

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ХРОМОСОМ ПОЛЕВКИ МАКСИМОВИЧА *MICROTUS MAXIMOWICZII* (RODENTIA, CRICETIDAE, *MICROTUS*)

© И. В. Картавцева,¹ И. Н. Шереметьева,² С. А. Романенко,²
О. Л. Гладких,² А. В. Рябкова³

¹Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Владивосток, ²Институт молекулярной
и клеточной биологии СО РАН, Новосибирск,
и ³Хабаровская противочумная станция Роспотребнадзора;
электронный адрес: irina-kar52@rambler.ru, sheremet76@yandex.ru

Предложена нумерация хромосом полевки Максимовича *Microtus maximowiczii*, которая может быть использована для описания кариотипов разнообразных хромосомных форм из различных географических регионов. Использование FISH-анализа показало идентичность робертсоновской перестройки (11/20) в кариотипах полевки из Забайкалья (2n = 41) и полевки из Норского заповедника в Амурской обл. (2n = 40).

Ключевые слова: *Microtus maximowiczii*, полевка Максимовича, хромосомы, изменчивость.

Принятые сокращения: АЦХ — акроцентрические хромосомы, ДПХ — двуплечие хромосомы.

Проблема изменчивости микро- и макроструктуры хромосом в процессе микро- и макроэволюционных преобразований у млекопитающих до сих пор еще не решена (Volobouev, 2011). Виды-двойники (молодые виды на стадии видообразования), имеющие огромное морфологическое сходство и различающиеся числом хромосом (иногда и морфологией хромосом), являются удобной моделью для исследования изменения хромосомных и морфологических преобразований в процессе видообразования. Таковыми являются виды рода *Microtus*, подрода *Alexandromys*: полевка Максимовича *M. maximowiczii* (2n = 36—44; NF = 52—62), муйская полевка *M. muijanensis* (2n = 38, NF = 49—51) и эворонская полевка *M. evoronensis* (2n = 38—40, NF = 53—56). Хромосомный полиморфизм этих видов все еще слабо изучен, а молекулярные данные, полученные при исследовании отловленных и кариотипированных нами животных, все еще ставят под сомнение их видовой статус (Haring et al., 2011). Для полевки Максимовича описаны географическая изменчивость и различная стабилизация хромосомных перестроек (Kartavtseva et al., 2008), в то время как другие два вида имеют небольшие ареалы и незначительный спектр хромосомных перестроек (Мейер и др., 1996).

Настоящая работа посвящена начальному этапу исследования хромосомных перестроек у широкоареального вида — полевки Максимовича — с использованием Zoo FISH.

Для полевки Максимовича *Microtus (Alexandromys) maximowiczii* (Schrenk, 1858), распространенной во влажных биотопах северо-востока Азии (Громов, Ербаева, 1995), описан хромосомный полиморфизм, обусловленный как робертсоновскими перестройками, так и перичентрическими инверсиями (Ковальская, 1977; Коваль-

ская и др., 1980; Мейер и др., 1996; Kartavtseva et al., 2008). Для исследованных полевок была отмечена стабильность морфологии 1 пары субтелоцентрических, 3 пар мелких метацентрических и 7 пар акроцентрических хромосом (АЦХ), в то время как остальные пары хромосом принимали участие в хромосомных перестройках (Ковальская, 1977). В различных географических популяциях были выделены сначала 3 (Ковальская и др., 1980), затем еще 2 (Kartavtseva et al., 2008) хромосомные формы, каждая из которых имела собственные характеристики (2n и NF).

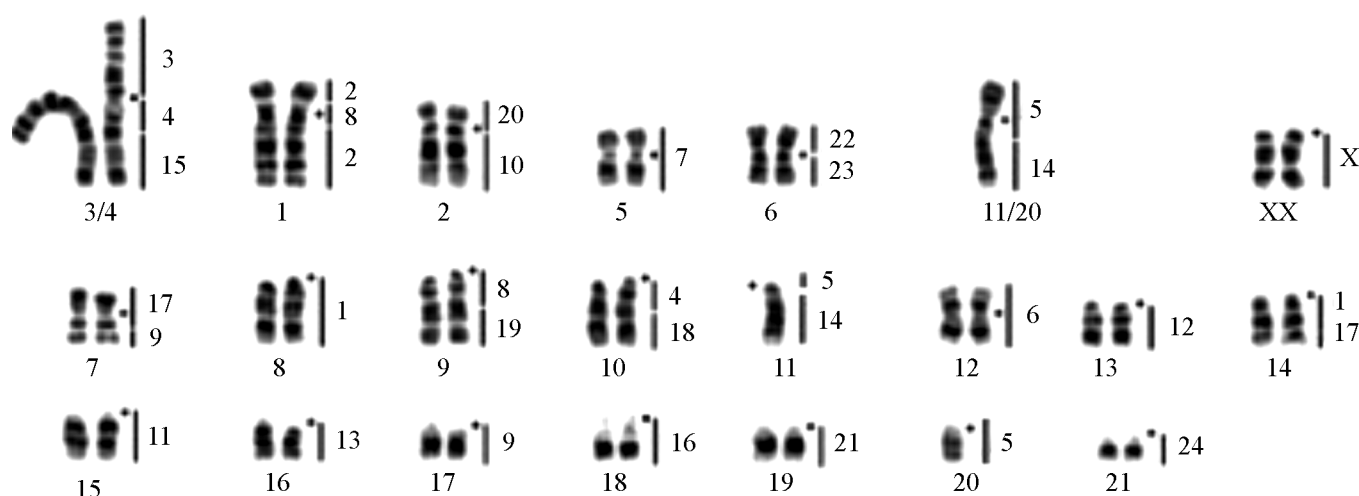
Форма А: 2n = 39—44, NF = 53—60; описана для полевок в Бурятии и Забайкальском крае, характеризуется наличием в популяциях максимального для вида числа хромосом (44), минимальным числом двуплечий хромосом (ДПХ), вовлеченных в робертсоновские процессы, и наибольшим числом АЦХ (30). Число ДПХ может варьировать от 13 до 18, а число одноплечий — от 21 до 30.

Форма В: 2n = 38—42, NF = 54—57 (ДПХ = 14—19, АЦХ = 19—28); описана для полевок дельты р. Селенга и берега оз. Байкал в Бурятии.

Форма С: 2n = 39—41, NF = 55—60 (ДПХ = 16—19, АЦХ = 22—26); описана для полевок, распространенных в среднем течении р. Амур (участок от впадения в Амур р. Зея до впадения р. Уссури).

Форма V: 2n = 36—40, NF = 52—56 (ДПХ = 15—18, АЦХ = 18—24); описана для полевок Сохондинского заповедника, расположенного на границе с Монголией, и популяций Забайкальского края.

Форма D: 2n = 40—43, NF = 54—58 (ДПХ = 14—15, АЦХ = 26—28); описана для полевок южной части Забайкальского края (верхнее течение р. Амур) и восточной части Монголии.



Нумерация хромосом *Microtus maximowiczii* (Lemskaya et al., 2010).

Справа даны номера хромосом *M. agrestis*, определенные при помощи метода Zoo FISH. Рисунок печатается с любезного разрешения авторов.

Методом дифференциального G-окрашивания хромосом (Мейер и др., 1996) были подтверждены многие хромосомные перестройки, которые были предположены ранее (Ковальская, 1977), и убедительно показано наличие полиморфизма по слиянию 2 метацентрических хромосом, а не АЦХ. Для полевки Максимовича характерно наличие крупного метацентрика в гомозиготном или гетерозиготном состоянии, обусловленного слиянием 2 пар метацентрических хромосом средних размеров. Однако небольшое число исследованных животных не позволило дать описание хромосомных перестроек для каждой хромосомной формы. К тому же почти во всех работах по исследованию хромосомной изменчивости отсутствовала схема нумерации G-окрашенных хромосом. Лишь в одном исследовании была использована нумерация хромосом полевки Максимовича (Мейер и др., 1996), однако отсутствие в публикации схемы нумерации пар хромосом не позволяет применить ее в дальнейших работах. Позже аналогичная номенклатура хромосом полевки Максимовича была приведена в работе, посвященной анализу хромосомных перестроек видов рода *Microtus* с использованием Zoo FISH (Lemskaya et al., 2010). В этой работе проведено сравнение кариотипа полевки Максимовича с другими видами полевки рода *Microtus* при помощи хромосомоспецифичных пэйнтинг-проб *M. agrestis* ($2n = 50$), дана нумерация хромосом для кариотипа с максимальным для вида числом хромосом ($2n = 44$) (Lemskaya et al., 2010).

Здесь мы считаем уместным показать характер G-окрашивания и принятую нумерацию хромосом относительно 44-хромосомной формы с целью ее дальнейшего использования при анализе различных хромосомных форм *M. maximowiczii* (см. рисунок). На рисунке первая пара хромосом представлена крупным метацентриком, образовавшимся в результате слияния двух пар метацентрических хромосом средних размеров — № 3 и 4. Такая пара хромосом имеет двойной номер: 3/4, 3/4. В гетерозиготном состоянии крупный метацентрик будет иметь номер 3/4, а непарные метацентрики — номера 3 и 4. Такой же принцип нумерации приведен и для другой хромосомной перестройки, в результате которой в кариотипе появляются 3 непарные хромосомы: № 11/20 — метацентрик, № 11 — акроцентрик и № 20 — акроцентрик (см. рисунок).

Примечательно, что кариотип с максимальным числом хромосом (44), взятый за основу нумерации хромосом для этого вида, обнаружен только у 2 особей из одной популяции в Бурятии (Ковальская, 1977; Мейер и др., 1996). Нумерация хромосом приведена для 41 хромосомной особи полевки Максимовича из Забайкальского края (форма А: $2n = 39-44$, $NF = 53-60$), где показана хромосомная перестройка Робертсоновского типа (№ 11 + № 20), находящаяся в гетерозиготном состоянии. Аналогичная хромосомная перестройка была ранее отмечена для полевки Максимовича хромосомной формы С ($2n = 39-41$, $NF = 55-60$: ДПХ = 16—19, АЦХ = 22—26), найденной близ г. Хабаровск, а, в окрестностях ст. Утинная (Мейер и др., 1996), и в среднем течении р. Амур в Норском заповеднике (Kartavtseva et al., 2008). Чтобы подтвердить образование метацентрика средних размеров парами № 11 и 20, необходимо было провести FISH с пэйнтинг-пробами пар № 5 и 14 *M. agrestis* на хромосомы полевки Максимовича из популяций, относимых к хромосомной форме С.

Нами был проведен такой анализ для полевки Максимовича из Норского заповедника Амурской обл. Используя Zoo FISH (по: Lemskaya et al., 2010), мы подтвердили образование метацентрика средних размеров путем Робертсоновского слияния акроцентрических пар № 11 и 20. Однако чтобы интерпретировать полученные данные на характер хромосомных перестроек в различных популяциях исследуемых хромосомных форм, необходимы дополнительные исследования с привлечением Zoo FISH. Очевидно, что привлечение этого метода в исследование хромосомной изменчивости полевки Максимовича позволит с большой долей достоверности показать характер всех хромосомных перестроек в различных географических популяциях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 12-04-00662а, 11-04-00673 и 12-04-00100), а также СО и ДВО РАН (ДВО-12-II-CO-06-018 и СО-98).

Список литературы

- Громов И. М., Ербаева М. А. 1995. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: ЗИН РАН. 520 с.
- Ковальская Ю. М. 1977. Хромосомный полиморфизм *Microtus maximowiczii* Schrenk, 1858 (Rodentia, Cricetidae). Бюл. Москов. об-ва испытателей природы. 82 (2) : 38—48.
- Ковальская Ю. М., Хотолуха Н., Орлов В. Н. 1980. Географическое распространение хромосомных мутаций и структура вида *Microtus maximowiczii* (Rodentia, Cricetidae). Зоол. журн. 59 (12) : 1862—1867.
- Мейер М. Н., Голенищев Ф. Н., Раджабли С. И., Саблина О. Л. 1996. Серые полевки фауны России и сопредельных территорий. СПб.: ЗИН РАН. 320 с.
- Haring E., Sheremetyeva I., Kryukov A. 2011. Phylogeny of Palearctic vole species (genus *Microtus*, Rodentia) based on mitochondrial sequences. Mamm. Biol. 76 : 258—267.
- Kartavtseva I. V., Sheremetyeva I. N., Korobitsina K. V., Nemkova G. A., Kononova E. V., Korablev V. P., Voyta L. L. 2008. Chromosomal forms of *Microtus maximowiczii* (Schrenck, 1859) (Rodentia, Cricetidae): variability in 2n and NF in different geographic regions. Russ. J. Zool. 7 : 89—97.
- Lemskaya N. A., Romanenko S. A., Golenishchev F. N., Rubtsova N. V., Sablina O. V., Serdukova N. A., O'Brien P. C. M., Fu B., Yiğit N., Ferguson-Smith M. A., Yang F., Graphodatsky A. S. 2010. Chromosomal evolution of Arvicolinae (Cricetidae, Rodentia). III. Karyotype relationships of ten *Microtus* species. Chromosome Res. 18 : 459—471.
- Volobouev V. 2011. Chromosomal changes and speciation in mammals. In: VIth European Congress of Mammalogy. Paris, France. 19—23 July, 2011, Museum National d'Histoire Naturelle. 40.

Поступила 26 XI 2012

CHROMOSOMES VARIABILITY OF THE MAXIMOWICZ'S VOLE *MICROTUS MAXIMOWICZII* (RODENTIA, CRICETIDAE, *MICROTUS*)I. V. Kartavtseva,¹ I. N. Sheremetyeva,² S. A. Romanenko,² O. L. Gladkikh,² A. B. Ryabkova³¹ Institute of Biology and Soil Science FEB RAS, Vladivostok, ² Institute of Molecular and Cellular Biology SB RAS, Novosibirsk, and ³ Khabarovsk Antiplague Station; e-mail: irina-kar52@rambler.ru, sheremet76@yandex.ru

The numeration of the chromosomes, which can be used to describe the karyotypes of various chromosomal forms from different geographical regions, has been proposed for the Maximowicz's vole *Microtus maximowiczii*. Application of FISH analysis has allowed us to show homology of Robertsonian rearrangement (11/20) inkaryotypes of voles from Transbaikalia (2n = 41 and voles from Norsky reservation in Amur Region (2n = 40).

Key words: *Microtus maximowiczii*, Maximowicz's vole, chromosomes.