриона в организме гусениц пчелиной моли, вероятно, не отличается «резко» от размножения возбудителя на искусственном питательном субстрате, так как гемолимфа тех или иных насекомых содержит достаточное количество питательных веществ для роста и развития неспецифических возбудителей, введенных в гемоцель насекомых парентерально. Поэтому, если в организме гусениц фагоцитоз проявляется недостаточно активно, неспецифические возбудители могут длительное время не терять своей жизнеспособности, но гемолимфа организма хозяина не приобретает свойств проявлять иммунологические реакции, как это наблюдается при введении в организм специфических возбудителей.

Нам не известно, почему исследователи, работающие в области изучения искусственно приобретенного гуморального иммунитета у растительноядных и некровососущих насекомых, не обратили в свое время достаточного внимания на сообщение С. И. Метальникова о том, что он не смог выработать иммунитет у гусениц пчелиной моли на специфический возбудитель *Bac. galleriae* вследствие того, что подопытные гусеницы погибали после однократного парентерального введения в их организм возбудителя. Сейчас нам понятно, почему. Дело в том, что *Bac. galleriae* при споруляции образует параспоральные тела, содержащие сильный эндотоксин, обуславливающий вирулентность бацилл группы *thuringiensis* и губительно действующий на организм целого ряда чешуекрылых. Поэтому в зависимости от дозы этого возбудителя гибель растительноядных и некровососущих насекомых будет происходить или от токсикоза, или от септицемии.

Применение в основном неспецифических антигенов, а также введение их в организм подопытных насекомых парентерально не позволили С. И. Метальникову и другим авторам, несмотря на большое количество проведенных опытов, разрешить вопрос о формировании гуморального иммунитета.

В связи с тем, что в настоящее время в практике защиты растений от вредных насекомых все шире используются энтомопатогенные мик-



роорганизмы, на наш взгляд, назрела необходимость изучения гуморального иммунитета у насекомых сельскохозяйственного значения в ином, чем изучение его у теплокровных животных, плане.

Иркутский государственный университет

Поступило 15.XI 1978 г.

## ՄԻՋԱՏՆԵՐԻ ՀՈՒՄՈՐԱԼ ԻՄՈՒՆԻՏԵՏԻ ՀԱՐՅԻ ՇՈՒՐՋՐ

և. վ. ՏԱԼԱԼԱԵՎ, Ի. Ն. ԺԻԴԱՆՈՎ

Հոդվածում շոշափվում է գլուղատնտեսական և անտառային տնտեսությունների վնասատու միջատների (ոչ արյունածծիչ) հորմոնալ իմունիտետների հարցը:

Տարբեր հնդինականների կատարած հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ այդ հարցը մինչև այսօր չի ուսումնասիրված:

Այդ հետազոտությունների արդյունքները հակասական են և հաճախ ստացվել են ոչ ճիշտ մեթոդի կիրառման հետևանքով:

## ON THE HUMORAL IMMUNITY IN INSECTS

E. V. TALALAEV, I. N. ZHDANOV

Some aspects of humoral immunity in insects (nonbloodsucking) have been discussed. Analysis of data received by different authors has shown that they are based on the use of various methods, antigens and microorganisms. Wrong methodical approaches used by different authors are the backgrounds of contradictory conclusions.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Аветикян Б. Г. Канд. дисс., Ереван, 1952.
2. Аветикян Б. Г. Вопросы патогенеза и патологической анатомии инфекционных болезней. М., 1957.
3. Аветикян Б. Г. Сб. Экспериментальная и клиническая иммунология. Л., 1959.
4. Аничков Н. И. Арх. биол. наук., 45, 2, 1937.
5. Аничков Н. И. Тр. 3-й сессии АМН СССР, М., 1947.
6. Блок И. Б. Микробиол. ж. (Киев), 12, 1, 1950.
7. Борхерт и Клоков. Цит. по Сиротинину Н. Н. Многотомное руководство по микробиологии, клинике и эпидемиологии инфекционных болезней, 3, М., 1964.
8. Бух Ф. Л. Медичн. журн., 10, 3, 1940.
9. Зернов В. С. R. Soc. Biol., 98, 1928.
10. Зернов В. С. R. Soc. Biol., 99, 1928.
11. Метальников С. И. Арх. биол. наук, 12, 1—5, 1905.
12. Метальников С. И. Изв. Научн. ин-та им. Лесгафта, 9, 1, Л., 1924.
13. Метальников С. И. Изв. Научн. ин-та им. Лесгафта, 13, 1, Л., 1927.
14. Метальников С. И. С. R. Soc. Biol., 83, 1920.
15. Метальников С. И. С. R. Acad. Sci., Paris, 179, 1924.
16. Метальников С. И. L'infection microbienne et L'immunité chez la mite des abeilles mellonella. Masson et Cie. Paris. 1927.
17. Мечников И. И. Академ. собр. соч., 8, 1953, М., 1905.
18. Недригайлов В. И. Опыт изучения иммунитета у гусениц пчелиной моли. Харьков, 1909.

19. Шорин В. А. Ann. Inst. Pasteur. 43. 1929.
20. Шорин В. А. Bull. Biol. France-Belge, 65. 1931.
21. Штейнхауз Э. Патология насекомых. М., 1952.
2. Cantacuzene J. Le probleme de L'immunité chez les invertébrés, Celebr. 75<sup>e</sup> année de fondation de la Société de Biologie.
23. Glaser R. W. On the existence of immunity principles in insects. Psyche, 25. 1918.
24. Glaser R. W. J. Immunol., 10, 1925.
25. Herelle F. C. R. Acad. Sci. Paris, 152, 1911.
26. Paillot A. C. R. Soc. Biol. 83, 1920.
27. Paillot A. L'Infection chez les insectes. G. Patissier. Trevoux, 1933.
28. Pasteur L. Etudes sur la maladie des Vers à soie, Cautheir—Villars, Paris, v. 1, II, 1870.