



УДК 582.736:576.312

## О кариотипах некоторых редких видов *Astragalus* и *Oxytropis* (Fabaceae)

Е. С. Кониченко, И. Ю. Селютина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск, 630090, Россия  
E-mail: zundukii@rambler.ru

**Ключевые слова:** кариотипы, редкие виды, числа хромосом, *Astragalus*, *Oxytropis*.

**Аннотация.** В работе представлены результаты изучения кариотипов редких и эндемичных видов *Astragalus chorinensis* Bunge, *Oxytropis glandulosa* Turcz., *O. stukovii* Palibin, *O. varlakovii* Serg. На основе полученных данных представлены идиограммы хромосом и формулы кариотипов. Исследование показало, что у *A. chorinensis* соматическое число хромосом  $2n = 16$ . Хромосомная формула  $2n = 2m + 14sm$ . Средняя суммарная длина гаплоидного набора составляет 40,24 мкм. Размеры хромосом варьируют от 4,29 до  $6,31 \pm 0,06$  мкм. *A. chorinensis* характеризуется асимметричным кариотипом с преобладанием субметацентрических хромосом. Диплоидный набор у *O. glandulosa*  $2n = 16$ , хромосомная формула  $2n = 16 = 4m + 12sm$ . Хромосомы достаточно однородны по размеру, средняя длина составила от  $1,56 \pm 0,05$  до  $1,93 \pm 0,09$  мкм. Суммарная длина гаплоидного набора хромосом составила 33,63 мкм. Для *O. stukovii* установлена хромосомная формула  $2n = 16 = 6m + 10sm$ . Общая длина гаплоидного набора (CL) составила 33,74 мкм. Длина хромосом колеблется от  $3,75 \pm 0,10$  мкм до  $4,93 \pm 0,14$  мкм. Хромосомы *O. varlakovii* относятся к метацентрическому и субметацентрическому типу. Хромосомная формула  $2n = 32 = 4m + 28sm$ . Размеры хромосом варьируют от  $0,74 \pm 0,01$  до  $1,56 \pm 0,15$  мкм. Суммарная длина гаплоидного набора составила 33,74 мкм. *O. stukovii*, *O. glandulosa* и *O. varlakovii* характеризуются симметричным кариотипом с преобладанием хромосом метацентрического типа.

## The karyotype of some rare species of *Astragalus* and *Oxytropis* (Fabaceae)

E. S. Konichenko, I. Yu. Selyutina

Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Zolotodolinskaya st., 101, Novosibirsk, 630090, Russia

**Key words:** *Astragalus*, karyotypes, number of chromosomes, *Oxytropis*, rare species.

**Summary.** The paper presents the results of a study of the karyotype of rare endemics: *Astragalus chorinensis* Bunge, *Oxytropis glandulosa* Turcz., *O. stukovii* Palibin, *O. varlakovii* Serg. On the basis of the data ideograms of chromosomes and karyotypes formulas are presented. The study showed that *A. chorinensis* somatic chromosome number was  $2n = 16$ . The chromosomal formula is  $2n = 2m + 14sm$ . The average of total length of the haploid chromosomes is 40.24 mm. The size of chromosomes varies from  $4.29 \pm 0.04$  to  $6.31 \pm 0.06$  microns. *A. chorinensis* is characterized by asymmetric karyotype with a predominance submetacentric chromosomes. Diploid set of chromosomes in *O. glandulosa* is  $2n = 16$ . Chromosome formula is  $2n = 16 = 4m + 12sm$ . Chromosomes are fairly uniform in size, the average length ranged from  $1.56 \pm 0.05$  to  $1.93 \pm 0.09$  m. The total length of the haploid chromosomes was 33.63 microns. For *O. stukovii* set chromosomal formula is  $2n = 16 = 6m + 10sm$ . The total length of the haploid chromosomes (CL) was 33.74 microns. Chromosomes length ranges from  $3.75 \pm 0.10$  m to  $4.93 \pm 0.14$  m. *O. varlakovii* chromosomes are metacentric and submetacentric types. The chromosomal formula of  $2n = 32 = 4m + 28sm$ . The size of chromosomes ranged from  $0.74 \pm 0.01$  до  $1.56 \pm 0.15$  microns. The total length of the haploid was 33.74 microns. *O. stukovii*, *O. glandulosa* and *O. varlakovii* are characterized by symmetrical karyotype with a predominance of metacentric chromosomes type.

### Введение

Признаки кариотипа (число и размеры хромосом, их форма и индивидуальные особенности), которые отражают структурную организацию материала, несущего генетическую информацию, относятся к числу наиболее стабильных и поэтому важных признаков. Изучение кариотипов представляет собой один из способов познания скрытой генетической изменчивости, так как хромосомные и геномные мутации далеко не всегда сопровождаются соответствующими изменениями морфологических признаков растений. Исследование кариотипов для большинства дикорастущих видов растений имеет большее значение, так как полученные данные вносят существенный вклад в определение генетического критерия вида. Кариологические исследования играют важную роль в решении таксономических проблем, в том числе и при изучении редких видов и узколокальных эндемиков (Arslan et al., 2012).

Виды родов *Astragalus* L. и *Oxytropis* DC. флоры Сибири недостаточно изучены в цитологическом отношении, исследования в основном ограничиваются установлением чисел хромосом без их идентификации (Chisla khromosom ..., 1990; Konichenko, Selyutina, 2013). Однако число хромосом – лишь одна из главных характеристик кариотипа, она непременно должна дополняться идентификацией хромосом.

Целью данной работы было исследование особенностей кариотипов редких и эндемичных видов: *Astragalus chorinensis*, *Oxytropis glandulosa*, *O. stukovii*, *O. varlakovii*.

### Материалы и методы

Материалом для исследования кариотипов были семена растений из природных популяций (табл. 1).

Для цитологического анализа собирали зрелые семена исследуемых видов. Семена высева-

лись в чашки Петри на влажную двухслойную фильтровальную бумагу и проращивали в термостате при температуре +25...+32 °С (Konichenko et al., 2014). Для кариологических исследований использовали меристематические ткани кончиков корешков. Предобработку производили 0,2%-м раствором колхицина, время обработки подбирали экспериментально для каждого вида (2–4 часа). Затем фиксировали в смеси Карнуа. Окрашивание производили ацето-железо-гематоксилином (Krasnikov, 2004).

Препараты фотографировали с помощью микроскопа Axioskop-40 (Carl Zeiss) с цветной цифровой камерой высокого разрешения AxioCam MRc-5 и программой AxioVision 4.8 для получения, обработки и анализа изображений.

Для каждой пары хромосом определялись: длина короткого плеча (S, мкм), длина длинного плеча (L, мкм) и абсолютная длина хромосомы (C, мкм), суммарная длина хромосом набора (CL, мкм). Также рассчитывали центромерный индекс ( $I_c = S/C$ ) и соотношение плеч ( $R = L/S$ ). Классификацию хромосом по центромерному индексу производили в соответствии с рекомендациями В. Г. Грифа и Н. Д. Агаповой (Grif, Agarova, 1986).

Для общей характеристики кариотипа мы использовали три параметра:  $A_1$  (индекс внутривнутрихромосомной асимметрии =  $1 - [\Sigma(\text{короткое плечо}/\text{длинное плечо})/n]$ , где n – число измерений;  $A_2$  (индекс межхромосомной асимметрии = стандартное отклонение (S)/средняя длина (X)] и индекс асимметрии  $AI = (CV_{cl} * CV_{ci}/100)$ , где  $CV_{cl}$  – коэффициент вариации длины хромосомы и  $CV_{ci}$  – коэффициент вариации центромерного индекса (Romero-Zarco, 1986; Paszko, 2006). Индекс центромерной асимметрии  $Mca ((L-S)/(L+S))$  был рассчитан по формуле Peruzzi, Eroglu (2013).

Индекс внутривнутрихромосомной асимметрии ( $A_1$ ) отображает соотношения плеч каждой пары го-

Таблица 1

Происхождение изученных образцов видов родов *Astragalus* и *Oxytropis*

Вид	Ваучерный номер	Место и дата сбора
<i>Astragalus chorinensis</i>	IS 1207	Иркутская область, Ольхонский р-н, мыс Зундук, галечниковая отмель на побережье оз. Байкал, 12 VII 2007
<i>Oxytropis glandulosa</i>	IS 5209	Республика Бурятия, Курумканский р-н, 4,5 км на юг от дер. Сахули, опушка соснового леса, 06 VIII 2009
<i>Oxytropis stukovii</i>	IS 6107	Забайкальский край, Агинский АО, восточный берег оз. Ножий, злаково-копеечниковая степь, 27 VII 2007
<i>Oxytropis varlakovii</i>	IS 7307	Забайкальский край, Агинский АО, западный берег оз. Кункур, злаково-осоковая степь, 28 VII 2007

мологичных хромосом (Romero-Zarco, 1986). Индекс межхромосомной асимметрии ( $A_2$ ) дает представление об асимметрии, связанной с разницей длин хромосом. Оба эти индекса зависят от числа и размера хромосом и помогают выявить больше типов асимметрии кариотипов среди популяций и видов, которые имеют схожие типы симметрии (Zuo, Yuan, 2011). Индекс асимметрии кариотипа AI (Paszco, 2006) дает возможность измерить гетерогенность длины хромосомы и центромерной позиции в данном кариотипе. Высокое значение индекса AI означает высокую степень гетерогенности хромосом по длине и/или центромерному индексу, что означает большую асимметрию кариотипа. Чем ниже данный индекс, тем кариотип более симметричный. Индекс центромерной асимметрии (Mca) – наиболее подходящий метод для более корректной оценки асимметрии кариотипа (Pezuzzi, Eroglu, 2013).

### Результаты и обсуждение

*Astragalus chorinensis* Bunge (секция *Hemiphragmium* (Koch.) Bunge) – редкий вид, внесен в Красную книгу Республики Бурятия (Krivobokov, 2013) со статусом 4 (I); распространен в Южном Прибайкалье и Южной Бурятии (бассейн р. Селенги). Растет на ограниченной территории, популяции малочисленны. Обитает на каменисто-щебнистых склонах в степях, на песках.

Кариологическое исследование показало, что у *A. chorinensis* соматическое число хромосом  $2n = 16$ . На основе расчета центромерного индекса хромосомы отнесены к двум типам: метацентрическому ( $I_c > 40\%$ ) и субметацентрическому ( $30 < I_c < 40\%$ ). Хромосомная формула  $2n = 2m + 14sm$  (табл. 2). Средняя суммарная длина гаплоидного набора составляет 40,24 мкм. Размеры хромосом варьируют от  $4,29 \pm 0,04$  до  $6,31 \pm 0,06$  мкм (табл. 3).

Анализ индексов асимметрии кариотипа *A. chorinensis* выявил значения  $A_1 = 0,42$ ,  $A_2 = 0,25$  и AI = 1,84. Индекс асимметрии кариотипа AI составил 1,84.  $A_1$  выражает уровень асимметрии каждой пары гомологичных хромосом, в то время как  $A_2$  показывает асимметрию, возникающую в результате различной длины хромосом. Индекс асимметрии Mca, рассчитанный на основе данных кариотипа *A. chorinensis*, варьирует от 0,01 (для 5 пары хромосом) до 0,32 (для 4 пары хромосом).

Диплоидное число хромосом  $2n = 16$ , полученное для *A. chorinensis*, типично для рода *As-*

*tragalus* (Badr, Sharawy, 2007; Kazem et al., 2010; Abdel Samad et al., 2014). Большинство ранее исследованных видов рода *Astragalus* имеют  $2n = 16$  и  $2n = 32$  (Chisla khromosom ..., 1990; Badr, Sharawy, 2007). Реже отмечены виды с высоким числом хромосом  $2n = 48$ ,  $2n = 64$  и  $2n = 96$  (Filipov et al., 2008; Ranjbar et al., 2014). Размер хромосом изученного нами вида колеблется от  $4,29 \pm 0,04$  до  $6,31 \pm 0,06$  мкм в отличие от большинства видов *Astragalus*, которые имеют меньший размер хромосом ( $< 4$  мкм) (Badr, Sharawy, 2007; Martin et al., 2008; Kazem et al., 2010); лишь для некоторых видов рода выявлены более крупные хромосомы (до 6,98 мкм) (Baziz et al., 2014). Схожие данные по числу и размеру хромосом были получены для близкого к *A. chorinensis* подвида *A. armatus* subsp. *tragacanthoides* (Desf.) Maire, размер хромосом которого составил от  $3,80 \pm 0,50$  до  $5,47 \pm 0,43$  мкм, а центромерный индекс ( $I_c$ ) от 33,95 до 48,31 (Baziz et al., 2014).

Значения индексов асимметрии дают важную информацию об эволюции хромосом (Agnano, Saito, 1980). *A. chorinensis* характеризуется асимметричным кариотипом с преобладанием субметацентрических хромосом в отличие от большинства изученных видов рода, для которых характерен более симметричный кариотип с преобладанием метацентрических хромосом (Manandhar, Sakya, 2004; Badr, Sharawy, 2007; Martin et al., 2008; Baziz et al., 2014).

*Oxytropis glandulosa* Turcz. – эндемик Байкальской Сибири, редкий вид Баргузинских и Еравнинских степей. *O. glandulosa* вместе с *O. varlakovii*, входящие в секцию *Polyadena* Bunge, хорошо обособлены и имеют четкую разграниченность ареалов, что свидетельствует об их древнем возрасте (Malyshev, Peshkova, 1984). *O. glandulosa* занесен в Красную книгу Российской Федерации (Peshkova, 2008) и Красную книгу Республики Бурятия (Sandanov, Chimitov, 2013), где имеет статус 3 (R) – редкий вид. Произрастает на песчано-галечных берегах рек и озёр, а также в равнинных солонцеватых луговых степях.

Нами установлен диплоидный набор у *O. glandulosa*  $2n = 16$ . Хромосомная формула  $2n = 16 = 4m + 12sm$ . Хромосомы достаточно однородны по размеру, средняя длина составила от  $1,56 \pm 0,05$  до  $1,93 \pm 0,09$  мкм. Более крупные хромосомы I и II пары относятся к субметацентрическому типу (рис.). Суммарная длина гаплоидного набора хромосом составила 33,63 мкм. Индексы асимметрии составили  $A_1 = 0,30$ ,  $A_2 = 0,24$ . Индекс асимметрии кариотипа AI = 1,02.

Таблица 2

Морфологическая характеристика хромосом изученных видов родов *Astragalus* и *Oxytropis*

Вид	Номер пары	S, мкм	L, мкм	C, мкм	R	I, %	Mca	Тип
<i>Astragalus chorinensis</i>								
	1	2,04 ± 0,05	3,52 ± 0,02	5,56 ± 0,04	1,72	36,69	0,26	sm
	2	1,74 ± 0,06	3,30 ± 0,03	5,36 ± 0,07	1,89	32,46	0,31	sm
	3	1,69 ± 0,06	3,31 ± 0,04	5,06 ± 0,05	1,75	37,35	0,32	sm
	4	2,39 ± 0,07	2,46 ± 0,05	4,87 ± 0,06	1,02	49,07	0,01	m
	5	1,54 ± 0,04	2,90 ± 0,07	4,43 ± 0,08	1,88	34,76	0,30	sm
	6	1,59 ± 0,01	2,79 ± 0,02	4,36 ± 0,05	1,75	36,46	0,27	sm
	7	1,62 ± 0,03	2,68 ± 0,07	4,29 ± 0,04	1,65	37,76	0,24	sm
	8	1,56 ± 0,05	1,82 ± 0,01	3,35 ± 0,06	1,16	46,56	0,07	m
<i>Oxytropis glandulosa</i>								
	1	1,93 ± 0,09	3,30 ± 0,14	5,22 ± 0,12	1,70	36,97	0,26	sm
	2	1,89 ± 0,08	2,67 ± 0,07	4,68 ± 0,13	1,63	38,03	0,17	sm
	3	1,78 ± 0,08	2,91 ± 0,10	4,51 ± 0,13	1,41	41,90	0,24	m
	4	1,67 ± 0,04	2,51 ± 0,07	4,13 ± 0,12	1,50	40,43	0,44	m
	5	1,67 ± 0,07	2,43 ± 0,09	4,07 ± 0,10	1,45	41,03	0,18	m
	6	1,69 ± 0,06	2,21 ± 0,06	3,93 ± 0,08	1,30	43,00	0,13	m
	7	1,62 ± 0,05	2,10 ± 0,05	3,74 ± 0,09	1,29	43,31	0,12	m
	8	1,56 ± 0,05	1,82 ± 0,01	3,35 ± 0,06	1,16	46,56	0,07	m
<i>O. stukovii</i>								
	1	2,01 ± 0,08	2,86 ± 0,09	4,93 ± 0,14	1,42	40,77	0,17	m
	2	1,65 ± 0,04	2,86 ± 0,10	4,47 ± 0,13	1,73	36,91	0,49	sm
	3	2,09 ± 0,04	2,17 ± 0,07	4,21 ± 0,09	1,73	37,05	0,02	sm
	4	1,56 ± 0,04	2,70 ± 0,09	4,20 ± 0,13	1,58	38,99	0,26	sm
	5	1,63 ± 0,02	2,58 ± 0,04	4,13 ± 0,12	1,03	50,60	0,22	m
	6	1,72 ± 0,06	2,33 ± 0,04	4,09 ± 0,08	1,13	47,18	0,15	m
	7	1,93 ± 0,04	2,20 ± 0,04	3,98 ± 0,10	1,35	43,21	0,06	m
	8	1,64 ± 0,05	1,75 ± 0,04	3,75 ± 0,10	1,28	43,73	0,03	m
<i>O. varlakovii</i>								
	1	1,56 ± 0,15	2,79 ± 0,06	4,36 ± 0,10	1,78	47,12	0,28	m
	2	1,19 ± 0,03	2,65 ± 0,18	4,04 ± 0,08	2,22	32,96	0,38	sm
	3	1,30 ± 0,03	1,94 ± 0,15	3,26 ± 0,09	1,49	42,94	0,19	m
	4	1,33 ± 0,07	1,83 ± 0,07	3,16 ± 0,08	1,49	42,90	0,15	m
	5	1,27 ± 0,04	1,81 ± 0,15	3,09 ± 0,11	1,37	42,91	0,17	m
	6	1,34 ± 0,12	1,74 ± 0,03	3,08 ± 0,07	1,16	46,59	0,12	m
	7	1,35 ± 0,09	1,72 ± 0,06	3,07 ± 0,09	1,27	44,26	0,12	m
	8	1,24 ± 0,07	1,70 ± 0,02	2,97 ± 0,11	1,32	43,36	0,15	m
	9	1,37 ± 0,11	1,59 ± 0,07	2,96 ± 0,07	1,43	41,19	0,07	m
	10	1,17 ± 0,16	1,68 ± 0,12	2,86 ± 0,09	1,37	42,32	0,17	m
	11	1,25 ± 0,09	1,52 ± 0,03	2,78 ± 0,06	1,23	44,64	0,09	m
	12	1,21 ± 0,02	1,49 ± 0,11	2,70 ± 0,08	1,21	44,64	0,10	m
	13	1,11 ± 0,05	1,45 ± 0,10	2,58 ± 0,12	1,30	43,13	0,13	m
	14	1,11 ± 0,09	1,25 ± 0,07	2,38 ± 0,05	1,12	46,41	0,05	m
	15	0,96 ± 0,01	1,18 ± 0,09	2,14 ± 0,7	1,22	44,85	0,10	m
	16	0,74 ± 0,01	0,98 ± 0,02	1,76 ± 0,09	1,32	40,00	0,13	m

Индекс центромерной асимметрии Mca наиболее низкий (0,07) у 8 пары хромосом и более высокий (0,44) у 4 пары хромосом (табл. 3).

*O. stukovii* Palibin (секция *Baicalia* Stell. ex Bunge.) – эндемик, вид узколокальных местообитаний со статусом 3 (R) – редкий вид; внесен в Красную книгу Читинской области (Dulerova, 2002). *O. stukovii* встречается на территории Байкальской Сибири и на прилегающей части Монголии (Хангайский и Восточно-Монгольский

битаний со статусом 3 (R) – редкий вид; внесен в Красную книгу Читинской области (Dulerova, 2002). *O. stukovii* встречается на территории Байкальской Сибири и на прилегающей части Монголии (Хангайский и Восточно-Монгольский

флористические р-ны) (Gubanov, 1996). Вместе с родственным ему *O. lasiopoda* Bunge приурочен к засоленным пустынно-степным участкам, и по происхождению, вероятно, эти виды связаны с древними пустынными или пустынно-степными ландшафтами, к реликтам которых их и следует относить (Malyshev, Peshkova, 1984).

*O. stukovii* в России встречается в Забайкальском крае только по берегам нескольких соленых озер и на солонцеватых степях: в окрест. озер Ножий, Зун-Соктуй и Булун-Цаган, близ сел Ды-

лыгыр, Агинское и Нижний Цасучей (Peshkova, 1979; Dulepova, 2002; Selyutina, Sandanov, 2015). Для *O. stukovii* нами установлено соматическое число хромосом  $2n = 16$ . Хромосомная формула  $2n = 16 = 6m + 10sm$ . Общая длина гаплоидного набора (CL) составила 33,74 мкм. Хромосомы достаточно однородны по размеру, длина хромосом колеблется от  $3,75 \pm 0,10$  мкм до  $4,93 \pm 0,14$  мкм. Индексы внутрихромосомной и межхромосомной асимметрии у *O. stukovii* составили  $A_1 = 0,27$  и  $A_2 = 0,17$ ,  $AI = 0,96$ . Индекс центромерной

Таблица 3

Характеристика кариотипов изученных видов родов *Astragalus* и *Oxytropis*

Вид	2n	Формула кариотипа (2n)	$A_1$	$A_2$	AI	CL, мкм
<i>Astragalus chorinensis</i>	16	2m + 14sm	0,42	0,25	1,84	40,24
<i>Oxytropis glandulosa</i>	16	4m + 12sm	0,30	0,24	1,02	33,63
<i>Oxytropis stukovii</i>	16	6m + 10sm	0,27	0,17	0,96	33,74
<i>Oxytropis varlakovii</i>	32	4m + 28sm	0,27	0,26	1,16	45,81

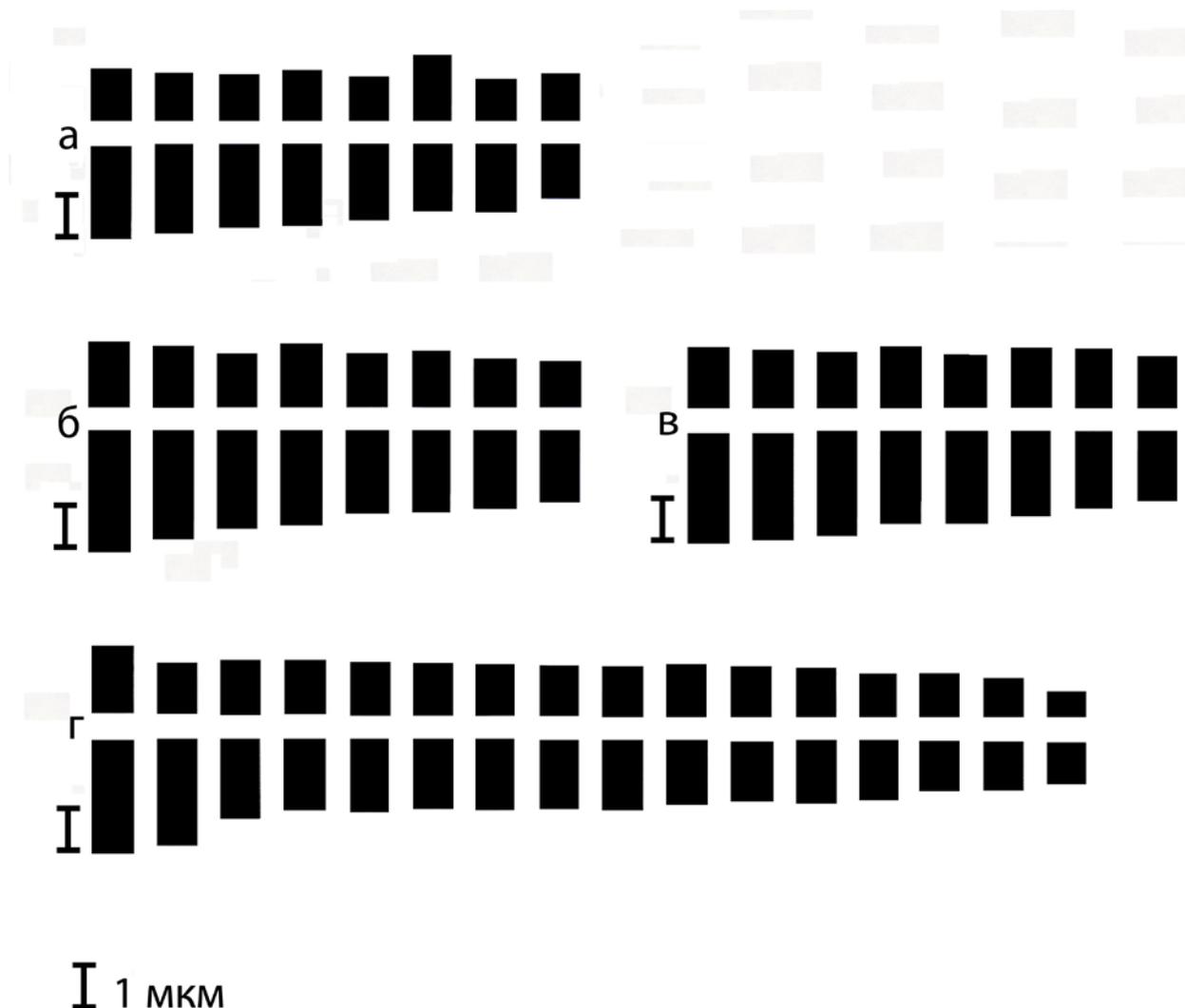


Рис. Идиограммы кариотипов: а – *Astragalus chorinensis*; б – *Oxytropis glandulosa*; в – *Oxytropis stukovii*; г – *Oxytropis varlakovii*.

асимметрии Мса низкий у 3 и 8 пары хромосом (0,02 и 0,03 соответственно) и более высокий у 2 пары (0,49).

*O. varlakovii* Serg. (секция *Polyadena* Bunge) – эндемик Юго-Восточного Забайкалья (Malyshev, Peshkova, 1984). Возможно, является реликтом миоцен-плиоценовой флоры (Peshkova, 1972). Внесен в Красную книгу Иркутской области (Zarubin, 2010) со статусом 2 (V) – уязвимый вид. Растет по берегам соленых озер, на солонцеватых лугах и в степях. Представлен малым числом популяций с небольшим количеством растений в них.

Для *O. varlakovii* нами установлен тетраплоидный цитотип  $2n = 32$ . Данный вид произрастает в Юго-Восточном Забайкалье в суровых условиях ультраконтинентального климата, где занимает хорошо инсолируемые участки с очень скудным влагообеспечением. Вероятно, полиплоидность *O. varlakovii* обеспечивает ему большую приспособляемость к экстремальным условиям существования. Известно, что полиплоидия является одним из механизмов адаптации растений к новым экологическим нишам. Полиплоидные растения обладают большей изменчивостью и приспособляемостью к неблагоприятным условиям среды. Рост уровня плоидности интерпретируется рядом авторов как адаптивная реакция на усиление экологического стресса (Bennett, Leitch, 2005).

Хромосомы *O. varlakovii* относятся к метацентрическому и субметацентрическому типу. Хромосомная формула  $2n = 32 = 4m + 28sm$ . Размеры хромосом варьируют от  $1,74 \pm 0,009$  до  $4,36$  мкм. Суммарная длина гаплоидного набора составила  $33,74$  мкм. Индексы асимметрии  $A_1$  и  $A_2$  составили  $0,27$  и  $0,26$ , соответственно. Индекс асимметрии кариотипа  $AI = 1,16$ . Индекс центральной асимметрии Мса наиболее низкий у 14 пары хромосом (0,05) и более высокий у 2 пары (0,38).

У исследованных нами видов рода *Oxytropis* выявлены следующие числа хромосом: *O. stukovii* –  $2n = 16$ , *O. glandulosa* –  $2n = 16$ , *O. varlakovii* –  $2n = 32$ . Основным числом хромосом у изученных нами видов  $x = 8$ , что согласуется с данными полученными в ряде исследований рода *Oxytropis* (Filipov et al., 2008; Arslanova, Kalashnik, 2009; Ranjbar et al., 2010; Konichenko, Selyutina, 2013; Chepinoga, 2014).

У *O. stukovii* и *O. glandulosa* выявлен средний размер хромосом (табл. 2). Для *O. varlakovii* характерны мелкие хромосомы (0,74–1,56 мкм) по сравнению с другим изученными видами *Oxytropis* (в среднем  $> 2$  мкм) (Martin et al., 2015).

*O. stukovii*, *O. glandulosa* и *O. varlakovii* характеризуются симметричным кариотипом с преобладанием хромосом метацентрического типа, возможно, это является общей чертой для рода *Oxytropis* (Ya-Hui et al., 2011; Martin et al., 2015).

### Выводы

1. В результате проведенных нами исследований установлено, что *Astragalus chorinensis* является диплоидом ( $2n = 16$ ). Для данного вида характерен метацентрический и субметацентрический тип хромосом.

2. У видов рода *Oxytropis* выявлено следующее число хромосом: *O. glandulosa* –  $2n = 16$ , *O. stukovii* –  $2n = 16$ , *O. varlakovii* –  $2n = 32$ . Хромосомы изученных видов относятся к метацентрическому и субметацентрическому типу.

3. Полученные нами результаты по числу и морфологии хромосом у видов родов *Oxytropis* и *Astragalus* представляют интерес для дальнейшего обсуждения вопросов, связанных с анализом распространения цитотипов разной плоидности в отдельных таксономических группах в связи с их эволюцией и географией.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 16-04-01399.

### REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Abdel Samad F., Baumel A., Juin M., Pavon D., Siljak-Yakovlev S., Medial F., BouDagher Kharrat M.* 2014. Phylogenetic diversity and genome sizes of *Astragalus* (Fabaceae) in the Lebanon biogeographical crossroad. *Plant. Syst. Evol.* 300: 819–830.
- Arano H., Saito H.* 1980. Cytological studies in family Umbelliferae 5. Karyotypes of seven species in subtribe Seselinae. *Chromosoma* 2, 17: 471–480.
- Arslan E., Ertugrul K., Tugay O., Dural H.* 2012. Karyological studies of the genus *Onobrychis* Mill. and the related genera *Hedysarum* L. and *Sartoria* Boiss. & Helder. (Fabaceae, Hedysareae) from Turkey. *Cytologia* 65(1): 11–17.

**Arslanova L. R., Kalashnik N. A.** 2009. Karyology of South Ural species of *Oxytropis* DC. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of the Orenburg State University]* 6: 43–45 [In Russian]. (**Арсланова Л. Р., Калашник Н. А.** Кариология южноуральских видов рода *Oxytropis* DC. // Вестник ОГУ, 2009. № 6. С. 43–45).

**Badr A., Sharawy S. M.** 2007. Karyotype analysis and systematic relationships in the Egyptian *Astragalus* L. (Fabaceae). *International Journal of Botany* 3: 147–159.

**Baziz K., Benamara-Bellagha M., Pustahija F., Brown C. S., Siljak-Yakovlev S., Khalfallah N.** 2014. First karyotype analysis, physical rDNA mapping and genome size assessment in four North African *Astragalus* taxa (Fabaceae). *Turk. J. Bot.* 38: 1248–1258.

**Bennett M. D., Leitch I. J.** 2005. Genome size in plants. In: *The evolution of the genome*. Ed. Gregory. Elsevier, San Diego, 162 pp.

**Chepinoga V. V.** 2014. Chromosome numbers of plant species from Baikal Siberia. Nauka, Novosibirsk, 419 pp. [In Russian]. (**Чепинога В. В.** Хромосомные числа растений флоры Байкальской Сибири. Новосибирск, 2014. 419 с.).

*Chisla khromosom cvetkovykh rasteniy flory SSSR. T. 1. Semeystva Aceraceae – Menyanthaceae. [The number of chromosomes of flowering plants in the flora of the USSR. Vol. 1. Family Aceraceae – Menyanthaceae].* 1990. Nauka, Leningrad, 568 pp. [In Russian]. (*Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Т. 1. Семейства Aceraceae – Menyanthaceae.* Л.: Наука, 1990. 568 с.).

**Dulepova B. I.** 2002. *Oxytropis stukovii* Palibin. In: *Krasnaya kniga Chitinskoy oblasti i Aginskogo Buryatskogo avtonomnogo okruga. Rasteniya [The Red Book of the Chita Region and the Agin-Buryat Autonomous District. Plants]*. Stil, Chita, 107 p. [In Russian]. (**Дуленова Б. И.** Остролодочник Стукова // Красная книга Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа. Растения. Чита: Стиль, 2002. С. 107).

**Filipov E. G., Kulikov P. V., Knjazev M. S.** 2008. The numbers of chromosomes of species of *Astragalus* and *Hedysarum* (Fabaceae) the flora of Russia. *Bot. Zhurn. (Moscow & St. Petersburg)* 10: 1614–1620 [In Russian]. (**Филипов Е. Г., Куликов П. В., Князев М. С.** Числа хромосом видов *Astragalus* и *Hedysarum* (Fabaceae) флоры России // Бот. журн., 2008. № 10. С. 1614–1620).

**Grif V. G., Agapova N. D.** 1986. To method of describing plant karyotypes. *Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad)* 71(4): 550–553 [In Russian]. (**Гриф В. Г., Агапова Н. Д.** К методике описания кариотипов растений // Бот. журн., 1986. Т. 71. № 4. С. 550–553).

**Gubanov I. A.** 1996. *Konspekt flory Vneshnej Mongolii (sosudistye rasteniya) [Synopsis of the flora of Outer Mongolia (vascular plants)]*. Valang, Moscow, 136 pp. [In Russian]. (**Губанов И. А.** Конспект флоры Внешней Монголии (сосудистые растения). М.: Валанг, 1996. 136 с.).

**Kazem Y., Houshmand S., Zamani Dadane G.** 2010. Karyotype analysis of *Astragalus effusus* Bunge (Fabaceae). *Caryologia* 63: 257–261.

**Konichenko E. S., Selyutina I. Yu.** 2013. Chromosome numbers of rare and endemic species of the genus *Oxytropis* (Fabaceae). *Bot. Zhurn. (Moscow & St. Petersburg)* 5: 647–651 [In Russian]. (**Конищенко Е. С., Селютина И. Ю.** Числа хромосом редких и эндемичных видов рода *Oxytropis* (Fabaceae) // Бот. журн., 2013. № 5. С. 647–651).

**Konichenko E. S., Selyutina I. Yu., Dorogina O. V., Sandanov D. V.** 2014. Karyotype studies endemic plant species *Astragalus sericeocanus* Gontsch. (Fabaceae) around Lake Baikal, Siberia. *Caryologia* 67(2): 172–177.

**Krasnikov A. A.** 2004. Methods of preparation of press time preparations for counting the chromosomes of plants. In: *Problemy kariologii, karosistematiki i molekulyarnoy sistematiki rasteniy [Karyotype problems, Karyosystematics and molecular systematics of plants]*. Novosibirsk, 10 pp. [In Russian]. (**Красников А. А.** Методика приготовления временных давленных препаратов для подсчета хромосом растений // Проблемы кариологии, кариосистематики и молекулярной систематики растений. Новосибирск, 2004. 10 с.).

**Krivobokov L. V.** 2013. *Astragalus chorinensis* Bunge. In: *Krasnaya kniga Respubliki Buryatiya: rasteniya i griby [The Red Book of the Republic of Buryatia: Plants and mushrooms]*. BSC SB RAS Publisher, Ulan-Ude, 515–516 pp. [In Russian]. (**Кривобоков Л. В.** Астрагал хоринский // Красная книга Республики Бурятия: Растения и грибы. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. С. 515–516).

**Malyshev L. I., Peshkova G. A.** 1984. *Osobennosti i genezis flory Sibiri [Features and genesis of Siberian flora]*. Nauka, Novosibirsk, 264 pp. [In Russian]. (**Малышев Л. И., Пешкова Г. А.** Особенности и генезис флоры Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. 264 с.).

**Manandhar L., Sakya S. R.** 2004. Cytotaxonomic studies in two species of *Astragalus*. *J. Cytol. Genet.* 5: 13–20.

**Martin E., Duran A., Dinc M., Erisen S., Babaoglu M.** 2008. Karyotype Analyses of four *Astragalus* L. (Fabaceae) species from Turkey. *Phytologia* 90: 133–146.

**Martin E., Erkul S. K., Aytay Z.** 2015. Karyological studies *Oxytropis* (Fabaceae) from Turkey. *Caryologia* 68: 357–362.

**Paszko B.** 2006. A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices. *Plant. Syst. Evol.* 258: 39–48.

- Peruzzi L., Eroglu H.** 2013. Karyotype asymmetry: again, how to measure and what to measure? *Comparative cytogenetics* 7(1): 1–9.
- Peshkova G. A.** 1972. Tertiary relicts in the steppe flora of the Baikal Siberia. In: *Nauchnye chteniya pamyati M. G. Popova. 12–13 chteniya*. [Scientific readings in memory of M. G. Popov. 12–13 reading]. Irkutsk, 25–58 pp. [In Russian]. (**Пешкова Г. А.** Третичные реликты в степной флоре Байкальской Сибири // Научные чтения памяти М. Г. Попова. 12–13 чтения. Иркутск, 1972. С. 25–58).
- Peshkova G. A.** 1979. Family Fabaceae or Leguminosae – Legumes. In: *Flora Tsentralnoy Sibiri. T. 2*. [Flora of the Central Siberia. Vol. 2]. Nauka, Novosibirsk, 585–639 pp. [In Russian]. (**Пешкова Г. А.** Семейство Fabaceae или Leguminosae – Бобовые // Флора Центральной Сибири Т. 2. Новосибирск: Наука, 1979. С. 585–639).
- Peshkova G. A.** 2008. *Oxytropis glandulosa* Turcz. In: *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federacii rasteniya i griby* [The Red Book of the Russian Federation, plants and fungi]. Tovarishestvo nauchnykh izdaniy, Moscow, 253 p. [In Russian]. (**Пешкова Г. А.** Остролодочник железистый // Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 253).
- Ranjbar M., Karamian R., Bayat S.** 2010. New chromosome counts in five species of *Oxytropis* (Fabaceae) in Iran. *Iranian Journal of Botany* 16 (1): 42–48.
- Ranjbar M., Hadidchi A., Riahi H.** 2014. Chromosome number reports in *Astragalus* sect. *Onobrychoidei* (Fabaceae) from Iran. *Taxonomy and Biosystematics* 21: 71–81.
- Romero-Zarco C.** 1986. A new method for estimating karyotype asymmetry. *Taxon* 35: 526–530.
- Sandanov D. V., Chimitov D. G.** 2013. *Oxytropis glandulosa* Turcz. In: *Krasnaya kniga Respubliki Buryatiya: rasteniya i griby* [The Red Book of the Republic of Buryatia: plants and mushrooms]. BSC SB RAS Publisher, Ulan-Ude, 515–516 pp. [In Russian]. (**Санданов Д. В., Чимитов Д. Г.** Остролодочник железистый // Красная книга Республики Бурятия: Растения и грибы. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. С. 526).
- Selyutina I. Yu., Sandanov D. V.** 2015. *Oxytropis stukovii* Palib. – the rare species of *Oxytropis* DC. of the Eastern Zabaikailye. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Buryat State University] 4: 30–34 [In Russian]. (**Селютина И. Ю., Санданов Д. В.** Остролодочник *Oxytropis stukovii* Palib. – редкий вид остролодочника Восточного Забайкалья // Вестник БГУ, 2015. Т. 4. С. 30–34).
- Ya-Hui L., Ying M., Yong-Hong Y., Yong-Ping Y.** 2011. Chromosome number and karyotypes of six *Oxytropis* species (Fabaceae) from the Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Plant Diversity and Resource* 33 (4): 423–431.
- Zarubin A. M.** 2010. *Oxytropis varlakovii* Serg. In: *Krasnaya kniga Irkutskoy oblasti: Sosudistyye rasteniya* [The Red Book of Irkutsk region: vascular plants]. Vremya stranstviy, Irkutsk, 257 p. [In Russian]. (**Зарубин А. М.** Остролодочник Варлакова // Красная книга Иркутской области: сосудистые растения. Иркутск: Время странствий, 2010. С. 257).
- Zuo L., Yuan Q.** 2011. The difference between the heterogeneity of the centromeric index and intrachromosomal asymmetry. *Plant. Syst. Evol.* 297: 141–145.