

ДЕМОГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА ПРИЗНАКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОДВИЖНОСТЬ ЖИВОТНЫХ

Титова Л.И.¹, Тютюнов Ю.В.^{1,2}, Ковалёв О.В.³

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

ltitova@sfedu.ru

² Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, Россия

tyutyunov@sfedu.ru

³ Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия

kovalev@OK11495.spb.edu

Аннотация: построена демогенетическая модель пространственно-временной динамики системы, включающей популяцию жертв и три конкурирующие генотипа хищника, образованные аллелями «подвижности» и «осёдлости» и отличающиеся значениями коэффициентов трофотаксиса и диффузии, определяющими пространственную активность вида. Показано, что отбор признаков, повышающих подвижность консумента, ускоряется во фронте уединённой популяционной волны (УПВ) хищника при высокой продуктивности популяции жертв.

1. Введение

Большинство животных, от простейших до насекомых и позвоночных, развили в процессе эволюции способности к передвижению в различных средах: ползанию, ходьбе, бегу, прыжкам, плаванию или полёту. Представляет интерес изучение условий, способствующих, либо препятствующих отбору мутаций, повышающих пространственную активность вида-консумента. В контексте изучения локомоции инвадеров, осваивающих новое местообитание, интересна роль перемещения животных в трансформациях экосистем, вызванных инвазией хищного вселенца.

2. Описание пространственной демогенетической модели

Развивая классические уравнения Фишера–Холдейна–Райта (Fisher, 1930; Haldane, 1926; Wright, 1930), В.А. Костицын (Kostitzin, 1937) использовал теорию конкуренции Лотки–Вольтерра (Lotka, 1925; Volterra, 1931) для построения демогенетических моделей, описывающих взаимодействия генотипов в популяции диплоидных организмов. Изначально сформулированная для непространственного случая, модель Костицына (Kostitzin, 1937) естественным образом обобщается для изучения изменения генетического состава популяции в пространственных моделях (Tyutyunov et al., 2008; 2013).

Для изучения взаимосвязи пространственных факторов и естественного отбора признаков, ассоциированных с подвижностью хищника, нами построена демогенетическая модель пространственно-временной динамики системы «хищник–жертва», представляющая собой систему дифференциальных уравнений с частными производными типа «таксис–диффузия–реакция», и описывающая как пространственное поведение, так и эволюцию генетической структуры популяции хищника. Рост популяции жертвы в модели подчиняется логистическому закону. Локальное выедание жертв хищниками задаётся трофической функцией Холлинга типа II. Популяция хищника состоит из трёх конкурирующих между собой генотипов, образованных аллелями «подвижности» (m) и «осёдлости» (s). Хищники способны к направленному преследованию жертв (трофотаксису). Генотипы отличаются значениями коэффициентов таксиса и диффузии, определяющими пространственную активность вида: подвижность генотипа mm превышает подвижность генотипов ss и ms .

3. Результаты и выводы

Вычислительные эксперименты с различными пространственными шаблонами, задающими степень фрагментированности местообитания (рисунок 1) позволяют сделать

следующие выводы о влиянии пространственной неоднородности на отбор признаков, определяющих подвижность хищника: (1) формирование уединённых популяционных волн (УПВ) является критическим фактором, определяющим успех инвазии в экосистему хищного вселенца; (2) снижение продуктивности популяции жертв затрудняет образование УПВ и закрепление хищника-инвадера в системе; очень сильное снижение продуктивности ведёт к вымиранию инвадера; (3) высокая плотность хищников во фронте УПВ благоприятствует отбору «подвижных» хищников; (4) эффект Олли в популяции хищника значительно ускоряет естественный отбор; (5) сильная фрагментированность местообитания замедляет распространение волны инвадера-потребителя и может изменить направление отбора (эволюционное преимущество получает малоподвижный «оседлый» хищник).

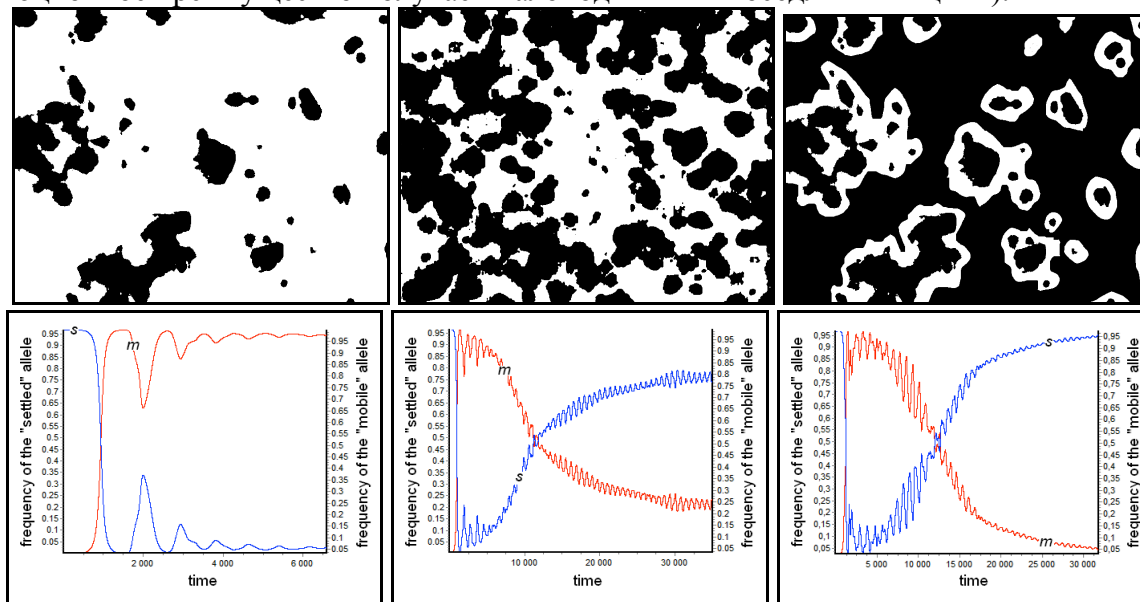


Рисунок 1 – Влияние фрагментированности местообитания (вверху) на изменение аллельных частот (внизу). Черные участки непригодны для воспроизводства жертв.

Результаты получены в ходе выполнения базовой темы ИАЗ ЮНЦ РАН «Разработка методов геоинформационного моделирования морских и наземных экосистем» № 0259-2014-0004 и базовой части государственного задания Министерства образования и науки РФ, тема «Фундаментальные и прикладные задачи математического моделирования» № 1.5169.2017/8.9.

Литература

- Fisher R.A. The General Theory of Natural Selection. Oxford: Clarendon Press, 1930. 354 p.
- Haldane J.B.S. A mathematical theory of natural and artificial selection // III. Proc. Camb. Phil. Soc. 1926. V. 23. P. 363–72.
- Kostitzin V.A. Biologie Mathématique. Paris: Librairie Armand Colin, 1937. 223 p.
- Kovalev O.V., Vechernin V.V. Description of a new wave process in population with reference to introduction and spread of the leaf beetle *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera, Chrysomelidae) // Entomological Review. 1986. V. 65. P. 93–112.
- Lotka A.J. Elements of Physical Biology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1925. 460 p.
- Tyutyunov Yu., Zhadanovskaya E., Bourguet D., Arditi R. Landscape refuges delay resistance of the European corn borer to Bt-maize: A demogenetic dynamic model // Theoretical Population Biology. 2008. V. 74. № 1. P. 138–146.
- Tyutyunov Yu.V., Kovalev O.V., Titova L.I. Spatial demogenetic model for studying phenomena observed upon introduction of the ragweed leaf beetle in the South of Russia // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. 2013. V. 8. № 6. P. 80–95.
- Volterra V. Leçons sur la Théorie Mathématique de la Lutte Pour La Vie. Paris: Gauthiers–Villars, 1931. 214 p.
- Wright S. Evolution in Mendelian populations // Genetics. 1930. V. 16. P. 97–159.