

## ЦИТОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *Fritillaria* ФЛОРЫ УЗБЕКИСТАНА

J.G. TOSHTEMIROV<sup>1, 2</sup>, G.X. BUXOROV<sup>3</sup>, B.A. KARIMOV<sup>1</sup>, B.X. BAYSUNOV<sup>3</sup>,  
E.V. ДУМАЧЕВА<sup>2</sup>, Z.O. YUSUPOV<sup>1</sup> ✉

*Fritillaria* L. — род геофитных многолетних растений, распространенных в умеренных регионах Северного полушария. Некоторые виды *Fritillaria* используются в традиционной китайской медицине и садоводстве. Цитогенетические исследования дают представление об эволюционных связях и путях одомашнивания. Настоящее сообщение представляет собой первый отчет о морфологии хромосом у видов *Fritillaria* из Узбекистана. В представленной работе выполнено изучение морфологии хромосом у четырех видов *Fritillaria* — *F. bucharica*, *F. baisyunensis*, *F. eduardii* и *F. sewerzowii*. Все виды имели постоянное диплоидное число хромосом  $2n = 24$ . На основе положения центромеры были идентифицированы четыре различных типа хромосом (m, sm, st, t). У *F. bucharica* и *F. baisyunensis* обнаружены три типа (m, st, t), тогда как у *F. eduardii* и *F. sewerzowii* — все четыре (m, sm, st, t). Общая гаплоидная длина хромосом и другие карiotипические параметры были измерены и сравнены между видами. Сравнительный анализ показал, что наиболее симметричный карiotип наблюдался у *F. eduardii*, что подтверждается его минимальными значениями коэффициента вариации длины хромосом (CVCL = 19,56±0,79), индекса асимметрии (AI = 29,88±1,54), а также классификацией по Stebbins — 1A. Остальные виды — *F. bucharica*, *F. baisyunensis* и *F. sewerzowii* — отнесены к категории 1B, что указывает на более выраженную степень асимметрии. Наибольшее значение AI (42,45±1,44) и коэффициента межхромосомной вариации ( $A_2 = 0,27±0,02$ ) было зафиксировано у *F. baisyunensis*. Показатель общей гаплоидной длины (HCL) варьировал от 163,27±7,37 у *F. sewerzowii* до 177,48±5,78 у *F. bucharica*. Результаты предоставляют новые цитогенетические данные, которые улучшают понимание карiotипического разнообразия и эволюции в пределах рода *Fritillaria*. Впервые для видов *F. bucharica*, *F. baisyunensis*, *F. eduardii* и *F. sewerzowii*, произрастающих в Узбекистане, получены хромосомные изображения высокого разрешения с использованием современного микроскопического оборудования, что позволило точно измерить морфологические параметры хромосом. Представленные данные включают полные показатели диплоидного числа ( $2n = 24$ ), типы хромосом по положению центромеры (m, sm, st, t), а также детальные карiotипические индексы — AI, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, CVCL, CVCI и другие. Выявленные различия в степени симметрии карiotипа между видами отражают различную степень хромосомной дифференциации и могут быть интерпретированы как проявления направленной эволюции внутри рода *Fritillaria*. Например, более симметричный карiotип у *F. eduardii* (Stebbins 1A) может указывать на базальное положение этого вида, тогда как повышенная асимметрия у *F. baisyunensis* и *F. sewerzowii* (Stebbins 1B) свидетельствует о более продвинутом эволюционном статусе. Таким образом, результаты нашего исследования расширяют представления о карiotипической эволюции и внутривидовом разнообразии *Fritillaria*.

Ключевые слова: *Fritillaria* L., хромосома, анализ карiotипа.

*Fritillaria* L. (*Liliaceae*) — род, насчитывающий около 160 видов геофитных многолетних растений (1), распространенных в умеренных регионах Северного полушария (2). Виды *Fritillaria* встречаются в Северной Америке, Европе, Средиземноморье, Центральной Азии, Китае и Японии (2). Представители этого рода становятся все более популярными в садоводстве (1), у некоторых видов, таких как *Fritillaria taipaiensis* var. *ningxiaensis*, *F. unibracteata* var. *wabuensis* и *F. ebeiensis* var. *purpurea*, в луковицах содержатся фармакологически активные стероидные алкалоиды, применяемые в традиционной китайской медицине (2-4).

Ведутся исследования по фармакофилогенезу *Fritillaria*, в которых данные по филогении рода рассматриваются в связи с оценкой эффективности получаемых препаратов (5, 6).

В настоящее время род *Fritillaria* таксономически подразделяют на восемь подродов: *Davidii*, *Liliorhiza*, *Japonica*, *Fritillaria*, *Rhinopetalum*, *Petilium*, *Theresia* (монотипный подрод) и *Korolkowia* (7, 8).

В основе идентификации видов и подродов лежит цитологический анализ и изучение хромосом. Хромосомы представляют собой ключевые структуры, содержащие генетическую информацию в ядрах всех эукариотических клеток. Они состоят из линейных молекул ДНК, связанных с различными белками, что и формирует их физическую основу (9). С точки зрения морфологии, каждая хромосома включает в себя плечи, центромеру, теломерные участки, а также области эухроматина и гетерохроматина (10). В процессе эволюции организмов хромосомы развивались как единицы наследственности, отражая непрерывные изменения, связанные с адаптацией и усложнением живых систем. Из-за большого размера хромосом и значительной длины генома, представители рода *Fritillaria* являются удобным объектом для цитологических исследований (8).

Эти растения изучаются уже более полувека, особенно в контексте кариотипических особенностей, уровня пloidии и структуры хромосом. Ранее проведенные исследования выявили значительную изменчивость числа хромосом, а также наличие как диплоидных, так и полиплоидных форм (например, *F. meleagris*, *F. montana* и др.), что делает этот род ценным для изучения эволюционных процессов и таксономии (11-13). У видов *Fritillaria* значения 1С ДНК одни из самых больших среди известных у покрытосеменных растений (14, 15). Большинство видов имеют базовое число хромосом  $x = 12$ , хотя у некоторых видов также зарегистрированы значения  $x$ , равные 9 (*F. montana*), 11 (*F. japonica*) и 13 (*F. pinetorum*) (16-18). В ряде исследований, проведенных с видами рода *Fritillaria* (19-23), установлено, что наличие и строение спутниковых хромосом варьирует как между различными таксонами, так и внутри них. Кроме того, часто отмечается присутствие вторичных перетяжек и дополнительных В-хромосом (20-23).

В Узбекистане обнаружено 10 видов рода *Fritillaria* (*F. bucharica*, *F. baisunensis*, *F. stenantha*, *F. rugilosa*, *F. karelinii*, *F. gibbosa*, *F. olgae*, *F. ferganensis*, *F. sewerzowii*, *F. eduardii*) (24), которые относятся к четырем под родам: *Fritillaria*, *Rhinopetalum*, *Petilium* и *Korolkowia*.

Многочисленные исследования посвящены морфологическим (25-27) и молекулярным характеристикам представителей рода *Fritillaria* (2, 24). В частности, уже в 1874 году J.G. Baker разделил род *Fritillaria* на 10 подродов на основе признаков, таких как тип луковицы, форма столбика, строение нектарников и створки коробочки (27). В фундаментальной монографии «Флора СССР» была представлена классификация рода, основанная на морфологических признаках (26). Морфологическая классификация, предложенная L.A. Rix (25), выделяет восемь подродов (*Davidii*, *Liliorhiza*, *Japonica*, *Fritillaria*, *Rhinopetalum*, *Petilium*, *Theresia* и *Korolkowia*), основанных на таких признаках, как морфология луковицы и рисунок цветка. N. Rønsted с соавт. (2) предложили объединить виды *F. subg. petilium* с *F. sewerzowii*, *F. pallidiflora* и *F. persica* в одну группу на основании сходства — крупных луковиц, образованных несколькими мясистыми чешуями, и крепкого, толстого стебля.

С использованием данных геномного секвенирования изучаются пути миграции и современное распространение видов рода в Сибири (28). В. Karimov с соавт. (24) секвенировали хлоропластный геном 10 видов *Fritillaria* из Узбекистана и сопоставили молекулярную классификацию с морфологической.

Число хромосом у представителей трех подродов *Rhinopetalum*, *Korolkowia* и *Petilium* из трех известных задокументировано в нескольких исследованиях

на примере *F. bucharica*, *F. eduardii* и *F. sewerzowii*, которые также встречаются на территории Таджикистана. Для этих видов ранее было зафиксировано число хромосом  $2n = 24$  (23, 29). Однако в указанных работах приводятся лишь данные о числе хромосом, но не представлено их морфологическое описание (длина, соотношение плеч и др.).

В настоящем исследовании впервые представлены морфологические параметры хромосом у видов *F. bucharica*, *F. eduardii*, *F. sewerzowii*, а также впервые в мировой практике — у эндемичного вида *F. baisunensis*. В предыдущих источниках указывалось лишь число хромосом ( $2n = 24$ ), однако морфологическая характеристика отсутствовала. Полученные результаты являются важной основой для более глубокого изучения кариологии рода *Fritillaria*. В представленной работе на основе образцов, собранных именно на территории Узбекистана, с использованием световой микроскопии получены четкие изображения хромосом. Для каждой пары хромосом определены морфометрические показатели (общая длина, длина короткого и длинного плеча, коэффициент AR), результаты представлены в виде таблиц. Кроме того, в рамках исследования впервые проведен хромосомный анализ эндемичного для флоры Узбекистана вида — *F. baisunensis*. Это придает работе особую значимость не только для углубленного изучения кариологических особенностей представителей местной флоры, но и для формирования новой цитогенетической базы данных по флоре Центральной Азии.

Нашей целью было изучение особенностей морфологии хромосом у четырех видов, представляющих три подрода *Fritillaria*: *F. baisunensis* Rukšāns, *F. bucharica* Regel (*Rhinopetalum*), *F. eduardii* A. Regel ex Regel (*Petilium*) и *F. sewerzowii* Regel (*Korolkowia*).

**Методика.** Для исследований использовали луковицы четырех видов *Fritillaria*, отобранные в естественных местообитаниях Сурхандарьинской и Ташкентской областей (Узбекистан). В апреле луковицы цветущих растений были выкопаны вместе с окружающим их субстратом и высажены по одной в небольшие контейнеры, наполненные почвой из тех же местообитаний. От каждого вида было отобрано по 5 экземпляров, всего было высажено 20 луковиц. В дальнейшем растения выращивали при естественном освещении до ноября. Такой подход был выбран с целью максимального сохранения естественных условий для роста растений в контролируемой среде.

Кончики образовавшихся корешков длиной 2 см обрезали и использовали для соматического хромосомного анализа. Для этого их предварительно обрабатывали 0,002 % раствором колхицина при комнатной температуре (около 25 °C) в течение 6-7 ч, трижды (каждый раз по 5 мин) промывали дистиллированной водой при комнатной температуре.

В качестве гигроскопичного и гидролизующего клеточную мембрану агента при фиксации и мацерации использовали кислоту  $H_3PO_4$ . Образцы выдерживали при комнатной температуре в растворе  $H_3PO_4$  (38 %,  $H_3PO_4 : H_2O$  1:2 v/v) в течение 10 мин или 60 мин для фиксации и мацерации (30).

Полученные образцы выдерживали в 2 % (w/v) растворе орсеина в течение 5 мин и переносили в 1 % (w/v) раствор ацетоорсеина (30) на 5 мин. После окрашивания использовали обработку образцов 45 % (v/v) раствором уксусной кислоты для более равномерного распределения красителя.

Окрашенный корень помещали на предметное стекло. Зону, окрашенную в красный цвет, вырезали лезвием, остальное с предметного стекла удаляли. Зону деления разрезали на несколько частей размером 1-2 мм. Каждый фрагмент накрывали покровным стеклом (31). Выступивший избыток уксусной кислоты удалялся фильтровальной бумагой.

Изображения метафаз получали методом световой микроскопии (микроскоп KERN OBN 132 (фирма «KERN & SOHN GmbH», Германия) при увеличении  $\times 1000$ ).

Число хромосом подсчитывали не менее чем для 25 метафаз каждого образца не менее чем для 5 метафазных пластинок.

Для морфологических измерений хромосом и создания идеограмм использовали программу IdeoKar 1.3 (<https://agri.uok.ac.ir/ideokar/download.html>) (32), для сбора хромосомных метафаз — встроенную в микроскоп программу KERN OPTICS S-EYE 1.10.7, для анализа пар хромосом — программу Adobe Photoshop CS6 («Adobe Systems», США).

Измерения и расчеты по формулам параметров хромосом и индексов асимметрии кариотипа проводили в программе IdeoKar1.3 (32).

Анализируемые параметры: плечо хромосомы — отношение  $AR = L/S$ ; длина хромосомы  $CL = L + S$ ,  $r$ -value  $S/L$ ; относительная длина хромосомы  $RL \% = (CL/\sum CL) \times 100$ ; центромерный индекс  $CI = S/CL$ ; тип хромосомы (33). Кариотипические параметры или индексы асимметрии:  $F \% = (S/\sum CL) \times 100$ ; общая длина хромосом гаплоидного набора  $HCL = \sum CL$ ; общий процент форм  $TF \% = (\sum S/\sum CL) \times 100$  (34); индекс асимметрии кариотипа Арано  $AsK \% = (\sum L/\sum CL) \times 100$  (21); индекс внутривидовой асимметрии  $A_1 = [\sum (S_i/L_i)]/n$  (35); индекс межхромосомной асимметрии  $A_2 = sCL/xCL$  (35); индекс симметрии  $S \% = (CL_{min}/CL_{max}) \times 100$ ; средний центромерный индекс  $xCI = \sum CL/n$ ; степень асимметрии кариотипа  $A = (1/n) \times \sum [(L_i - S_i)/(L_i + S_i)]$  (36); средняя центромерная асимметрия  $xCA = A \times 100$ . Коэффициент вариации длины хромосомы рассчитывали как  $CVCL = (sCL/xCL) \times 100 = A_2 \times 100$ , коэффициент вариации центромерного индекса как  $CVCI = (sCL/xCL) \times 100$ . Индекс асимметрии вычисляли как  $AI = (CVCL - CVCI)/100$  (37). Использованы обозначения:  $L$  — длина длинного плеча,  $S$  — длина короткого плеча,  $i$  — номер гомологичной группы,  $s$  — SD,  $x$  — среднее,  $n$  — гаплоидное число хромосом особи или таксона,  $S$  — класс (категория асимметрии по Стеббинсу) (32).

Хромосомы классифицировали по соотношению плеч (AR) следующим образом (33): медиана в строгом смысле слова (M, AR = 1,00), медианная (m, AR = 1,01-1,70), субмедианная (sm, AR = 1,71-3,00), субтерминальная (st, AR = 3,01-7,00), терминальная области (t, AR > 7,00) или терминальная в строгом смысле слова (T, AR =  $\infty$ ).

Изучали четыре вида рода *Fritillaria* — *F. bairdiana*, *F. bucharica*, *F. eduardii* и *F. sewerzowii*. От каждого вида было отобрано по 5 образцов растений. Для каждого образца была приготовлена одна метафазная пластинка (всего пять), на основе которых проводились морфометрические измерения хромосом.

Измерения осуществлялись с помощью программы IdeoKar 1.3, а расчеты средних значений и стандартных отклонений выполнялись в Microsoft Excel 2016. Для каждого параметра (длина плеч, полная длина хромосомы, центромерный индекс, отношение плеч и др.) рассчитывались средние значения ( $M$ ) и стандартные отклонения ( $\pm SEM$ ). В тексте данные представлены в формате  $M \pm SEM$ , если не указано иное.

**Результаты.** Происхождение изученных образцов представителей рода *Fritillaria* (рис. 1) описано в таблице 1.



Рис. 1. Представители изученных видов рода *Fritillaria*: *F. bucharica* (А, фото О. Turginov и G. Bukharov); *F. baisunensis* (Б, фото G. Bukharov); *F. eduardii* (В, фото G. Bukharov); *F. sewerzowii* (Г, фото G. Bukharov и S. Polatov).

### 1. Места и координаты сбора образцов представителей рода *Fritillaria*, использованных для хромосомного анализа

Вид	Происхождение	Номер
<i>F. bucharica</i> Regel	Uzbekistan, Surkhandarya region, Babatag mountain, 68.104164 E, 38.161388 N, 03.03.2022, собрано Turginov O., Bukharov G.	TASH122480 TASH122481
<i>F. baisunensis</i> Rukšāns	Uzbekistan, Surkhandarya region, Baysun district, Pasurkhi village 67.177669 E, 38.217424 N, 03.03.2022, собрано Bukharov G.	TASH122524 TASH122530
<i>F. sewerzowii</i> Regel	Uzbekistan, Tashkent region, Bostonliq district, Nanay village. Aksarsai, 70.130880 E, 41.704339 N, 10.04.2022, собрано Bukharov G., Polatov S.	TASH122562 TASH122571
<i>F. eduardii</i> Regel	Uzbekistan. Surkhandarya region, Denau district, around the Sangardak water-fall, 67.563331 E, 38.536109 N, собрано Bukharov G.	TASH122593

При подготовке цитологических препаратов мы протестировали разные протоколы фиксации и мацерации, и наилучший результат был получен при использовании 38 % раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (обработка при комнатной температуре в течение 10 мин) (30).

У всех изученных нами представителей рода *Fritillaria* число хромосом составило  $2n = 24$ . У указанных видов рода *Fritillaria* мы выявили четыре типа хромосом в соответствии с классификацией A. Levan с соавт. (33): тип m — с расположением центромеры в срединной области, тип sm — с центромерой в субсрединной области, st — с центромерой в субтерминальной области и t — с центромерой в терминальной области. Однако мы не смогли подтвердить наличие типа T, когда центромера находится в терминальной точке, о чем ранее сообщали H. Jafari с соавт. (38).

У *F. bucharica* общая длина гаплоидных хромосом наибольшая (HCL составляет  $177,48 \pm 5,78$  мкм,  $n = 5$ ), что предполагает больший размер генома по сравнению с другими видами. Далее с меньшим значением HCL следует *F. baisunensis*, после него *F. eduardii* и *F. sewerzowii*, у которых показатель HCL имеет сходную величину. Значения TF относительно близки у всех видов. Следовательно, доля длины хромосомы, вносимая короткими плечами, довольно постоянна. Значения AsK % также относительно схожи, то есть кариотипы этих видов существенно не различаются по асимметрии размера длинных плеч. *F. eduardii* имеет самое высокое значение S % —  $52,35\% \pm 2,59$ , что предполагает более симметричный кариотип по сравнению с другими видами. Значения xCI очень схожи у всех видов, что указывает на сопоставимость положений центромер.

Параметры A, xCA, CVCL, CVCI, AI связаны с общей асимметрией кариотипа. Хотя между представителями изученных видов есть некоторые различия по этим показателям, в общем полученные значения предполагают умеренную степень асимметрии у всех четырех видов. Значения индекса Стеббинса C указывают на то, что *F. eduardii* имеет наиболее симметричный кариотип (1A), в то время как у остальных трех видов кариотипы менее симметричны (1B).

Полученные значения параметров  $A_1$  и  $A_2$  указывают на то, что внут-

рихромосомная асимметрия (A1) относительно схожа у всех видов, в то время как межхромосомная асимметрия (A2) варьирует, особенно у *F. sewerzowii* (табл. 2).



**Рис. 2.** Соматические хромосомы *F. bucharica* (F1 A1-A4), *F. bairunensis* (F2 A1-A3), *F. eduardii* (F3 A1-A2) и *F. sewerzowii* (F4 A1-A2) из Узбекистана. Все материалы собраны из природной среды (координаты мест сбора см. в табл. 1). Фотографии метафазных пластинок получены в 2023–2024 годах в лаборатории молекулярной филогении и биогеографии Института ботаники (г. Ташкент) с использованием микроскопа KERN OBN 132 («KERN & SOHN GmbH», Германия). Автор микрофотографий — Тоштемуров Журабек Гани угли ( $2n = 2x = 24$ ; масштабные линейки 5 мкм).

Все изученные в опыте представители видов *F. bucharica*, *F. bairunensis*, *F. eduardii* и *F. sewerzowii* имели диплоидное число хромосом  $2n = 24$  (рис. 2). Эти результаты согласуются с данными, полученными D. Krivenko с соавт. (29). Однако предыдущая работа авторов не включала подробное изучение морфологических характеристик хромосом.

## 2. Хромосомные и кариотипические характеристики представителей изученных видов рода *Fritillaria* из Узбекистана ( $n = 5$ , $M \pm SEM$ )

Параметр	<i>F. bucharica</i>	<i>F. bairunensis</i>	<i>F. eduardii</i>	<i>F. sewerzowii</i>
HCL	177,48±5,78	171,98±2,85	163,34±23,63	163,27±7,37
TF	19,74±0,61	20,94±0,82	19,52±0,23	20,81±0,27
AsK	80,27±0,61	79,06±0,82	80,48±0,23	79,19±0,27
S	48,30±1,60	44,13±1,97	52,35±2,59	45,27±4,53
xCI	0,18±0,01	0,18±0,01	0,18±0,00	0,18±0,00
A	0,65±0,01	0,63±0,02	0,63±0,01	0,63±0,00
xCA	64,95±1,29	63,11±1,49	63,43±0,58	63,06±0,06
CVCL	24,16±0,90	27,36±1,57	19,56±0,79	26,64±3,07
CVCI	69,06±2,33	64,51±3,35	65,57±0,79	63,69±2,21
AI	35,15±2,02	42,45±1,44	29,88±1,54	42,26±6,28
Stebbins C	1B	1B	1A	1B
A1	0,76±0,01	0,74±0,01	0,75±0,01	0,74±0,00
A2	0,24±0,01	0,27±0,02	0,20±0,01	0,27±0,03

Примечание. В таблице представлены результаты анализа 13 параметров, проведенного для 4 видов. От каждого вида было исследовано по 5 образцов, при этом для каждого образца использовалась одна метафазная пластинка. Использованные обозначения:

HCL — средняя длина хромосомы (мкм);

TF — индекс тотальной формы (отношение суммы коротких плеч ко всей длине хромосом) (%);

AsK — индекс асимметрии кариотипа по Кортону (отношение суммы длинных плеч к общей длине хромосом) (%);

S — доля симметричных хромосом в кариотипе (%);

xCI — средняя относительная длина короткого плеча хромосомы;

A — коэффициент кариотипической асимметрии по Арену и Шмидту;

xCA — средняя относительная длина длинного плеча хромосомы;

CVCL — коэффициент вариации длины хромосом;

CVCI — коэффициент вариации индекса центромерного положения;

AI — индекс асимметрии по Романо-Гауденцио (асимметрия кариотипа);

Stebbins C — категория кариотипа по классификации Стеббинса (1A, 1B и др.);

A1 — коэффициент внутрипопуляционной асимметрии (индекс межхромосомной вариации);

A2 — коэффициент межхромосомной асимметрии (вариация положения центромеры).

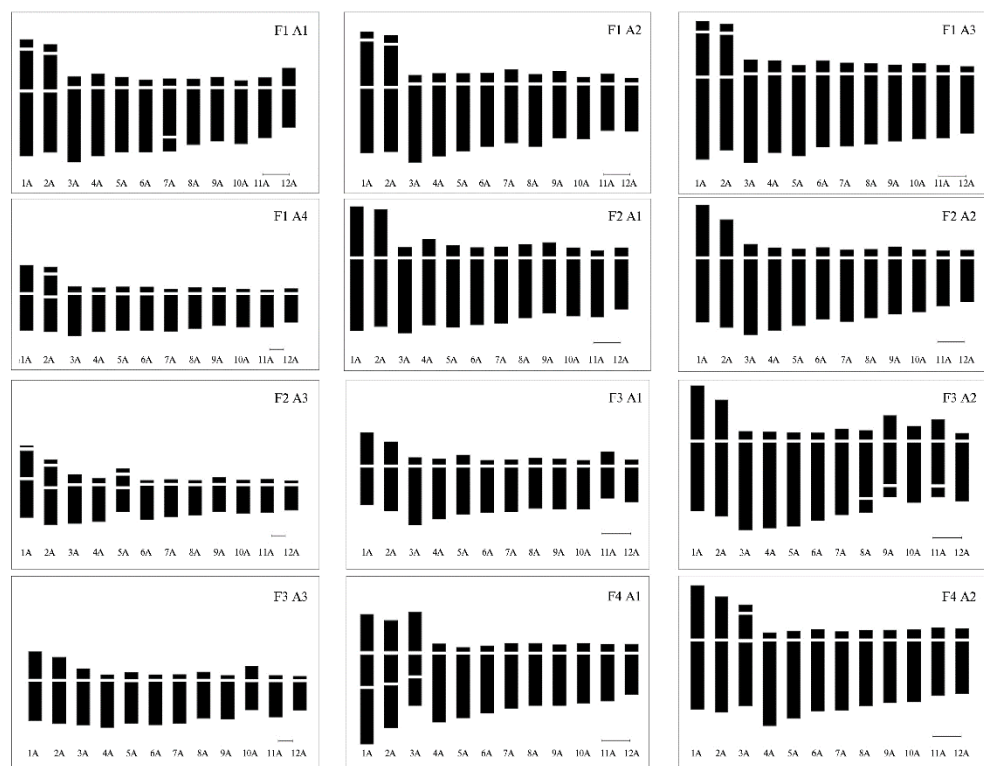


Рис. 3. Гаплоидные идеограммы четырех видов рода *Fritillaria* — *Fritillaria bucharica* (F1 A1-A4), *F. bairunensis* (F2 A1-A3), *F. eduardii* (F3 A1-A3) и *F. sewerzowii* (F4 A1-A2) из Узбекистана. Все материалы собраны из природной среды (координаты мест сбора см. в табл. 1). Фотографии метафазных пластинок получены в 2023-2024 годах в лаборатории молекулярной филогении и

биогеографии Института ботаники (г. Ташкент) с использованием микроскопа KERN OBN 132 («KERN & SOHN GmbH», Германия). Автор микрофотографий — Тоштемиров Журабек Гани угли ( $2n = 2x = 24$ ; масштабные линейки 5 мкм).

**3. Кариотипические параметры каждой из 12 пар хромосом у четырех изученных видов рода *Fritillaria* из Узбекистана ( $n = 5$ ;  $M \pm SEM$ )**

№	L	S	CL	AR	r-Value	RL	F	CI	Тип
<i>F. bucharica</i>									
1	12,87±0,62	9,38±0,24	22,25±0,71	1,37±0,07	0,73±0,03	12,54±0,09	5,30±0,16	0,42±0,01	m
2	12,06±0,39	8,75±0,31	20,81±0,62	1,38±0,04	0,72±0,02	11,73±0,17	4,93±0,14	0,42±0,01	m
3	14,71±0,47	1,92±0,19	16,63±0,58	7,94±0,81	0,13±0,01	9,37±0,05	1,08±0,09	0,12±0,01	t
4	13,29±0,35	1,99±0,14	15,28±0,34	6,87±0,56	0,15±0,01	8,63±0,19	1,13±0,10	0,13±0,01	st
5	12,88±0,62	1,72±0,15	14,60±0,52	7,85±1,14	0,13±0,02	8,23±0,07	0,97±0,09	0,12±0,01	t
6	12,26±0,32	1,82±0,21	14,08±0,51	7,15±0,93	0,14±0,02	7,93±0,05	1,02±0,09	0,13±0,01	t
7	12,01±0,56	1,70±0,31	13,71±0,49	7,88±1,48	0,14±0,03	7,73±0,06	0,96±0,18	0,12±0,02	t
8	11,66±0,47	1,61±0,08	13,27±0,55	7,36±0,20	0,13±0,004	7,47±0,13	0,91±0,03	0,12±0,01	t
9	10,68±0,52	1,77±0,17	12,46±0,43	6,34±0,89	0,17±0,02	7,02±0,03	1,01±0,11	0,14±0,02	st
10	10,87±0,38	1,22±0,14	12,10±0,49	9,18±0,71	0,11±0,01	6,81±0,10	0,68±0,06	0,10±0,01	t
11	10,18±0,76	1,38±0,20	11,56±0,59	8,42±2,14	0,14±0,03	6,51±0,19	0,79±0,13	0,12±0,02	t
12	9,06±0,74	1,68±0,57	10,74±0,42	7,32±1,85	0,20±0,09	6,05±0,17	0,97±0,36	0,16±0,06	t
<i>F. baisunensis</i>									
1	12,86±0,52	9,67±0,27	22,53±0,69	1,33±0,05	0,75±0,03	13,10±0,34	5,63±0,19	0,43±0,01	m
2	12,75±0,14	8,30±0,35	21,05±0,40	1,54±0,07	0,65±0,03	12,24±0,16	4,82±0,13	0,39±0,01	m
3	13,77±0,10	2,40±0,36	16,17±0,34	6,13±0,91	0,17±0,03	9,41±0,31	1,40±0,22	0,15±0,02	st
4	12,84±0,28	2,23±0,42	15,06±0,15	6,38±1,13	0,17±0,04	8,76±0,10	1,29±0,22	0,15±0,03	st
5	11,07±1,22	2,92±1,04	13,99±0,31	5,53±1,85	0,30±0,14	8,13±0,12	1,69±0,60	0,21±0,08	st
6	11,90±0,31	1,47±0,19	13,38±0,25	8,65±1,44	0,12±0,02	7,78±0,02	0,86±0,11	0,11±0,02	t
7	11,60±0,15	1,47±0,17	13,07±0,27	8,15±0,70	0,13±0,01	7,60±0,10	0,85±0,07	0,11±0,01	t
8	10,78±0,11	1,56±0,29	12,34±0,37	7,59±1,23	0,14±0,03	7,17±0,18	0,90±0,16	0,12±0,02	t
9	9,85±0,22	2,18±0,21	12,02±0,29	4,65±0,48	0,22±0,02	6,99±0,14	1,26±0,10	0,18±0,02	st
10	10,13±0,19	1,36±0,11	11,49±0,29	7,52±0,46	0,13±0,01	6,68±0,09	0,79±0,05	0,12±0,01	t
11	9,71±0,50	1,23±0,13	10,94±0,53	8,09±0,83	0,13±0,01	6,35±0,21	0,71±0,07	0,11±0,01	t
12	8,67±0,36	1,26±0,17	9,93±0,47	7,19±0,85	0,14±0,02	5,77±0,18	0,73±0,09	0,13±0,01	t
<i>F. eduardii</i>									
1	10,66±1,88	8,12±1,12	18,77±2,98	1,29±0,07	0,78±0,04	11,41±0,21	4,98±0,10	0,44±0,01	m
2	11,61±1,85	6,15±0,98	17,77±2,82	1,89±0,02	0,53±0,01	10,80±0,19	3,74±0,08	0,35±0,01	sm
3	13,33±1,51	2,11±0,66	15,44±1,97	7,53±1,57	0,15±0,04	9,54±0,24	1,25±0,25	0,13±0,03	t
4	13,19±1,90	1,29±0,13	14,49±2,04	10,20±0,51	0,10±0,01	8,89±0,05	0,81±0,05	0,09±0,01	t
5	12,29±1,83	1,78±0,30	14,07±1,91	7,51±1,81	0,15±0,03	8,65±0,10	1,14±0,20	0,13±0,02	t
6	12,09±1,90	1,17±0,19	13,26±2,09	10,45±0,37	0,10±0,01	8,07±0,13	0,71±0,03	0,09±0,01	t
7	11,54±1,76	1,46±0,27	12,99±2,00	8,32±0,71	0,12±0,01	7,92±0,09	0,88±0,07	0,11±0,01	t
8	10,50±1,51	1,75±0,33	12,25±1,81	6,23±0,50	0,16±0,01	7,49±0,09	1,06±0,08	0,14±0,01	st
9	9,68±1,51	2,19±0,88	11,86±1,62	6,35±1,99	0,24±0,10	7,29±0,07	1,31±0,45	0,18±0,06	st
10	9,07±0,84	2,54±0,93	11,61±1,63	5,30±1,81	0,26±0,10	7,12±0,06	1,42±0,37	0,20±0,05	st
11	8,84±1,73	2,37±0,54	11,21±1,61	4,66±1,90	0,31±0,10	6,86±0,02	1,55±0,37	0,23±0,05	st
12	8,62±1,16	1,03±0,07	9,65±1,23	8,36±0,70	0,12±0,01	5,96±0,23	0,66±0,07	0,11±0,01	t
<i>F. sewerzowii</i>									
1	12,63±0,59	8,86±0,25	21,49±0,34	1,43±0,11	0,71±0,05	13,23±0,81	5,44±0,09	0,41±0,02	m
2	11,46±0,58	7,33±0,03	18,79±0,56	1,57±0,08	0,64±0,04	11,53±0,18	4,51±0,22	0,39±0,01	m
3	11,13±0,01	4,98±0,34	16,11±0,35	2,26±0,16	0,45±0,03	9,89±0,23	3,05±0,07	0,30±0,02	sm
4	13,31±0,93	1,25±0,15	14,57±0,78	11,19±2,02	0,10±0,02	8,92±0,08	0,78±0,13	0,09±0,02	t
5	12,33±0,76	1,10±0,20	13,43±0,96	11,98±1,48	0,09±0,01	8,21±0,22	0,67±0,09	0,08±0,01	t
6	11,24±0,61	1,35±0,19	12,59±0,80	8,62±0,80	0,12±0,01	7,70±0,14	0,82±0,08	0,11±0,01	t
7	10,75±0,87	1,40±0,09	12,14±0,78	7,99±1,13	0,13±0,02	7,48±0,15	0,86±0,09	0,12±0,01	t
8	10,15±0,78	1,51±0,04	11,66±0,74	6,79±0,65	0,15±0,02	7,13±0,13	0,93±0,07	0,13±0,01	st
9	9,83±0,56	1,41±0,09	11,24±0,65	7,06±0,02	0,14±0,01	6,88±0,09	0,86±0,02	0,13±0,01	t
10	9,56±0,65	1,54±0,02	11,09±0,66	6,24±0,32	0,16±0,01	6,79±0,10	0,95±0,03	0,14±0,01	st
11	8,83±0,42	1,62±0,18	10,45±0,60	5,61±0,41	0,18±0,01	6,40±0,08	0,98±0,07	0,15±0,01	st
12	8,12±0,70	1,58±0,12	9,70±0,82	5,23±0,05	0,19±0,01	5,92±0,24	0,96±0,03	0,16±0,01	St

Примечание. В таблице представлены результаты анализа 9 параметров, проведенного для 4 видов. От каждого вида было исследовано по 5 образцов, при этом для каждого образца использовалась одна метафазная пластинка. Используемые обозначения:

L — длина длинного плеча хромосомы (мкм);

S — длина короткого плеча хромосомы (мкм);

CL — общая длина хромосомы (L + S, мкм);

AR — соотношение длинного и короткого плеча (L/S);

r-value — соотношение короткого плеча к общему размеру (S/CL);

RL — относительная длина хромосомы (%);

F — процент от общего хромосомного фонда (%);

CI — центромерный индекс (S/CL);

Тип — морфологический тип хромосомы (m — метацентрическая; sm — субметацентрическая; st — субтелоцентрическая; t — телоцентрическая).

У *F. bucharica* и *F. baisunensis* обнаружены три типа (m, st, t), тогда

как у *F. eduardii* и *F. sewerzowii* — все четыре (m, sm, st, t) (табл. 3).

Следует отметить, что в 2022 году Y. Fan с соавт. (18) сообщили о наличии только трех типов хромосом (sm, st и t) у вида *F. imperialis* подрода *Petillium*. Примечательно, что хромосома m типа, обнаруженная нами у *F. eduardii*, не наблюдалась у *F. imperialis*.

В подрode *Rhinopetalum* мы исследовали два вида рода *Fritillaria*. У *F. bucharica* и *F. baisunensis* отсутствовала хромосома sm типа, хотя Y. Fan с соавт. (18) сообщали о наличии четырех различных типов хромосом (m, sm, st, t) у других видов в пределах подрода *Rhinopetalum*.

У *F. sewerzowii*, принадлежащего к подроду *Korolkowii*, проведенный нами хромосомный анализ выявил наличие четырех типов хромосом.

Выполненное нами исследование дает новое понимание морфологии хромосом у четырех видов рода *Fritillaria* из Узбекистана. Во всех изученных таксонах было выявлено стабильное диплоидное число хромосом  $2n = 24$ . У *F. eduardii* и *F. sewerzowii* идентифицировано по четыре морфологических типа хромосом: метацентрические (m), субметацентрические (sm), субтеломерные (st) и теломерные (t). У *F. bucharica* и *F. baisunensis* определено наличие трех типов хромосом (m, st, t), при этом субметацентрические формы отсутствовали.

Общая длина хромосомных наборов варьировала от  $163,27 \pm 7,37$  мкм у *F. sewerzowii* до  $177,48 \pm 5,78$  мкм у *F. bucharica*, что указывает на незначительные различия в общей хромосомной длине между исследуемыми видами.

Индекс тотальной формы (TF, %) изменялся от  $19,52 \pm 0,23$  (*F. eduardii*) до  $20,94 \pm 0,82$  (*F. baisunensis*), свидетельствуя о слабых различиях в морфологической симметрии кариотипов. Индекс асимметрии по Кортону (AsK, %) находился в диапазоне от  $79,06 \pm 0,82$  (*F. baisunensis*) до  $80,48 \pm 0,23$  (*F. eduardii*), при этом наибольшее значение зафиксировано у *F. eduardii*, что указывает на умеренно симметричную организацию кариотипа. Наибольшая доля симметричных хромосом (S, %) была характерна для *F. eduardii* ( $52,35 \pm 2,59$ ), наименьшая — для *F. baisunensis* ( $44,13 \pm 1,97$ ), что подтверждает большую степень симметрии кариотипа у *F. eduardii*. Коэффициент вариации длины хромосом (CVCL) колебался от  $19,56 \pm 0,79$  (*F. eduardii*) до  $27,36 \pm 1,57$  (*F. baisunensis*), где меньшие значения также указывают на более равномерную длину хромосом у *F. eduardii*.

Индекс асимметрии по Романо-Гауденцио (AI) показал минимальные значения у *F. eduardii* ( $29,88 \pm 1,54$ ), максимальные — у *F. baisunensis* ( $42,45 \pm 1,44$ ), что свидетельствует о наибольшей симметричности кариотипа у первого вида. Все исследуемые виды, за исключением *F. eduardii*, были отнесены к категории 1B по классификации Стеббинса; *F. eduardii* демонстрировал наиболее примитивную и симметричную организацию, классифицированную как 1A. Внутрипопуляционная асимметрия ( $A_1$ ) и межхромосомная асимметрия ( $A_2$ ) были наименее выражены у *F. eduardii* (соответственно  $0,75 \pm 0,01$  и  $0,20 \pm 0,01$ ), что дополнительно подчеркивает высокую степень структурной симметрии его кариотипа.

Таким образом, настоящее исследование представляет собой значимый вклад в кариологию рода *Fritillaria*, важного не только с ботанической, но и с хозяйственно-цветоводческой точки зрения. Изученные виды из трех секций были ранее недостаточно охарактеризованы в цитогенетическом отношении. Детальное описание их кариотипов и выявленные различия служат важной основой для уточнения филогенетических связей между видами и могут быть полезны в селекционных работах. Установлены пределы изменчивости основных кариотипических параметров: общей длины наборов

хромосом — от  $163,27 \pm 7,37$  мкм у *F. sewerzowii* до  $177,48 \pm 5,78$  мкм у *F. bucharica*, индекса тотальной формы — от  $19,52 \pm 0,23$  % (*F. eduardii*) до  $20,94 \pm 0,82$  % (*F. baisunensis*), индекса асимметрии по Кортону от  $79,06 \pm 0,82$  % (*F. baisunensis*) до  $80,48 \pm 0,23$  % (*F. eduardii*), что указывает на слабые различия в морфологической симметрии кариотипов и их умеренно симметричную организацию. Внутрипопуляционная и межхромосомная асимметрия были наименее выражены у *F. eduardii* ( $A_1$  и  $A_2$  соответственно  $0,75 \pm 0,01$  и  $0,20 \pm 0,01$ ), что дополнительно подчеркивает высокую степень структурной симметрии. Полученные микроскопические препараты позволили изучить строение и структуру хромосом, что расширяет наши представления о цитогенетическом разнообразии рода и обуславливает перспективность дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *POWO Plants of the World Online*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet, 2024. Режим доступа: <https://powo.science.kew.org/>. Дата обращения: 26.08.2024.
2. Rühnsted N., Law S., Thornton H., Fay M.F., Chase M.W. Molecular phylogenetic evidence for the monophyly of *Fritillaria* and *Lilium* (*Liliaceae*; *Liliales*) and the infrageneric classification of *Fritillaria*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2005, 35(3): 509-527 (doi: 10.1016/j.ympev.2004.12.023).
3. Li S.F., Su T., Cheng G.Q., Wang B.X., Li X., Deng C.L., Gao W.J. Chromosome evolution in connection with repetitive sequences and epigenetics in plants. *Genes*, 2017, 8(10): 290 (doi: 10.3390/genes8100290).
4. Pharmacopoeia Commission China. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China*. Chemical Industry Press, 2000.
5. Hao D.Ch., Gu X.-J., Xiao P.-G., Peng Y. Phytochemical and biological research of *Fritillaria* Medicine Resources. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 2013, 11(4): 330-344 (doi: 10.1016/S1875-5364(13)60050-3).
6. An Y.L., Wei W.L., Guo D.A. Application of analytical technologies in the discrimination and authentication of herbs from *Fritillaria*: a review. *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 2024, 54(6): 1775-1796 (doi: 10.1080/10408347.2022.2132374).
7. Rix G.J., Lai C.G., Foti S. Simultaneous measurement of surface wave dispersion and attenuation curves. *Geotechnical Testing Journal*, 2001, 24(4): 350-358 (doi: 10.1520/GTJ11132J).
8. Day P.D., Berger M., Hill L., Fay M.F., Leitch A.R., Leitch I.J., Kelly L.J. Evolutionary relationships in the medicinally important genus *Fritillaria* L. (*Liliaceae*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2014, 80: 11-19 (doi: 10.1016/j.ympev.2014.07.024).
9. Heslop-Harrison J.S., Schwarzach T. Organisation of the plant genome in chromosome. *The Plant Journal*, 2011, 66(1): 18-33 (doi: 10.1111/j.1365-313X.2011.04544.x).
10. Richards E.J., Dawe R.K. Plant centromeres: Structure and control. *Current Opinion in Plant Biology*, 1998, 1(2): 130-135 (doi: 10.1016/S1369-5266(98)80116-4).
11. Darlington C.D. The old terminology and the new analysis of chromosome behaviour. *Annals of Botany*, 1935, 49(195): 579-586 (doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a090524).
12. Darlington C.D. *Recent advances in cytology*. M., 1937.
13. Frankel O.H. The causal sequence of meiosis: I. Chiasma formation and the order of pairing in *Fritillaria*. *Journal of Genetics*, 1940, 41: 9-34 (doi: 10.1007/BF02982973).
14. Bennett M.D., Smith J.B. Nuclear DNA amounts in angiosperms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 1976, 274(933): 227-274 (doi: 10.1098/rstb.1976.0044).
15. Sharma S., Raina S.N. Organization and evolution of highly repeated satellite DNA sequences in plant chromosomes. *Cytogenetic and Genome Research*, 2005, 109(1-3): 15-26 (doi: 10.1159/000082377).
16. Samaropoulou S., Bareka P., Kamari G. Karyomorphometric analysis of *Fritillaria montana* group in Greece. *Comparative Cytogenetics*, 2016, 10(4): 679 (doi: 10.3897/CompCytogen.v10i4.10156).
17. Ahmadi-Roshan M., Karimzadeh G., Babaei A., Jafari H. Karyological studies of *Fritillaria* (*Liliaceae*) species from Iran. *Cytologia*, 2016, 81(2): 133-141 (doi: 10.1508/cytologia.81.133).
18. Fan Y., Hao L., Zhu W., da Silva J.A.T., Yu X. Chromosome karyotype analysis of some *Fritillaria* species. *Maejo Int. J. Sci. Technol.*, 2022, 16: 223-237.
19. Koul A.K., Wafai B.A. Chromosome polymorphism and nucleolar organization in some species of *Fritillaria* Linn. *Cytologia*, 1980, 45(4): 675-682.
20. Kamari G. Caryosystematic studies on *Fritillaria* L. (*Liliaceae*) in Greece. 1. *Webbia*, 1984, 38(1): 723-731 (doi: 10.1080/00837792.1984.10670343).

21. La Cour L.F. Two types of constitutive heterochromatin in the chromosomes of some *Fritillaria* species. *Chromosoma*, 1978, 67(1): 67-75 (doi: 10.1007/BF00285649).
22. La Cour L.F. The constitutive heterochromatin in chromosomes of *Fritillaria* sp., as revealed by Giemsa banding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 1978, 285(1004): 61-71 (doi: 10.1098/rstb.1978.0094).
23. Zaharof E. Karyological studies of twelve *Fritillaria* species from Greece. *Caryologia*, 1989, 42(2): 91-102 (doi: 10.1080/00087114.1989.10796956).
24. Karimov B., Asatulloev T., Buxorov G.I., Turginov O., Naralieva N., Azimova D., Yusupov Z. Analysis of chloroplast genomes of ten Central Asian *Fritillaria* species and their phylogenetic relationships. *Nordic Journal of Botany*, 2024, 2024(12): e04413 (doi: 10.1111/njb.04413)
25. Rix E.M. *Fritillaria*. A revised classification. The *Fritillaria* Group of the Alpine Garden Society, UK, 2001.
26. Флора СССР. Т.4. Лилейные, орхидные и др. АН СССР, М., 1935.
27. Baker J.G. Revision of the genera and species of *Tulipeae*. *Bot. J. Linn. Soc.*, 1874, 14: 211-310.
28. Protoporova M., Sandanan D., Pavlichenko V., Selyutina, I., Stepanov N. The curious case of *Fritillaria sonnikovae* (*Liliaceae*) in South Siberia: New insights into its origin and phylogeny. *Diversity*, 2023, 15(2): 193 (doi: 10.3390/d15020193).
29. Krivenko D., Aytac Z., Boboev M., Çeçen Ö., Chernyagina O., Erst A., Zykova E. Botanical Pacifica plant chromosome data 3. *Botanica Pacifica*, 2024, 13(1): 1-4 (doi: 10.17581/bp.2024.13102).
30. Toshtemirov J.G., Dumacheva E.V., Yusupov Z.O. Karyotype analysis of *Tulipa undulatifolia* var. *Micheliana* (Hoog) and *Tulipa lehmanniana* Merckl. in Uzbekistan. *Materials of the International scientific and practical conference «Conservation of biological diversity in Central Asia: problems, solutions and prospects»*. Namangan State University, Namangan, 2024, 755: 12-16.
31. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г., Джалилова Х.Х., Ильина Г.М., Чубатова Н.В. *Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы*. М., 2004.
32. Mirzaghaderi G., Marzangi K. IdeoKar: an ideogram constructing and karyotype analyzing software. *Caryologia*, 2015, 68(1): 31-35 (doi: 10.1080/00087114.2014.998526).
33. Levan A., Fredga K. Sandberg A.A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 1964, 52: 201-220 (doi: 10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x).
34. Huziwaru Y. Karyotype analysis in some genera of *Compositae*. VIII. Further studies on the chromosomes of *Aster*. *American Journal of Botany*, 1962, 49(2): 116-119 (doi: 10.1002/j.1537-2197.1962.tb14916.x).
35. Zarco C.R. A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon*, 1986, 35(3): 526-530 (doi: 10.2307/1221906).
36. Watanabe K., Yahara T., Denda T., Kosuge K. Chromosomal evolution in the genus *Brachyscome* (*Asteraceae*, *Astereae*): statistical tests regarding correlation between changes in karyotype and habit using phylogenetic information. *Journal of Plant Research*, 1999, 112: 145-161 (doi: 10.1007/PL00013869).
37. Paszko B. A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices. *Plant Systematics and Evolution*, 2006, 258: 39-48 (doi: 10.1007/s00606-005-0389-2).
38. Jafari H., Babaei A., Karimzadeh G., Ahmadi-Roshan M. Cytogenetic study on some *Fritillaria* species of Iran. *Plant Systematics and Evolution*, 2014, 300: 1373-1383 (doi: 10.1007/s00606-013-0968-6).

<sup>1</sup>Институт ботаники Академии наук  
Узбекистана,

100125 Узбекистан, г. Ташкент,  
e-mail: ziyo-nur87@mail.ru ✉, toshtemirovgorabek8@gmail.com,  
karimovbobur99@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет,

308015 Россия, Белгородская обл., г. Белгород, ул. Победы, 85,  
e-mail: dumacheva63@mail.ru;

<sup>3</sup>Каршинский государственный университет,

180119 Узбекистан, г. Карши,  
e-mail: buhorovg@gmail.com, b\_baysunov@mail.ru

Поступила в редакцию

19 августа 2024 года

Принята к публикации

7 октября 2024 года

*Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2025, V. 60, № 5, pp. 840-851

## CYTOLOGICAL STUDY OF SOME *Fritillaria* SPECIES OF THE FLORA OF UZBEKISTAN

J.G. Toshtemirov<sup>1, 2</sup>, G.X. Buxorov<sup>3</sup>, B.A. Karimov<sup>1</sup>, B.X. Baysunov<sup>3</sup>, E.V. Dumacheva<sup>2</sup>,  
Z.O. Yusupov<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup>Institute of Botany, Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, 100125 Uzbekistan, e-mail ziyo-nur87@mail.ru ✉

corresponding author), toshtemirovgorabek8@gmail.com, karimovbobur99@mail.ru;  
<sup>2</sup>Belgorod State National Research University, 85, ul. Pobedy, Belgorod, 308015 Russia, e-mail dumacheva63@mail.ru;  
<sup>3</sup>Karshi State University, Karshi, 180119 Uzbekistan, e-mail buhorovg@gmail.com, b\_baysunov@mail.ru

ORCID:

Toshtemirov J.G. orcid.org/0009-0003-8303-6075

Baysunov B.X. orcid.org/0009-0003-9694-4355

Buxorov G.X. orcid.org/0009-0000-7540-9896

Dumacheva E.V. orcid.org/0000-0001-5278-5338

Karimov B.A. orcid.org/0009-0005-5874-1033

Yusupov Z.O. orcid.org/0000-0003-2278-542X

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially by assessment of climate change adaptation in endangered plant species of Uzbekistan: A DNA barcoding approach AL-9224104464, and The modernization of the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Grant No. PRIM 01-73, funded under the MUNIS Project, supported by the World Bank and the Government of the Republic of Uzbekistan

Final revision received August 19, 2024

doi: 10.15389/agrobiol.2025.5.840eng

Accepted October 07, 2024

## Abstract

*Fritillaria* L. is a genus of geophytic perennial plants distributed in temperate regions of the Northern Hemisphere. Some species of *Fritillaria* are used in traditional Chinese medicine and horticulture. Cytogenetic studies provide insights into evolutionary relationships and domestication pathways. The present report is the first account of chromosome morphology in *Fritillaria* species from Uzbekistan. This study investigated the chromosome morphology of four *Fritillaria* species — *F. bucharica*, *F. baysunensis*, *F. eduardii*, and *F. sewerzowii*. All species exhibited a constant diploid chromosome number of  $2n = 24$ . Based on the position of the centromere, four chromosome types were identified ( $m$  = metacentric,  $sm$  = submetacentric,  $st$  = subtelocentric,  $t$  = telocentric). In *F. bucharica* and *F. baysunensis*, three types ( $m$ ,  $st$ ,  $t$ ) were found, whereas *F. eduardii* and *F. sewerzowii* showed all four types ( $m$ ,  $sm$ ,  $st$ ,  $t$ ). Total haploid chromosome length and other karyotypic parameters were measured and compared across species. Comparative analysis revealed that the most symmetrical karyotype was observed in *F. eduardii*, which is supported by its minimal coefficient of chromosome length variation (CVCL =  $19.56 \pm 0.79$ ), asymmetry index (AI =  $29.88 \pm 1.54$ ), and Stebbins classification as 1A. The remaining species — *F. bucharica*, *F. baysunensis*, and *F. sewerzowii* — were classified as 1B, indicating a higher degree of asymmetry. The highest values of AI ( $42.45 \pm 1.44$ ) and interchromosomal variation coefficient ( $A_2 = 0.27 \pm 0.02$ ) were recorded in *F. baysunensis*. The total haploid chromosome length (HCL) ranged from  $163.27 \pm 7.37$  in *F. sewerzowii* to  $177.48 \pm 5.78$  in *F. bucharica*. These results provide new cytogenetic data that enhance understanding of karyotypic diversity and evolution within the genus *Fritillaria*. For the first time, high-resolution chromosome images have been obtained for *F. bucharica*, *F. baysunensis*, *F. eduardii*, and *F. sewerzowii* growing in Uzbekistan using advanced microscopic equipment, allowing precise measurement of chromosome morphological parameters. The data presented include full diploid counts ( $2n = 24$ ), chromosome types based on centromere position ( $m$ ,  $sm$ ,  $st$ ,  $t$ ), as well as detailed karyotypic indices — AI,  $A_1$ ,  $A_2$ , CVCL, CVCI, and others. The revealed differences in karyotype symmetry among species reflect varying degrees of chromosomal differentiation and may be interpreted as manifestations of directional evolution within the genus *Fritillaria*. For instance, the more symmetrical karyotype of *F. eduardii* (Stebbins 1A) may indicate a basal evolutionary position of this species, whereas the increased asymmetry observed in *F. baysunensis* and *F. sewerzowii* (Stebbins 1B) suggests a more advanced evolutionary status. Thus, this study broadens our understanding of karyotypic evolution and intrageneric diversity in *Fritillaria*.

Keywords: *Fritillaria* L., chromosome, karyotype analysis.