XXV
ЛЮБИЩЕВСКИЕ
ЧТЕНИЯ

Современные проблемы
эволюции

Ульяновск
2011

Любищевские чтения – 2011. Сборник материалов международной конференции (Ульяновск, 5-7 апреля 2011 г.) -Ульяновск: УлГПУ, 2011. – 476 с.

Китаев К.А., Сурина Е.В., Беньковская Г.В. Коэволюционные модели в агроэкосистемах. "XXVЛюбищевские чтения - 2011" Современные проблемы эволюции. Сборник материалов международной конференции. Ульяновск. 2011. С. 138-141.

Китаев К.А., Сурина Е.В., Беньковская Г.В.

КОЭВОЛЮЦИОННЫЕ МОДЕЛИ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра РАН
E-mail: cordek@ya.ru

Коэволюция - процесс развития двух связанных элементов системы. Развитие происходит вследствие необходимости изменений и взаимосвязанности объектов (Кудряшев, 2010). Не всякое развитие носит коэволюционный характер, но стабильные целостные системы, имеющие высокий уровень противодействия внешним изменениям и свободу возможных реакций на любые изменения, возникают вследствие коэволюции. Коэволюция имеет выраженный системный характер, но не всякая система развивается коэволюционно. В любой системе взаимодействующие элементы должны иметь некую свободу изменений, чтобы отойти от точки равновесия своей связи, только такое положение позволит перейти к взаиморазвитию, коэволюции. Развитие искусственных и естественных экосистем имеет коэволюционный характер. С необходимостью возникают новые связи между живыми организмами, которые закрепляют их изменения и направляют дальнейшее развитие. Эти связи могут иметь разный характер, но трофические взаимодействия более просты и широки, поскольку являются путями переноса энергии в экосистемах, основой их существования.

Агроэкосистемы — комплекс пространственно неоднородных биогеоценозов, включающий агробиоценоз — поле, занятое культурным растением, и прилегающие биотопы: обочины, защитные лесополосы. Агроэкосистемы обладают достаточно большим биоразнообразием за счет пространственной неоднородности и искусственного внесения человеком новых видов. Но устойчивость агроэкосистем, как и любых экосистем, определяется не столько уровнем разнообразия, сколько отработанностью взаимосвязей между видами (Чернышев, 2001). Связи между организмами появляются случайно, но закрепляются и усиливаются те, которые приводят к дальнейшей коэволюции, за счет взаимной адаптивной изменчивости (Родендроф, 1980).

В агроэкосистемах можно выделить несколько коэволюционных моделей, основанных на трофических взаимоотношениях. Рассмотрим модели с участием насекомых, поскольку они быстро размножаются и имеют большой адаптивный потенциал. В первую очередь это система «растение-фитофаг», в которой участвуют культурные растения и насекомые-вредители. Человек искусственно привносит и размножает растения в агроценозе, создавая обильную кормовую базу для растительноядных насекомых. Насекомые в свою очередь начинают быстро осваивать появившиеся ресурсы, увеличивают свою численность и распространяются по агроэкосистеме. Происходит расширение реализованной ниши до фундаментальной (Северцов, 2004). Резкое увеличение численности (волна жизни) подхватывает случайные наследственные изменения и обеспечивает их распространение в популяции. Большая численность обеспечивает свободное скрещивание и способствует проявлению части генетического груза популяций в виде адаптаций. В результате, насекомые быстро приспосабливаются к новому кормовому ресурсу и начинают оказывать заметное влияние на рост и численность культурных растений. Развитие культурного растения определяется больше желанием человека, нежели естественными факторами, но стремление повысить урожайность растений и уберечь их от насекомых-вредителей приводит к направленным изменениям, которые должны действовать против фитофагов. К примеру человеком выведено много сортов картофеля, обладающего относительной устойчивостью к его основному вредителю, колорадскому жуку (Марданшин и др, 2010). В большинстве случаев в это взаимодействие вмешивается еще одни антропогенный фактор — пестициды. Под воздействием пестицидов в популяциях колорадского жука формируется множественная резистентность (Беньковская и др., 2008). Подобное коэволюционное изменение могло бы привести к появлению устойчивого сообщества, если бы не было внешнего воздействия. Антропогенный фактор вносит в агроценозе дисбаланс, который устраняется коэволюцией.

Вторая коэволюционная модель – взаимодействие хищника и жертвы. В агроэкосистемах основными жертвами являются разнообразные беспозвоночные, в первую очередь

массовые насекомые-фитофаги, то есть вредители. Наиболее интересны взаимоотношения между насекомыми разных экологических групп. В агроэкосистемах много неспециализированных хищников-генералистов, которые, по-видимому, могут играть важную роль в регуляции численности насекомых вредителей (Чернышев, 2001). Представляется возможным смена специализации их питания, при массовом размножении других видов насекомых-фитофагов. Это будет способствовать увеличению численности хищника и со временем он станет оказывать заметное влияние на популяцию жертв. Безусловно, за счет коадаптаций возникают предпосылки установления паритета уровней специализации хищников и их жертв. Этот паритет, сложившийся в процессе продолжительной коэволюции хищников и жертв, обеспечивает устойчивость их отношений в экологическом масштабе времени, благодаря эффективной взаимной регуляции состояния их популяций (Раутиан, Сенников, 2001). В агроэкосистемах возможна ситуация, когда жертва является инвазивным видом, не имеющим естественных врагов в этой зоне. Эти враги постепенно появляются из местных неспециализированных хищников. Колорадский жук появился и распространился на территории Европы и России несколько десятков лет назад, за это время сформировался комплекс его энтомофагов среди жужелиц, которые постепенно увеличивают свою приспособленность к питанию этим видом (Коваль, 2009). Весьма важным, но, недостаточно изученным является вопрос о прямом и косвенном влиянии пестицидов на энтомофагов. При применении инсектицидов против колорадского жука напочвенные хищники потребляют некоторое количество отравленных особей, соответственно среди хищников также идет отбор более устойчивых особей. Энтомофаги, питающиеся яйцами и личинками на листьях картофеля, подвергаются прямому действию инсектицидов. Изменения, происходящие под действием внешнего антропогенного фактора, нельзя выносить за рамки коэволюции, поскольку сам внешний фактор, возникает вследствие трофических взаимодействий и входит в коэволюционную модель.

Взаимоотношения в экосистемах насекомых с различными микроорганизмами разнообразны. Среди всего разнообразия взаимодействий этих двух групп организмов встречаются и паразитические, и мутуалистические связи. Многие энтомопатогенные несовершенные грибы не специализируются на определенном виде или группе насекомых, поэтому могут поражать и фитофагов, и энтомофагов, сохраняясь в природе даже в отсутствие хозяина. Они могут быстро распространяться в экосистеме и, в зависимости от состояния популяций разных видов, сильно сокращать их численность. Одним из ярких примеров коадаптационных процессов в системе «хозяин-паразит» являются эпизоотии *Beauveria bassiana*, возникающие в популяциях колорадского жука (Сурина, Беньковская, 2009). При действии инсектицида на зараженное насекомое может проявиться аддитивное действие или синергизм, поскольку инсектициды действуют в том числе и на защитные механизмы насекомого. Хорошим примером могут служить опыты со свекловичным долгоносиком *Bothynoderes punctiventris*, проведенные Теленгой (Telenega, 1958) на Украине. Он показал повышение частоты встречаемости природных микозов *Beauveria bassiana* при обработке ГХЦГ. Не следует считать, что этот механизм способствует распространению высоковирулентных энтомопатогенных грибов. При проявлении высокой вирулентности штамм гриба может быстро уничтожить популяцию и не успеет размножиться. Развитие хозяино-паразитарных взаимоотношений идет скорее в сторону уменьшения вирулентности гриба и смертности в популяциях насекомых. Но если гриб не успевает выработать механизмов специфичного заражения некоторых видов насекомых, то коэволюционный процесс не может привести к значительным изменениям. Хозяино-паразитарные взаимоотношения вначале формируются как облигатно-паразитарные из факультативных и свободноживущих паразитов в новых неустойчивых условиях, дальнейшее коэволюционное развитие в сторону уменьшения вредоносности должно происходить в достаточно стабильных условиях (Сунцов, Сунцова, 2006). Условия агроценоза предполагают лишь первый этап развития, при условии, что отдельные виды насекомых будут иметь высокую численность. Иными словами, массовые виды вредители будут вступать в хозяино-паразитарные взаимоотношения с несовершенными грибами, которые будут повышать вирулентность до определенного порога, обусловленного количеством и спектром применяемых инсектицидов.

Рассмотренные модели имеют важное значение в понимании процессов, происходящих в агроэкосистемах, и каждая модель нуждается в детальной проработке. Возможно совершенствование модели для создания единой системы прогнозирования и управления. В дальнейшем управление подобными моделями позволит создавать действительно устойчивые агро- и другие искусственные экосистемы.

Работа была выполнена в рамках проекта, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-04-00391-а).

Список литературы:

Беньковская Г.В. Леонтьева Т.Л. Удалов М.Б. Резистентность колорадского жука к инсектицидам на Южном Урале // Агрохимия, 2008.- №8.- С.1-5.

Кудряшев А.Ф. Еще раз о коэволюции // Любищевские чтения — 2010.Современные проблемы эволюции. Сб. мат. конф.- Ульяновск, 2010.- С.234-236.

Коваль А.Г. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) агроценоза картофеля европейской части России и сопредельных территорий. – С. Петербург, 2009. – 112 с.

Марданшин И., Ибрагимов Р., Умаров И., Беньковская Г., Удалов М. Традиционная селекция — экологический метод решения проблемы защиты картофеля от колорадского жука // Аграрное решение, 2010.- №4.- С.32-33.

Раутиан А.С., Сенников А.Г. Отношения хищник-жертва в филогенетическом масштабе времени // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып. 4.- Москва, 2001.- С.29-46.

Родендорф Б.Б. Проблема коэволюции или сингенеза // Историческое развитие класса насекомых.- Москва, 1980.- С.181-184.

Северцов А.С. Механизм возникновения и экологическое значение фундаментальной ниши вида // Экология, 2004.- №6.- С.403-409.

Сунцов В.В., Сунцова Н.И. Чума. Происхождение и эволюция эпизоотической системы (экологические, географические и социальные аспекты).- Москва, 2006.- 247 с.

Чернышев В.Б. Экологическая защита растений. Членистоногие в агроэкосистеме.- Москва, 2001.-136 с.

Telenga, N.A.. Biological control of field and forest pests in USSR (en Russe) // 9th International Conference on Quarantine and Plant Protection. – Moscou, 1958. – P. 158-165.

Сычев П. А., Тимофеев А. А., Ткаченко Н. П., Ларин Я. Д. Коэволюция грибов и беспозвоночных животных // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона, 2008. - №8. – С.226-239

Сурина Е.В., Беньковская Г.В. Микозы в популяциях *Leptinotarsa decemlineata* Say на территории РБ // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Экология, эволюция и систематика животных» - Рязань. – 2009. - с.139-140.

Резюме

Показан коэволюционный процесс в агроэкосистемах. Описаны наиболее простые распространенные модели коэволюции и приведены примеры возможных путей развития этих моделей.

Summary

Coevolution process are showed in the agroecosystems. It is described the easiest widespread cases of the coevolution. And it is showed the possible development path of them.