

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧАСТОТ ВСТРЕЧАЕМОСТИ В-ХРОМОСОМ У ЛЕСНЫХ МЫШЕЙ *Sylvaemus flavicollis* ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

© 2023 г. Ю. М. Борисов¹, *, И. А. Кришчук², **, З. З. Борисова¹

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, 119071 Россия

²Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по биоресурсам, Минск, 220072 Беларусь

*e-mail: boriss-spb@yandex.ru

**e-mail: ikryshchuk@yandex.by

Поступила в редакцию 18.07.2022 г.

После доработки 12.09.2022 г.

Принята к публикации 20.09.2022 г.

Изучены кариотипы 95 особей (57 самцов и 38 самок) желтогорлой мыши (*Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834), отловленных в семи пунктах на территории Восточной Европы. Только у одной особи выявлена одна добавочная хромосома. Показано, что у *Sylvaemus flavicollis* в обследованных пунктах из центральной части данного ареала частота встречаемости особей с В-хромосомами очень низка и вероятно не зависит от экологических условий мест обитания.

Ключевые слова: лесные мыши, *Apodemus peninsulae*, *Sylvaemus flavicollis*, В-хромосомы.

DOI: 10.31857/S001667582305003X, **EDN:** FNNPMP

К настоящему времени так называемые добавочные, или В-хромосомы, представляющие дополнение к основному набору хромосом обнаружены более чем у 500 видов животных и 3000 видов растений. У млекопитающих наличие добавочных хромосом известно у 85 видов, что составляет около 1.9% от всех кариотипически изученных видов класса [1, 2]. При этом у разных видов число их варьирует от 1–3 до 10–30 [1–4]. Однако несмотря на достаточную изученность В-хромосом у видов млекопитающих, вопрос их происхождения, организации, а также, какие факторы определяют распределение данных хромосом среди различных видов, до конца остается не решенным.

Наиболее часто добавочные хромосомы встречаются у представителей отряда грызуны (Mammalia, Rodentia) — виды лесных и полевых мышей: восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), японская мышь (*A. argenteus*), полевая мышь (*A. agrarius*), малоазиатская мышь (*A. mystacinus*), желтогорлая мышь (*Sylvaemus flavicollis*), европейская лесная мышь (*S. sylvaticus*) [1]. В связи с чем род мышей *Apodemus* считается модельным при изучении В-хромосом [5]. Наиболее часто добавочные хромосомы выявляются у двух широкоареальных видов этого рода — восточноазиатская мышь (от 1 до 30 В-хромосом) [3–5] и желтогорлая мышь (от 1 до 7 В-хромосом) [2, 6].

Все мыши континентальных популяций *A. peninsulae* — более 30 локалитетов Палеарктики — характеризуются высокой частотой встречаемости в кариотипе В-хромосом [4, 5]. Известно лишь две популяции вида, обитающие на островах Сахалин и Стенин, особи которых не имели в кариотипе В-хромосомы [5]. В европейской части ареала лесных мышей широко представлен вид *Sylvaemus flavicollis*. Согласно данным по частоте встречаемости добавочных хромосом у желтогорлой мыши на территории Западной Европы, только некоторые популяции характеризуются наличием 1–3 мелких акроцентрических В-хромосом, при этом наиболее часто встречались мыши с одной В-хромосомой — 23%, реже с двумя — 12% и тремя — 7% [2, 7–9]. При обследовании небольшой выборки из азиатской части Турции, состоящей из восьми особей желтогорлых мышей, В-хромосомы ни у одной из них не были обнаружены [6, 7].

В восточной части Европы хромосомный полиморфизм *S. flavicollis* по числу В-хромосом изучен недостаточно, лишь по выборкам из нескольких пунктов [9–11]. По данным этих работ у *Sylvaemus flavicollis* Восточной Европы частота добавочных хромосом варьирует от 0 до 80% [11]. Согласно работе [12] у желтогорлой мыши наблюдается климатическая тенденция увеличения частот В-хромосом от юго-восточной к центральной части Европы. Возможно эта тенденция может проявляться и

Таблица 1. Локалитеты и представленность особей с добавочными хромосомами (собственные и литературные данные)

№	Локалитет	Число исследованных животных		Источник
		всего	с В-хромосомами	
1	Северная Богемия (Чехия)	138	109	[12]
2	Северная Моравия (Чехия)	36	29	То же
3	Южная Моравия (Чехия)	84	34	»
4	Словакия	42	15	»
5	Югославия	421	169	»
6	Македония, Греция, Болгария	55	22	»
7	Румыния	19	2	»
8	Северо-Восточная Польша	146	41	[6]
9	ст. Поселок, Ленинградская обл., Россия	20	1	Наши данные
10	д. Бельково, Тверская обл., Россия	20	0	Наши данные
11	д. Борзово, Тверская обл., Россия	20	0	Наши данные
12	г. Новозыбков, Брянская обл., Россия	19	6	[12]
13	г. Добруш, Гомельская обл., Беларусь	5	0	Наши данные
14	д. Вялье, Гомельская обл., Беларусь	15	0	Наши данные
15	с. Плесецкое, Киевская обл., Украина	15	0	Наши данные
16	Турция	41	9	[12]
17	Турция	8	0	[10]
18	г. Саратов, Россия	21	17	[10]
19	ст. Вешенская, Ростовская обл., Россия	9	0	[15]
20	Средний Урал, Россия	7	0	[14]

далее в восточной и северной частях Европы. Однако это предположение не подтверждается данными из северо-восточной части Польши [6]. В связи с этим важно получение дополнительных сведений о географической изменчивости частот В-хромосом в популяциях желтогорлой мыши Восточной Европы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучены кариотипы 95 особей *Sylvaemus flavicollis*, отловленных в семи пунктах территории восточной части Европы: 20 особей из окр. ст. Поселок, Ленинградская обл.; 20 особей из д. Бельково и 20 из д. Борзово, Тверская обл. (Россия); 15 особей — д. Вялье и 5 — особей окр. г. Добруш, Гомельская обл. (Беларусь), 15 особей — д. Плесецкое, Киевская обл. (Украина) (табл. 1, рис. 1).

Хромосомные препараты приготовлены по стандартной методике из клеток костного мозга и селезенки [13]. Для характеристики кариотипа от каждого животного анализировали от 20 и более метафазных пластинок. Подсчет хромосом и определение В-хромосом производилось с использованием микроскопа Leica D5000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кариотипы от всех 95 желтогорлых мышей *S. flavicollis* при рутинной окраске имели стабильный основной хромосомный набор, состоящий из убывающего по размеру ряда акроцентрических хромосом с $2n = 48$; $NF = 48$. При этом половые хромосомы акроцентрические, X-хромосома — самый крупный акроцентрик набора. Y-хромосома является самым мелким акроцентриком набора.

Среди особей анализируемой выборки выявили одну добавочную хромосому (5%) в клетках костного мозга самца из окр. ст. Поселок Ленинградской обл. При этом в мейотических клетках этого самца на стадии диакинеза хорошо была видна ее парная структура (рис. 2). Таким образом, в мейотических клетках были выявлены две В-хромосомы, в отличие от клеток костного мозга, где наблюдалась только одна В-хромосома. Что согласуется с данными 1985 г.: из трех изученных особей данной местности одна содержала в своем кариотипе одну добавочную хромосому [10]. В то же время среди особей восточноазиатской лесной мыши *A. peninsulae* из Сибири, где каждая мышь имеет определенное число В-хромосом (от 1 до 30) [2, 3], а число В-хромосом у



Рис. 1. Пункты отлова желтогорлых мышей (*S. flavicollis*) (собственные и литературные данные).

особей желтогорлой мыши *S. flavicollis* варьирует от 1 до 7 [6–10].

В настоящем исследовании не обнаружили В-хромосом у особей *Sylvemus flavicollis* на значительной территории Валдайской возвышенности – Тверская обл. (40 особей), на территории Беларуси (35 особей), на территории Украины (15 особей), что согласуется с данными более ранних исследований [10].

Анализируя литературные данные по встречаемости В-хромосом у 1006 особей из 13 районов Европейской части ареала *S. flavicollis* (табл. 1) установлено, что частоты встречаемости мелких акроцентрических В-хромосом на данной территории варьируют от 5.2 до 81%. Так в Македонии, Греции и Болгарии частота встречаемости добавочных хромосом у желтогорлой мыши составила 5.2% ($n = 55$), в Румынии – 10.2% ($n = 19$), в северной части Польши – 20.1% ($n = 146$), в Словакии – 35.7% ($n = 42$), в Югославии – 40.1% ($n = 421$), в Чехии частота В-хромосом варьировала от 40.5 до 80.6% ($n = 258$), в окр. г. Саратова добавочные хромосомы встречались у 81% особей желтогор-



Рис. 2. Метафазная пластинка мыши *S. flavicollis* из окр. ст. Поселок Ленинградской обл., Россия. Стрелкой указана В-хромосома.

лой мыши. В азиатской части Турции В-хромосомы у желтогорлой мыши выявлены не были. По краям ареала — Средний Урал и Ростовская обл. [14, 15], добавочные хромосомы в кариотипе желтогорлых мышей не выявлены. Также отмечено, что среди особей *Sylvaemus flavicollis* с В-хромосомами чаще всего встречались мыши с одной (23%) и реже с двумя (12%) и тремя (7%) добавочными хромосомами. Мыши, имеющие четыре и более В-хромосомы, встречались крайне редко [6–10].

Таким образом, в целом по ареалу, географическая изменчивость частоты добавочных хромосом у лесных мышей *Sylvaemus flavicollis* восточной Европы случайна. Это заключение получено на основании изучения 1006 особей как по литературным данным, так и в настоящей работе (табл. 1). Впервые при анализе значительных выборок территории центральной части ареала *S. flavicollis* В-хромосомы не обнаружены. Эти предварительные данные указывают на особенность формирования популяций этого вида в данном месте ее ареала.

Мы предполагаем, что одним из факторов, определяющим распределение добавочных хромосом у лесных мышей является техногенный фактор. В связи с этим выборки мышей были разделены следующим образом. Выборку, подверженную техногенным факторам, составили: 20 особей из районов Гомельской обл. Республики Беларусь (Брагинского, Хойникского и Добрушского р-ов) и 15 особей из окрестностей г. Киева (Украина) — районы, подверженные воздействию техногенных факторов Чернобыльской аварии. К выборкам из достаточно чистых регионов можно отнести 60 особей желтогорлой мыши из Ленинградской и Тверской областей (Россия) (табл. 1). Таким образом, у *Sylvaemus flavicollis* в обследованных пунктах из центральной части ареала частота встречаемости особей с В-хромосомами очень низка и не зависит от экологических условий мест обитания, в данном случае от факторов техногенной природы.

Авторы благодарны за помощь в отлове мышей Ф.Н. Голинищеву, Е.С. Гайдученко и Д.В. Лукашову.

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vujanović M., Blagojević J. B chromosomes in populations of mammals // Cytogenet. Genome Res. 2004. V. 106. P. 247–256.
2. Vujanović M., Rajčić M., Blagojević J. B chromosomes in populations of mammals revisited // Genes. 2018. V. 9(10). <https://doi.org/10.3390/genes9100487>
3. Борисов Ю.М., Афанасьев А.Г., Лебедев Т.Т., Бочкарев М.Н. Множественно-В-хромосом в сибирской популяции мышей *Apodemus peninsulae* // Генетика. 2010. Т. 46. № 6. С. 798–804.
4. Borisov Yu.M., Zhigarev I.A. B-chromosome system in the Korean field mouse *Apodemus peninsulae* Thomas 1907 (Rodentia, Muridae) // Genes. 2018. V. 9. P. 147–158. <https://doi.org/10.3390/genes9100472>
5. Zima J., Ieradi L.A., Allegra F., Sartoretti A. et al. Frequencies of B chromosomes in *Apodemus flavicollis* are not directly related to mutagenetic environmental effects // Folia Zool. 1999. V. 48. Suppl. 1. P. 115–119.
6. Wojcik J.M., Wojcik A.M., Macholan M. The mammalian model for population studies of B chromosomes: The wood mouse (*Apodemus*) // Cytogenet. Genome Res. 2004. V. 106. № 2–4. P. 264–270. <https://doi.org/10.1159/000079297>
7. Kartavtseva I.V., Roslik G.V. A complex B chromosome system in the Korean field mouse *Apodemus peninsulae* // Cytogenet. Genome Res. 2004. V. 106. № 2–4. P. 271–278. <https://doi.org/10.1159/000079298>
8. Саблина О.В., Раджабли С.И., Голенищев Ф.И. Добавочные хромосомы в кариотипе желтогорлой мыши (*Apodemus flavicollis*) из Ленинградской области // Зоол. журнал. 1985. Т. 64. № 12. С. 1901–1903.
9. Наджафова Р.С. Уникальные перестройки хромосом в кариотипах желтогорлых мышей (*Apodemus flavicollis*) разных популяций // Генетика. 1997. Т. 33. № 1. С. 126–129.
10. Картавецова И.В. Кариосистематика лесных и полевых мышей (Rodentia, Muridae). Владивосток: Дальнаука, 2002. 142 с.
11. Боесков Г.Г., Картавецова И.В., Загороднюк И.В. и др. Ядрышкообразующие районы и В-хромосомы лесных мышей (Mammalia, Rodentia, Apodemus) // Генетика. 1995. Т. 31. № 2. С. 185–192.
12. Zima J., Macholan M. B chromosomes in the wood mice (genus *Apodemus*) // Acta Theriol. 1995. Suppl. 3. P. 75–86.
13. Орлов В.Н. Кариосистематика млекопитающих. (Цитогенетические методы в систематике млекопитающих). М.: Наука, 1974. 208 с.
14. Ялковская Л.Э., Сибиряков П.А., Зыков С.В. Генетическая изменчивость желтогорлой мыши (*Sylvaemus flavicollis* Melch., 1834, Muridae, Rodentia) на восточной границе ареала // Генетика. 2018. Т. 54. № 6. С. 643–651. <https://doi.org/10.7868/S001667581806005X>
15. Стахеев В.В., Богданов А.С., Водолажский Д.И. Уточнение видового состава лесных мышей рода *Sylvaemus* на территории Ростовской области посредством кариологического, аллозимного и молекулярно-генетического анализов // Генетика. 2011. Т. 47. № 5. С. 660–670.

Geographic Variability in the Frequency of B Chromosome Occurrence in the Wood Mice *Sylvaemus flavicollis* of Eastern Europe

Yu. M. Borisov^{a, *}, I. A. Kryshchuk^{b, **}, and Z. Z. Borisova^a

^a*Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Science, Moscow, 119071 Russia*

^b*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Bioresource, Minsk, 220072 Belarus*

^{*}*e-mail: boriss-spb@yandex.ru*

^{**}*e-mail: ikryshchuk@yandex.by*

The karyotypes of 95 individuals (57 males and 38 females) of the yellow-throated mouse (*Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834), caught at seven points in Eastern Europe, were studied. Only one individual had one extra chromosome. It was shown that in *Sylvaemus flavicollis* in the surveyed sites from the central part of the range (Eastern Europe), the frequency of occurrence of individuals with B chromosomes is very low and probably does not depend on the ecological conditions of habitats.

Keywords: wild mice, *Apodemus peninsulae*, *Sylvaemus flavicollis*, B chromosomes.