

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕНЕТИКА ЖУКОВ РОДА *ADALIA*: ПОПУЛЯЦИИ *A. BIPUNCTATA* НОРВЕГИИ И КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

© И.А. Захаров, А.В. Рубанович

ФГБУН «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» РАН, Москва

Для цитирования: Захаров И.А., Рубанович А.В. Экологическая генетика жуков рода *Adalia*: популяции *A. bipunctata* Норвегии и Кольского полуострова // Экологическая генетика. — 2018. — Т. 16. — № 1. — С. 49–52. doi: 10.17816/ecogen16149-52.

Поступила в редакцию: 12.02.2018

Принята к печати: 12.03.2018

✿ Изучен состав пяти популяций *Adalia bipunctata* L. Норвегии и двух популяций Кольского полуострова. Доля черных особей в них изменяется от 0 до 35,7 %. Впервые описан состав популяций *A. bipunctata*, обитающих за полярным кругом. Стандартный корреляционный анализ не обнаружил значимой зависимости доли черных особей как от широты мест обитания, так и от их климатических особенностей. Анализ данных методом логистической регрессии показал, что встречаемость черных морф положительно сопряжена со средней температурой зимы и отрицательно коррелирует с влажностью и средней температурой лета. В основном эти закономерности обусловлены популяцией Бергена, где наблюдается наибольшее содержание меланистов, а климатические условия резко отличаются (по средней температуре зимы, влажности и годовому количеству осадков) от условий всех остальных изученных мест на побережье Норвегии и Кольского полуострова.

✿ **Ключевые слова:** *Adalia bipunctata*; меланизм; популяции; температура; влажность; широта местности.

ECOLOGICAL GENETICS OF BEETLES OF THE GENUS *ADALIA*: POPULATIONS OF *A. BIPUNCTATA* OF NORWAY AND KOLA PENINSULA

© I.A. Zakharov, A.V. Rubanovich

N. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia

For citation: Zakharov IA, Rubanovich AV. Ecological genetics of beetles of the genus *Adalia*: populations of *A. bipunctata* of Norway and Kola peninsula. *Ecological genetics*. 2018;16(1):49-52. doi: 10.17816/ecogen16149-52.

Received: 12.02.2018

Accepted: 12.03.2018

✿ The composition of 5 populations of *Adalia bipunctata* L. of the Norway and two populations of the Kola Peninsula was studied. The proportion of black color imago in them varies from 0% to 35.7%. The composition of the populations of *A. bipunctata* inhabiting the Arctic Circle is described for the first time. Standard correlation analysis did not reveal a significant dependence of the proportion of black individuals, both on the latitude of habitats, and on their climatic parameters. Application of the logistic regression method to these data made it possible to show that the abundance of black morphs is positively associated with the average winter temperature, and is negatively correlated with summer moisture and mean temperature. Basically, these data are determined by the peculiarities of the Bergen population, where the greatest concentration of melanists is observed, and the climatic conditions (according to the average winter temperature, humidity and annual amount of atmospheric rainfall) differ sharply from the conditions of all other studied places on the coasts of Norway and the Kola Peninsula.

✿ **Keywords:** *Adalia bipunctata*; melanism; population; temperature; moisture, latitude.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение экологической генетики жуков вида *Adalia bipunctata* было начато Н.В. Тимофеевым-Ресовским [1] и Я.Я. Лусисом [2]. Первый на примере берлинской популяции показал, что жуки красной и черной морф, которые присутствуют во всех популяциях *A. bipunctata*, проявляют различную приспособленность к условиям зимовки и размножения. Я.Я. Лусис, изучивший состав ряда популяций Восточной Европы, пришел к заключению, что особи с черной окраской (меланисты) накапливаются в популяциях, которые обитают в условиях более влажного климата и испытывают последствия антропогенного загрязнения атмосферы. В последующем зависимость состава популяций

адалии от условий обитания изучали на материале ряда популяций Западной Европы [3]. Хотя в некоторых случаях была отмечена четкая зависимость состава популяции от условий ее обитания (климатических или антропогенных [4–6]), во многих других случаях факторы, определившие тот или иной состав популяции, остаются неясными. В настоящей работе мы попытались определить, зависит ли состав популяций Северной Европы от климатических факторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сборы адалии в Норвегии были проведены одним из авторов (И.А. Захаровым) в 2014 и 2017 гг., на Кольском полуострове — в 2013 г. Жуков соби-

рали в июле—августе, то есть в период их активного размножения. Собирали имаго и куколки, из последних в лабораторных условиях выводили имаго.

В сборах учитывали следующие морфы: *typica*, *anulata*, *6-pustulata*, *4-maculata*. Генетическая природа перечисленных морф хорошо известна [7], все они (за исключением *anulata*, генетическая природа которой не вполне ясна) определяются множественными аллелями одного гена; при этом черная окраска надкрылий является доминантным признаком. При статистическом анализе данных объединяли морфы *typica*, *anulata* в группу красных, морфы *6-pustulata*, *4-maculata* — в группу черных, или меланистов.

Данные о климатических особенностях пунктов, где производили сбор адалий, были взяты на сайте Яндекс-погода (www.yandex.ru/pogoda/). Были выбраны следующие показатели: средняя температура и средняя влажность месяцев, когда происходит размножение (летних — июнь—август), средняя температура и средняя влажность зимних месяцев (декабрь—февраль), количество осадков за год и число солнечных и ненастных дней в году.

С помощью программы SPSS был проведен корреляционный и регрессионный анализ данных. Для анализа сопряженности встречаемости черных морф с кли-

матическими признаками использовали логистическую регрессию вида

$$\ln \frac{P}{1-P} = a + bX.$$

Здесь P — вероятность обнаружения черных форм, X — климатический фактор. Логистическая регрессия строится для файла, в котором перечислены все собранные особи с указанием бинарного статуса (0 — обычные морфы, 1 — меланисты), а также климатические условия обитания для каждой особи. Количественной мерой сопряженности в логистическом анализе является величина $\exp(b) = OR$ (отношение шансов). Доля черных морф не зависит от климатического признака, если $OR = 1$; положительно сопряжена с климатическим фактором, если $OR > 1$, и отрицательно сопряжена, если $OR < 1$. Значимость сопряженности (p -values) оценивали с помощью процедуры будстреп, реализованной в SPSS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 показан состав изученных нами популяций. Сведения о климатических особенностях мест сборов приведены в табл. 2.

Таблица 1

Места сборов и состав популяций *Adalia bipunctata* в Норвегии и на Кольском полуострове

Table 1

Locations of the sampling sites and composition of populations of *Adalia bipunctata*

№	Место сбора	Дата сбора	<i>typica</i>	<i>anulata</i>	<i>6-pustulata</i>	<i>4-maculata</i>	<i>n</i>	% черных*
1	Осло	07.2017	34	1	2	—	37	0,7 5,4 18,2
2	Берген	07.2017	34	2	5	15	56	23,4 35,7 49,6
3	Тронхейм	08.2014	75	3	—	-	78	0 4,6
4	Тромсе	08.2014	181	49	2	2	234	0,5 1,7 4,3
5	Алта	08.2014	28	1	1	2	32	2,0 9,4 25,0
6	Мурманск	08.2013	91	—	7	3	101	4,9 9,9 17,5
7	Апатиты	08.2013	117	—	4	4	125	2,8 6,4 12,2

* нижним индексом указаны левые и правые 95 % доверительные интервалы (точный тест Фишера)

Таблица 2

Широта и параметры климата мест сборов *Adalia bipunctata*

Table 2

Latitude and climate parameters of *Adalia bipunctata* sampling sites

№	Место сбора	Широта	Ср. <i>t</i> лета	Ср. <i>t</i> зимы	Влажность летом, %	Влажность зимой, %	Осадки/год, мм	Солнечных дней в году	Ненастных дней в году
1	Осло	59,9	17,3	−2,7	72,7	89,0	1103	87	49
2	Берген	60,4	15,7	1,7	72,0	78,0	2467	86	91
3	Тронхейм	63,5	15,7	−1,0	72,7	87,0	1322	70	66
4	Тромсе	69,7	11,3	−4,3	76,7	83,7	1736	62	70
5	Алта	70,0	11,0	−6,3	76,7	85,3	868	42	40
6	Мурманск	69,0	13,3	−9,3	76,0	89,7	704	32	29
7	Апатиты	67,6	13,3	−9,3	77,6	91,3	848	30	33

Таблица 3

Логистический регрессионный анализ встречаемости черных морф *Adalia bipunctata* в зависимости от параметров климата

Table 3

Logistic regression analysis of the abundance of black morphs *Adalia bipunctata* depending on climate parameters

Показатели	Ср. <i>t</i> лета	Ср. <i>t</i> зимы	Влажность летом, %	Влажность зимой, %	Осадки/год, мм	Солнечных дней в году	Ненастных дней в году
OR	0,076	1,126	0,756	0,865	1,001	1,015	1,015
<i>p</i> -values	0,001	0,033	0,001	0,008	0,023	0,150	0,145
<i>n</i>	663	663	663	663	663	663	663
Примечание: <i>n</i> — общее число учтенных особей в 7 популяциях							

В настоящей работе впервые были изучены заполярные популяции (обитающие севернее полярного круга) *A. bipunctata*: Тромсе, Алта, Мурманск, Апатиты. Их состав — доли красных и черных морф — оказался таким же, как и во многих популяциях зоны умеренного климата (меланистов менее 10 %). Отметим, что среди большого числа особей *A. bipunctata* не было найдено ни одной, относящейся к северному подвиду или виду *A. frigida*.

Своеобразной оказалась популяция Тромсе — в ней с высокой частотой встречалась обычно редкая форма *anulata*, что, вероятно, можно объяснить эффектом генетического дрейфа.

Все изученные нами популяции, кроме Апатиты, обитают на морском побережье. Доля меланистов в них варьирует от 0 до 35,7 %. Мы попытались найти зависимость состава этих популяций от климатических особенностей мест сборов. Стандартный корреляционный анализ не выявил значимых корреляций между встречаемостью черных морф и климатическими факторами. Вероятно, это обусловлено незначительным количеством исследованных точек (7 популяций). В этой связи была использована логистическая регрессия, в которой, по определению, число точек равно числу собранных особей. Результаты логистического анализа приведены в табл. 3. Из таблицы видно, что встречаемость черных морф положительно сопряжена со средней температурой зимой и отрицательно коррелирует с влажностью и средней температурой летом.

Из всех изученных популяций выделяется высоким содержанием меланистов популяция Бергена. Ранее это было отмечено Бенгтсоном и Хагеном [8], которые показали, что в сравнении с окрестностями, удаленными не более чем на 100 км, климат Бергена отличается особенно большим числом дождливых дней [4]. На изученной этими авторами территории доля меланистов достоверно коррелировала с величиной так называемого океанического индекса (в его расчете принимаются во внимание годовая величина осадков и температурные показатели). Бенгтсон и Хаген в 1973—1975 гг. наблюдали в Бергене 83 % меланистов, однако, как сообщил в 2010 г. Бенгтсон, к это-

му времени доля меланистов значительно сократилась. Мы в 2017 г. обнаружили здесь лишь 35,7 % черных особей. Снижение в популяции доли меланистов наблюдается и в других популяциях [3]. Вопрос этот требует специального обсуждения.

Итак, проведенное нами исследование позволяет заключить следующее. Заполярные популяции *A. bipunctata* по своему составу не отличаются от популяций умеренных по климату территорий. Среди прибрежных популяций Норвегии и Кольского полуострова нет зависимости доли меланистов от температуры и влажности летних месяцев, как это мы показали для южных популяций Крымского полуострова. Уникально высокий среди изученных популяций процент меланистов в популяции Бергена, по всей видимости, обусловлен климатическими особенностями (как было показано Бенгтсоном и Хагеном [4]); таких климатических особенностей нигде больше на изученной территории мы не обнаружили ($p < 0,001$).

Сопоставление наших результатов, относящихся к крымским популяциям и изученным в настоящей работе северным, показывает, что в разных регионах с разными климатическими особенностями и, вероятно, с разным генофондом обитающих там популяций адалии накопление меланистов обусловлено разными факторами среды. В каждом случае необходим конкретный анализ зависимости состава популяций от природных и антропогенных условий их обитания.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Эволюция органического мира. Роль и влияние планетарных процессов» и «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России».

ЛИТЕРАТУРА

1. Timofeeff-Ressovsky NV. Zur Analyse des Polymorphismus bei *Adalia bipunctata* L. *Biologisches Zentrblatt*. 1940;60:130-137.
2. Лусис Я.Я. О биологическом значении полиморфизма окраски у двуточечной коровки *Adalia*

- bipunctata* L. // Latv. Entomologs. — 1961. — № 4. — С. 3–29. [Lus YaYa. O biologicheskom znachenii polimorfizma okraski u dvutochechnoj korovki *Adalia bipunctata* L. *Latv.Entomologs*. 1961;(4): 3-29. (In Russ.)]
3. Захаров И.А. Индустриальный меланизм и его динамика в популяциях двуточечной божьей коровки *Adalia bipunctata* L. // Успехи современной Биологии. — 2003. — Т. 123. — № 1. — С. 3–15. [Zakharov IA. Industrial'nyj melanizm i ego dinamika v populyacijah dvutochechnoj bozh'ej korovki *Adalia bipunctata* L. *Biology Bulletin Reviews*. 2003;123(1):3-15. (In Russ.)]
 4. Bengston SA, Hagen R. Melanism in the two-spot ladybird *Adalia bipunctata* in relation to climate in Western Norway. *Oikos*.1977;28:16-19.
 5. Creed ER. Industrial melanism in the two-spot ladybird and smoke abatement. *Evolution*. 1971;25:290-293.
 6. Muggleton J, Lonsdale D, Benham BR. Polymorphism in *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae) and its relationship to atmospheric pollution. *J Appl Ecol*. 1975;12:465-471.
 7. Лус Я.Я. О наследовании окраски и рисунка у божьих коровок *Adalia bipunctata* L. и *Adalia decempunctata* L. // Изв. Бюро генетики АН СССР. — 1928. — № 6. — С. 89–163. [Lus YaYa. O nasledovanii okraski i risunka u bozh'ih korovok *Adalia bipunctata* L., i *Adalia decempunctata* L. *Izv. Byuro genetiki AN SSSR*. 1928;(6):89-163. (In Russ.)]
 8. Bengston SA, Hagen R. Polymorphism in the two-spot ladybird *Adalia bipunctata* in Western Norway. *Oikos*.1975;26:328-331.

✿ Информация об авторах

Илья Артемьевич Захаров — д-р биол. наук, профессор, член-корр. РАН. ФГБУН «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» РАН, Москва. E-mail: zakharov@vigg.ru.

Александр Владимирович Рубанович — д-р биол. наук. ФГБУН «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова» РАН, Москва. E-mail: rubanovich@vigg.ru.

✿ Information about the authors

Ilya A. Zakharov — Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of RAS. N. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia. E-mail: zakharov@vigg.ru.

Alexander V. Rubanovich — Dr. Biol. Sci. N. Vavilov Institute of General Genetics, RAS, Moscow, Russia. E-mail: rubanovich@vigg.ru.