
**БИОЛОГИЯ
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ**

УДК 581.52.582.572.2

**ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ СЕМЯН ВИДОВ
РОДА *EREMURUS* (XANTHORROEACEAE) ФЛОРЫ УЗБЕКИСТАНА**© 2019 г. В. П. Печеницын¹*, Д. А. Абдуллаев¹, И. Г. Ахмеджанов²¹Ботанический сад при Институте ботаники АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан²Институт биоорганической химии АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан

*e-mail: anandroma@mail.ru

Поступила в редакцию 31.01.2019 г.

После доработки 22.07.2019 г.

Принята к публикации 28.08.2019 г.

Изучены 5 видов рода *Eremurus* M. Bieb. из разных секций (*E. altaicus* (Pall.) Stev., *E. olgae* Regel, *E. regelii* Vved., *E. stenophyllus* (Boiss. et Buhse) Baker, *E. tianschanicus* Pazij et Vved.), интродуцированных в Ботаническом саду при Институте ботаники АН РУз (Ташкент, Узбекистан). Показано, что разнокачественность семян влияет на их всхожесть, размеры листа растений первого года жизни, темпы развития и массу корневища с запасными корнями растений второго года. Независимо от фракции исходных семян распределение корневищ с запасными корнями по массе имеет вид одновыпуклой кривой. Методом флуоресценции хлорофилла установлено, что растения, выращенные из более крупных семян, характеризуются более высоким уровнем метаболизма.

Ключевые слова: род *Eremurus*, корневищные геофиты, разнокачественность семян, уровень метаболизма

DOI: 10.1134/S0033994619040083

Важнейшая задача Ботанических садов на современном этапе – сохранение генофонда редких и исчезающих видов природной флоры, изучение биологии их размножения в целях возможной реинтродукции в места естественного обитания [1–3].

Виды рода *Eremurus* M. Bieb. – корневищные геофиты с мясистыми утолщенными корнями, характеризующиеся эфемероидным ритмом развития. Многие представители этого рода известны как декоративные, пищевые [4, 5] и содержащие летучие и биологически активные соединения [6–8].

Во флоре Узбекистана род *Eremurus* представлен 28 видами [9], 12 из которых занесены в Красную книгу Узбекистана [10]. В связи с этим изучение особенностей семенного размножения представителей эремурусов весьма актуально.

Семенная продуктивность некоторых видов эремурусов изучена рядом авторов [11–13], однако внутривидовая изменчивость растений по качеству семян не исследована. В то же время при изучении грунтовой всхожести семян одних и тех же видов разными авторами приводятся значительно различающиеся показатели. Так, грунтовая всхожесть семян интродуцированных растений *E. olgae* составила в Ташкенте 23.4% [11], тогда как в условиях Симферополя – 60% [12], *E. tianschanicus* в Ташкенте – 19.8% [11], в Алма-Ате – 63.3% [13].

Цель работы – изучить разнокачественность семян видов рода *Eremurus*, ее влияние на всхожесть, развитие сеянцев и связь с общим физиологическим состоянием растений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом служили 5 видов рода *Eremurus*, интродуцированных более 5 лет тому назад в Ботаническом саду Института ботаники АН РУз (Ташкент, Узбекистан) из мест естественного произрастания К.Ш. Тожибаевым, Ф.И. Каримовым [14], А.Р. Батошовым: из секции *Henningia* Boiss. – эремурус Ольги *E. olgae* Regel (Памиро-Алай, Нуратинский хребет) и эремурус тяньшанский *E. tianschanicus* Pazij et Vved. (Зап. Тянь-Шань, Чаткальский хр.); из секции *Eremurus* Boiss. – эремурус алтайский *E. altaicus* (Pall.) Stev. (Зап. Тянь-Шань, Чаткальский хр.), эремурус Регеля *E. regelii* Vved. (Зап. Тянь-Шань, Чаткальский хр.), эремурус узколистый *E. stenophyllus* (Boiss. et Buhse) Baker. (Памиро-Алай, Байсунтау) (систематическое положение приведено по Г.И. Рябовой [4]). Указанные виды выращивались в неполивных условиях.

Посев семян проводили осенью в грунт по 400 шт. в каждом варианте. Площадь делянок – 40 × 50 см. В первый год отмечали всхожесть, размеры первого листа; во второй год – сохранность сеянцев, число листьев, массу корневищ с запасующими корнями и число запасующих корней.

Функциональную активность фотосинтетического аппарата ассимилирующих тканей оценивали по показателям индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ) портативным флуориметром: источник света – светодиод, 450–470 нм; приемник – P–I–N фотодиод; время записи кинетики флуоресценции до 10 мин с разрешением 0.01 [15]. На основе соотношения характеристик ИФХ оценивали степень снижения интенсивности флуоресценции хлорофилла, характеризующую интегральную активность фотосинтетического аппарата:

$$(F_m - F_t) / F_t,$$

где F_m – максимальное значение индукции флуоресценции, F_t – стационарное значение флуоресценции после световой адаптации листа растения [16]. Измерение ИФХ проводили у листьев растений второго года жизни в трехкратной повторности.

Статистическую обработку материала проводили с использованием общепринятых критериев: n – объем выборки, P – доверительная вероятность, r – коэффициент корреляции, V – коэффициент вариации [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение интродуцированных растений выявило значительный диапазон варьирования их основных морфометрических показателей (табл. 1). Наиболее вариабельным у всех видов оказалось число семян – от 40.5% у *E. altaicus* до 95.6% у *E. olgae*. Наименьшей вариабельностью характеризовалась воздушно-сухая масса 1000 семян (далее масса семян) – от 5.6% у *E. altaicus* до 31.4% у *E. olgae*.

По уровню варьирования массы семян, следуя классификации С.А. Мамаева [18], можно выделить следующие группы видов:

- с очень низким уровнем – коэффициент вариации (V) менее 7% (*E. altaicus*);
- со средним уровнем – $V = 13$ –20% (*E. regelii*, *E. stenophyllus* и *E. tianschanicus*);
- с высоким уровнем – $V = 21$ –40% (*E. olgae*).

Отметим, что у изученных видов прослеживается прямая связь между уровнями варьирования числа семян и их массы.

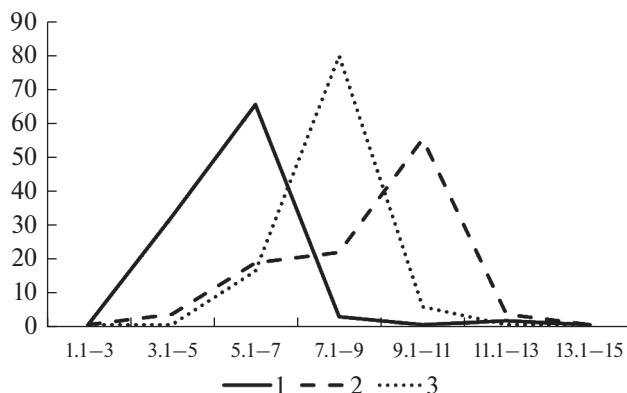
Анализ показал, что распределение растений изученных видов по массе семян имеет вид одновершинной кривой (рис. 1). Наибольшее число растений *E. stenophyllus* характеризуется массой семян 5–7 г, *E. tianschanicus* – 7–9 г, *E. regelii* – 9–11 г.

Представляло интерес выявление корреляционной зависимости массы семян от таких показателей генеративной сферы как завязываемость плодов, число семян на побеге и в плоде. Для видов рода *Eremurus* характерна многоцветковая кисть, в пределах которой плоды образуются неравномерно. В связи с этим корреляционный анализ прово-

Таблица 1. Вариабельность морфометрических показателей генеративных растений изученных видов *Eremurus* в условиях интродукции**Table 1.** Variability of morphometric parameters of generative plants of the studied *Eremurus* species under introduction

Виды Species	<i>n</i>		Число листьев Number of leaves	Число цветков Number of flowers	Завязываемость плодов, % Set of fruit set, %	Число семян Number of seeds	Воздушно-сухая масса 1000 семян, г Air-dry 1000-seed weight, g
<i>Eremurus altaicus</i>	14	min–max <i>V</i> ,%	10–14 9.6	215–484 14	25.3–50.0 20	353–1222 40	10.0–11.8 5.6
<i>E. olgae</i>	10	min–max <i>V</i> ,%	15–53 38	107–570 63	3.0–47.8 49	29–1497 96	4.6–12.4 31
<i>E. regelii</i>	40	min–max <i>V</i> ,%	14–26 21	121–650 34	0.8–75.5 55	6–1453 66	4.7–11.2 18
<i>E. stenophyllus</i>	86	min–max <i>V</i> ,%	15–70 41	127–622 31	6.5–60.8 37	56–1386 58	3.7–11.7 18
<i>E. tianschanicus</i>	19	min–max <i>V</i> ,%	20–42 26	37–498 43	15.1–45.5 32	20–546 46	7.9–8.6 13

дился отдельно для верхней, средней и нижней трети соцветия (табл. 2). Как видно из данных табл. 2, изученные виды значительно различаются, как по наличию достоверных связей между указанными параметрами, так и по их направленности. Среди изученных видов выделяется *E. regelii*, у которого в нижней и средней частях соцветия выявлена прямая довольно тесная корреляционная зависимость массы семян от завязываемости

**Рис. 1.** Распределение растений *E. stenophyllus* (1), *E. regelii* (2) и *E. tianschanicus* (3) по величине воздушно-сухой массы 1000 семян на побеге, %.

По горизонтали – градации массы семян, г.; по вертикали – доля растений, %.

Fig. 1. The distribution of *E. stenophyllus* (1), *E. regelii* (2) and *E. tianschanicus* (3) plants in terms of air-dry 1000-seed weight per shoot, %.

X-axis – seed weight gradation, g; Y-axis – share of plants, %.

Таблица 2. Корреляционная зависимость между массой семян и показателями семенной продуктивности видов *Eremurus***Table 2.** The correlation between the seed weight and indicators of seed productivity of *Eremurus* species

Виды Species	n	Часть соцветия Part of inflorescence	Завязываемость плодов Set of fruit, %	Число семян Number of seeds	
				всего total	в плоде in single fruit
<i>Eremurus altaicus</i> $r_{0.05} \leq 0.53$	14	Нижняя Lower part	0.34	-0.73	-0.58
		Средняя Middle part	-0.35	-0.73	-0.33
		Верхняя Top part	0.37	0.18	0.11
<i>E. olgae</i> $r_{0.05} \leq 0.63$	10	Нижняя Lower part	0.01	0.65	-0.26
		Средняя Middle part	-0.38	-0.09	-0.50
		Верхняя Top part	-0.42	-0.33	-0.27
<i>E. regelii</i> $r_{0.05} \leq 0.34$	33	Нижняя Bottom part	0.72	0.72	0.004
		Средняя Middle part	0.62	0.57	0.23
		Верхняя Top part	0.30	0.43	0.27
<i>E. stenophyllus</i> $r_{0.05} \leq 0.21$	86	Нижняя Lower part	-0.04	-0.09	-0.20
		Средняя Middle part	-0.08	-0.05	-0.28
		Верхняя Top part	0.24	0.07	-0.61
<i>E. tianschanicus</i> $r_{0.05} \leq 0.46$	19	Нижняя Lower part	0.03	-0.35	-0.23
		Средняя Middle part	-0.10	-0.20	-0.16
		Верхняя Top part	0.37	-0.16	-0.50

Примечание: выделены достоверные значения коэффициента корреляции ($P < 0.05$).Note: statistically significant correlation coefficient values are highlighted ($P < 0.05$).

мости плодов и числа семян, в верхней части соцветия – от числа семян. У *E. altaicus* выявлена отрицательная зависимость, при этом в нижней трети соцветия масса семян зависит от числа семян на побеге и в плоде, в средней – только от числа семян на побеге.

У *E. stenophyllus* корреляционные связи оказались наиболее слабыми среди видов секции *Eremurus*. Для верхней части соцветия установлена обратная зависимость массы семян от их числа в плоде и очень слабая положительная связь массы семян с завязываемостью плодов. В средней части соцветия выявлена слабая отрицательная связь массы семян с их числом в плоде. В отличие от *E. regelii* и *E. altaicus*, у *E. stenophyllus* масса семян не зависит от их общего числа.

Таблица 3. Влияние массы семян видов *Eremurus* на их всхожесть и размеры листа сеянцев
Table 3. The effect of *Eremurus* species seed weight on germination and leaf size of seedlings

Виды Species	Параметры семян Seed parameters			Параметры листа, $n = 30$ Leaf parameters, $n = 30$	
	Фракция Fraction	Воздушно-сухая масса 1000 семян, г Air-dry 1000-seed weight, g	Всхожесть, % Germination, %	Длина, см Length, cm	Ширина, мм Width, mm
<i>Eremurus altaicus</i>	Мелкие Small	9.1	75 ± 2	11.3 ± 0.2	1.4 ± 0.07
	Средние Medium	10.3	66 ± 2a	11.3 ± 0.2	1.8 ± 0.06a
	Крупные Large	12.6	81 ± 2b	12.2 ± 0.2b	2.0 ± 0.04b
<i>E. olgae</i>	Мелкие Small	3.1	34 ± 2	14.8 ± 0.5	1.4 ± 0.07
	Средние Medium	7.0	86 ± 2a	18.9 ± 0.3a	2.3 ± 0.01a
	Крупные Large	8.5	66 ± 2b	18.3 ± 0.4a	2.7 ± 0.01b
<i>E. regelii</i>	Мелкие Small	5.9	40 ± 2	11.5 ± 0.3	1.3 ± 0.07
	Средние Medium	10.1	82 ± 2a	14.2 ± 0.2a	1.9 ± 0.05a
	Крупные Large	12.1	87 ± 2a	17.8 ± 0.3b	2.0 ± 0.00a
<i>E. stenophyllus</i>	Мелкие Small	3.4	50 ± 3	14.5 ± 0.4	1.1 ± 0.05
	Средние Medium	5.1	87 ± 2a	15.2 ± 0.3	1.4 ± 0.07a
	Крупные Large	6.7	95 ± 1b	17.1 ± 0.2b	1.7 ± 0.06b
<i>E. tianschanicus</i>	Мелкие Small	5.3	41 ± 2	16.6 ± 0.3	2.3 ± 0.08
	Средние Medium	7.0	67 ± 2a	16.4 ± 0.3	2.6 ± 0.07a
	Крупные Large	9.0	88 ± 2b	16.2 ± 0.3	2.9 ± 0.07b

Примечание: *a* – значения, достоверно отличающиеся от показателей растений из мелких семян ($P < 0.05$); *b* – значения, достоверно отличающиеся от показателей растений из мелких и средних семян ($P < 0.05$).

Note: *a* – values that are significantly different from those of plants from small seeds ($P < 0.05$); *b* – values that are significantly different from those of plants from small- and medium-size seeds ($P < 0.05$).

У *E. olgae* и *E. tianschanicus* из секции *Henningia* корреляционная зависимость выявлена только в одном случае, чем они отличаются от рассмотренных выше видов секции *Eremurus*.

Для изучения влияния массы на всхожесть семена каждого вида были рассортированы на условно крупные, средние и мелкие. Для каждой фракции определяли массу семян. Результаты наблюдений за сеянцами первого года представлены в табл. 3. Анализ полученных данных показал, что у изученных видов всхожесть семян разных

Таблица 4. Морфометрические показатели двулетних растений изученных видов *Eremurus* в зависимости от фракции исходных семян**Table 4.** Morphometric parameters of the two-year old plants of the studied *Eremurus* species depending on the fraction of the original seeds

Виды Species	Фракция семян Seed fraction	Выживаемость однолетних растений, % Survival of 1-year old plants, %	Среднее число листьев Average number of leaves	Распределение растений по числу листьев, % The distribution of plants by the number of leaves, %			
				1 лист 1 leaf	2 листа 2 leaves	3 листа 3 leaves	4 листа 4 leaves
<i>Eremurus altaicus</i>	Мелкие Small	100.0	1.4 ± 0.03	58 ± 3	42 ± 3	—	—
	Средние Medium	96.6	1.5 ± 0.03	51 ± 3	49 ± 3	—	—
	Крупные Large	100.0	1.5 ± 0.03	51 ± 3	49 ± 3	—	—
<i>E. olgae</i>	Средние Medium	98.6	1.6 ± 0.03	53 ± 3	45 ± 3	1.1 ± 0.5	0.3 ± 0.3
	Крупные Large	99.2	1.8 ± 0.03 ^a	27 ± 3 ^a	70 ± 3 ^a	3 ± 1	0.4 ± 0.3
<i>E. regelii</i>	Средние Medium	97.9	1.5 ± 0.03	47 ± 3	53 ± 3	—	—
	Крупные Large	99.4	1.5 ± 0.03	48 ± 3	52 ± 3	—	—
<i>E. stenophyllus</i>	Средние Medium	99.7	1.7 ± 0.03	30 ± 2	68 ± 2	2.3 ± 0.8	—
	Крупные Large	100.0	1.9 ± 0.02 ^a	17 ± 2 ^a	79 ± 2 ^a	3.7 ± 0.9	0.5 ± 0.4
<i>E. tianschanicus</i>	Средние Medium	100.0	1.7 ± 0.03	27 ± 3	72 ± 3	0.8 ± 0.5	—
	Крупные Large	99.4	1.8 ± 0.02	23 ± 2	76 ± 2	1.4 ± 0.6	—

Примечание: *a* – значения, достоверно отличающиеся от показателей растений из средних семян ($P < 0.05$).
Note: *a* – values that are significantly different from those of plants from medium-size seeds ($P < 0.05$).

фракций изменяется в пределах от 34–40 до 80–95%. С уменьшением массы семян наблюдается снижение грунтовой всхожести. У всех видов, кроме *E. altaicus*, различия по всхожести семян крайних групп достигали ~2-х крат.

Морфометрический анализ листа сеянцев первого года жизни показал, что практически у всех видов наблюдается закономерное увеличение его длины и ширины с увеличением массы семян. При этом ширина, в большинстве случаев, оказалась более лабильной, чем длина. Так, у *E. altaicus* длина увеличивается в среднем в 1.1 раза, ширина – в 1.4 раза, у *E. olgae* – в 1.2 и 1.9 раза, у *E. stenophyllus* – в 1.2 и 1.5 раза соответственно, у *E. tianschanicus* при неизменной длине ширина возрастает в 1.2 раза. В связи с низкой всхожестью мелких семян данные варианты опыта значительно отличались от других по густоте сеянцев. По этой причине результаты наблюдений за такими вариантами далее не приводятся.

Таблица 5. Характеристика корневищ с запасующими корнями двулетних растений изученных видов *Eremurus* в зависимости от фракции исходных семян**Table 5.** Characteristics of the rhizomes with storage roots of the two-year old plants of the studied *Eremurus* species depending on the fraction of the original seeds

Виды Species	Фракция семян Seed fraction	n	Число запасующих корней The number of storage roots	Корневища с запасующими корнями Rhizomes with storage roots								
				Масса, г Mass, g		Распределение по массе, % Distribution of by weight, %						
				$M \pm m$	V	≤ 1 г ≤ 1 g	1.1–2 г 1.1–2 g	2.1–4 г 2.1–4 g	4.1–6 г 4.1–6 g	6.1–8 г 6.1–8 g	8.1–10 г 8.1–10 g	>10 г >10 g
<i>Eremurus altaicus</i>	М	268	2.0 ± 0.04	2.9 ± 0.07	38	4 ± 1	9 ± 2	70 ± 3	16 ± 2	1.5 ± 0.7	–	–
	Ср	241	2.2 ± 0.04	3.0 ± 0.08	40	0	13 ± 2	65 ± 3	22 ± 3	0.8 ± 0.6	–	–
	К	309	2.0 ± 0.02a	3.9 ± 0.06a	27	0	7 ± 1a	45 ± 3a	37 ± 3a	11 ± 2a	–	–
<i>E. olgae</i>	Ср	337	2.1 ± 0.02	3.1 ± 0.1	60	9 ± 2	45 ± 3	26 ± 2	8 ± 1	8 ± 2	3 ± 1	–
	К	291	2.2 ± 0.03a	4.4 ± 0.1a	47	4 ± 1a	1.0 ± 0.6a	60 ± 3a	8 ± 2	23 ± 2a	0a	4 ± 1
<i>E. regelii</i>	Ср	290	2.0 ± 0.01	2.1 ± 0.06	46	10 ± 2	57 ± 3	29 ± 3	4 ± 1	–	–	–
	К	322	2.2 ± 0.02a	2.9 ± 0.06a	36	17 ± 2a	2.8 ± 0.9a	67 ± 3a	13 ± 2a	–	–	–
<i>E. stenophyllus</i>	Ср	346	2.2 ± 0.03	4.1 ± 0.1	65	12 ± 2	7 ± 1	43 ± 3	7 ± 1	20 ± 2	11 ± 2	–
	К	384	2.3 ± 0.03	5.1 ± 0.1a	57	0a	10 ± 2	50 ± 3	0.3 ± 0.3a	13 ± 2	27 ± 2a	–
<i>E. tianschanicus</i>	Ср	270	2.2 ± 0.3	4.9 ± 0.2	59	3 ± 1	4 ± 1	48 ± 3	7 ± 2	24 ± 3	0	14 ± 2
	К	344	2.2 ± 0.02	5.6 ± 0.2a	62	0a	6 ± 1	26 ± 2a	36 ± 3a	0a	12 ± 2a	20 ± 2

Примечание. Фракции семян: М – мелкие, Ср – средние, К – крупные. a – значения, достоверно отличающиеся от показателей растений из средних семян ($P < 0.05$).

Note. Seed fractions: M – small, Ср – medium, K – large. a – Values that are significantly different from those of plants from medium-size seeds ($P < 0.05$).

Наблюдения за растениями второго года жизни выявили их высокую сохранность у всех видов независимо от фракции исходных семян (табл. 4). Среди изученных видов выделяются две группы:

– виды, у которых масса семян не влияет на начальные темпы развития растений – *E. altaicus*, *E. regelii* и *E. tianschanicus*;

– виды, у которых более крупный размер семян способствовал ускоренному развитию растений – *E. olgae* и *E. stenophyllus*. Достоверные различия в среднем числе листьев достигались за счет большего числа растений с двумя листьями ($P < 0.05$).

После окончания вегетации растения были выкопаны и проанализированы по массе корневищ с запасующими корнями (далее масса корневищ) и числу запасующих корней (табл. 5). Оказалось, что различия между вариантами опыта по числу запасующих корней у двулетних растений были незначительные и статистически значимыми оказались только у *E. olgae* и *E. regelii*. Значительно большие различия наблюдались по массе корневищ, средняя величина которой у всех видов была достоверно выше у растений из крупных семян. У *E. olgae* и *E. regelii* различия достигали 38–41%, у *E. stenophyllus* и *E. altaicus* – 24–30%, у *E. tianschanicus* – 11%. Почти во всех случаях произошло достоверное снижение доли самых мелких (весом менее 2 г) и увеличение самых крупных корневищ (весом более 4 г). Кроме того, у *E. olgae*, *E. regelii* и *E. tianschanicus* виден явно выраженный сдвиг максимума в распределении массы корневищ с градации 2.1–4 г на градацию 4.1–6 г (табл. 5). Обращает на себя внимание значительный диапазон массы двулетних корневищ – от долей грамма до 10.5 г. При этом коэффи-

Таблица 6. Параметры индукции флуоресценции хлорофилла листьев сеянцев видов *Eremurus* в зависимости от фракции исходных семян**Table 6.** Chlorophyll fluorescence induction parameters of seedling leaves of *Eremurus* species depending on the fraction of the original seeds

Виды Species	Фракция семян Seed fraction	ИФХ $((F_m - F_f)/F_f)$ Chlorophyll fluorescence induction
<i>Eremurus olgae</i>	Мелкие Small	0.762
	Крупные Large	1.313
<i>E. regelii</i>	Мелкие Small	0.968
	Крупные Large	1.109

циент вариации массы был ниже у растений из крупных семян (за исключением *E. tianschanicus*).

Для оценки физиологического состояния растений и их жизнеспособности известны различные способы. Одним из эффективных экспериментальных подходов, способных обеспечить возможность наблюдать в условиях *in vivo* физиологическое состояние растений без деструкции их нативной структуры и оценить их жизнеспособность, является метод флуоресценции хлорофилла [16]. В связи с этим он был использован для выявления зависимости физиологического состояния растений второго года жизни (на примере двух видов – *E. olgae* и *E. regelii*) от массы семян, из которых они были выращены (табл. 6). Результаты измерений, выполненных при помощи портативного флуориметра, показали, что растения, полученные из крупных семян, у обоих видов характеризуются более высоким средним значением показателя ИФХ. Различия у *E. olgae* достигают 72%, у *E. regelii* 14%.

Таким образом, изучение 5 интродуцированных видов *Eremurus* флоры Узбекистана выявило наличие у них внутрипопуляционной гетерогенности как по числу листьев, так и по основным показателям генеративной сферы: числу цветков, завязываемости плодов, числу семян на побеге и массе семян. Число растений, у которых масса семян отклоняется от средних значений, достигает 35%. Проведенный анализ показал, что масса семян коррелирует с завязываемостью плодов, общим числом семян и содержанием их в плоде. Установлено, что многоцветковому соцветию эремурусов присуща определенная вертикальная неоднородность, которая выражается в том, что корреляционные связи проявляются по-разному в верхней, средней или нижней части соцветия. Выявленные связи в большинстве случаев носят отрицательный характер. Среди изученных видов резко выделяется *E. regelii* как положительной направленностью связей, так и тем, что они выявляются почти во всех частях соцветия.

Разнокачественность семян влияет на их всхожесть, длину и особенно ширину листа растений первого года жизни, темпы развития растений второго года, массу корневищ растений второго года жизни и ее вариабельность. Примечательно, что характер распределения корневищ по массе независимо от фракции исходных семян имеет одновершинный характер.

Можно предположить, что различия в темпах развития растений из семян сходной массы объясняется как положением семязачатка в завязи, так и самой завязи на оси соцветия.

Выявленные различия в величине показателей ИФХ растений *E. olgae* и *E. regelii* указывают на более высокий уровень метаболизма особей, выращенных из крупных семян [19, 20]. Это проявляется в более высокой всхожести крупных семян, величине листа растений первого года жизни, темпах развития и массе корневищ с запасующими корнями растений второго года.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование 5 интродуцированных видов рода *Eremurus* флоры Узбекистана позволяет сделать следующие выводы:

1. Наиболее вариабельным показателем у всех видов является число семян, коэффициент вариации которого составляет от 40.5% у *E. altaicus* до 95.6% у *E. olgae*; наименее вариабельным – воздушно-сухая масса 1000 семян, коэффициент вариации которой изменяется от очень низкого уровня ($V = 5.6\%$) у *E. altaicus* до высокого у *E. olgae* ($V = 31.4\%$).

2. Изученные виды значительно различаются по наличию и направленности связей между массой семян и показателями семенной продуктивности (завязываемость плодов, число семян на побеге и в плоде). Наиболее четко проявляется связь массы семян с их общим числом (реже с завязываемостью плодов) в нижней и средней частях соцветия. У некоторых видов (*E. regelii*, *E. olgae*) она является положительной, у других – отрицательной (*E. altaicus*).

3. Всхожесть семян разных фракций у изученных видов изменяется в пределах от 34–40 до 80–95%. С уменьшением массы семян (от наиболее крупных до наиболее мелких) их грунтовая всхожесть у всех видов, кроме *E. altaicus*, снижается почти в 2 раза.

4. Масса семян не влияет на начальные темпы развития растений *E. altaicus*, *E. regelii* и *E. tianschanicus*; ускоренное развитие растений второго года, выращенных из крупных семян (увеличение среднего числа листьев), наблюдалось у *E. olgae* и *E. stenophyllus*.

5. У всех видов средняя масса корневищ с запасующими корнями была достоверно выше у растений из крупных семян. У *E. olgae* и *E. regelii* различия достигали 38–41%, у *E. stenophyllus* и *E. altaicus* – 24–30%, у *E. tianschanicus* – 11%.

6. Растения из крупных семян характеризуются более высоким уровнем метаболизма с превышением показателей ИФХ растений из мелких семян у *E. olgae* на 72%, у *E. regelii* – на 14%.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены в рамках государственного фундаментального проекта ВА-ФА-Ф-5-008 “Научные основы сохранения генофонда редких эндемичных видов флоры Узбекистана *ex situ* и биология их размножения” (2017–2020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидов А.С., Потапова С.А. 2013. Стратегические задачи ботанических садов России в области сохранения биоразнообразия растений. В сб.: Сады в наших сердцах. Жизнь в гармонии: ботанические сады и общество – диалог без границ. Матер. 3-й Международной конф. Тверь. 52–58.
2. Горбунов Ю.Н., Швецов А.Н., Шатко В.Г. 2015. Роль ботанических садов России в сохранении генофонда редких и исчезающих растений. – Бюллетень Главного Ботанического сада. 2(201): 94–103. <http://bgbs.tgizd.ru/ru/arhiv/14089>
3. Mlilo C. 2015. Conservation of plant biodiversity of Namatimbili forest in the southern coastal forests of Tanzania. – Int. J. Biodivers. Conserv. 7(3): 148–172. <https://doi.org/10.5897/IJBC2014.0771>
4. Рябова Т.И. 1977. *Eremurus* Vieb. – Эремурус, или ширяш. В кн.: Декоративные травянистые растения для открытого грунта. Т. 2. Ленинград. С. 51–83.

5. *Schiappacasse F., Szigeti J.C., Manzano E., Kamenetsky R.* 2013. *Eremurus* as a new cut flower crop in Aysen, Chile: Introduction from the Northern Hemisphere. – *Acta Horticulturae*. 1002: 115–122. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1002.13>
6. *Karakaya L., Akgül Y., Nalbantsoy A.* 2017. Chemical constituents and *in vitro* biological activities of *Eremurus spectabilis* leaves. – *Natural product research*. 31(15): 1786–1791. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1292268>
7. *Karaman K., Polat B., Öztürk I., Sağdic O., Özdemir C.* 2011. Volatile compounds and bioactivity of *Eremurus spectabilis* (ciris), a Turkish wild edible vegetable. – *Journal of medicinal food*. 14(10): 1238–1243. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0262>
8. *Rossi D., Ahmed K.M., Gaggeri R. and all.* 2017. (R)-(-)-Aloesaponol III 8–methyl ether from *Eremurus persicus*: A novel compound against leishmaniosis. – *Moleculus*. 22(4): 519. <https://doi.org/10.3390/molecules22040519>
9. *Хасанов Ф.О.* Список обработанных семейств. 2016. В: Естественная флора сосудистых растений Узбекистана (Хвошевидные (Equisetophyta).— Однодольные (Monocotyledones). Отчет о НИР по проекту Ф5–ФА–0–64792. Ташкент. 26 с.
10. *Красная книга Республики Узбекистан.* 2009. Т. 1. Растения и грибы. Ташкент. 356 с. http://ashipunov.info/shipunov/school/books/kr_kn_resp_uzbekistan_rast_griby_2009.pdf
11. *Титова О.А.* 1969. Изучение морфологии и биологии видов рода *Eremurus* М.В. в условиях Ташкента. Дисс. ... канд. биол. наук. Ташкент. 189 с.
12. *Лысякова Н.Ю., Иванова А.Г., Курничева Л.Ф.* 2009. Биоморфологическая и цитоэмбриологическая характеристика рода *Eremurus* в Предгорном Крыму.— Экосистемы, их оптимизация и охрана. 1(20): 88–93. http://ekosystems.cfuw.ru/wp-content/uploads/2016/11/E1_12.pdf
13. *Ахметова Н.А.* 1993. Интродукция казахстанских видов рода *Eremurus* Vieb. в предгорья Залийского Алатау: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Алма-Ата. 16 с.
14. *Каримов Ф.И.* 2016. Однодольные геофиты Ферганской долины: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Ташкент. 75 с.
15. *Ахмеджанов И.Г., Агишев В.С., Джолдасова К.Б., Таимухамедов Б.А.* 2013. Применение портативного флуориметра для исследования влияния водного дефицита на характеристики замедленной флуоресценции листьев хлопчатника. – *Докл. АН РУз*. 3: 58–60.
16. *Корнеев Д.Ю.* 2002. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев. 188 с. http://www.oocities.org/photosynthesis_kiev/Корнеев_book.pdf
17. *Лакин Г.Ф.* 1990. Биометрия. Москва. 312 с. https://mf.bmstu.ru/info/faculty/lt/caf/lt1/soil_books/uchebnik10.pdf
18. *Мамаев С.А.* 1973. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений: (на примере семейства Pinaceae на Урале). М. 282 с.
19. *Posudin Yu.I., Godlevska O.O., Zaloilo I.A., Kozhem'yako Ya.V.* 2010. Application of portable fluorometer for estimation of plant tolerance to abiotic factors. – *Int. Agrophysics*. 24(4): 363–368. <http://www.international-agrophysics.org/Application-of-portable-fluorometer-for-estimation-of-plant-tolerance-to-abiotic.106396,0,2.html>
20. *Kalaji M.H., Guo P.* 2008. Chlorophyll fluorescence: A useful tool in barley plant breeding programs. In: *Photochemistry research progress*. New York. 439–463.

Intrapopulation Seed Heterogeneity of *Eremurus* (Xanthorrhoeaceae) Species from Uzbekistan

V. P. Pechenitsyn^{a, *}, D. A. Abdullaev^a, and I. G. Akhmedzhanov^b

^a*Botanical Garden at the Institute of Botany of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

^b*Institute of Bioorganic Chemistry of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

*e-mail: anandroma@mail.ru

Abstract—The quality of seeds of 5 species of the genus *Eremurus* M. Bieb. from different sections, grown under introduction (*E. altaicus* (Pall.) Stev., *E. olgae* Regel, *E. regelii* Vved., *E. stenophyllus* (Boiss. et Buhse) Baker, *E. tianschanicus* Pazij et Vved.) was studied. The significant variability of generative plants by the number of leaves and flowers in the inflorescence, fruit set, the number of seeds per shoot and their weight is shown. The analysis revealed that the seed weight correlates with the fruit set, total number of seeds and their num-

ber per fruit. It was found that inflorescence of *Eremurus* is characterized by a sort of zonality, expressed by specific correlation patterns in the upper, middle and lower parts of the inflorescence. It is shown that the quality of seeds affects germination and leaf size in one-year old plants, and development and weight of rhizomes with storage roots in two-year old plants. Using chlorophyll fluorescence method it was established that plants grown from larger seeds are characterized by a higher level of metabolism. It is expressed by higher rates of seed germination and leaf size in plants of the first year of life, and in the second-year plants - by higher rates of development and weight of rhizomes with storage roots.

Keywords: *Eremurus*, rhizomatous geophytes, seeds of varying quality, metabolic rate

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out in the frame of the state fundamental project BA-ΦA-Φ-5-008 – Scientific basis for the preservation of the gene pool of *ex situ* rare endemic species of flora of Uzbekistan and the biology of their reproduction (2017–2020).

REFERENCES

1. Demidov A.S., Potapova S.A. 2013. The strategic objectives of the botanical gardens of Russia in conserving plant biodiversity. In: Sady v nashikh serdtsakh. Zhizn v garmonii: botanicheskie sady i obshchestvo – dialog bez granits. Materialy 3-yey mezhdunarodnoy konferentsii. Tver. P. 52–58. (In Russian)
2. Gorbunov Yu.N., Shvetsov A.N., Shatko V.G. 2015. The role of botanical gardens of Russia in preservation of the gene pool of rare and endangered plants. – Bulletin of the Central Botanical Garden. 2(201): 94–103. (In Russian) <http://bgbs.tgizd.ru/en/arhiv/14089>
3. Mligo C. 2015. Conservation of plant biodiversity of Namatimbili forest in the southern coastal forests of Tanzania. – Int. J. Biodivers. Conserv. 7(3): 148–172. <https://doi.org/10.5897/IJBC2014.0771>
4. Ryabova T.I. 1977. *Eremurus* Bieb. – *Eremurus*, or Shiryash [*Eremurus* Bieb.]. In: Dekorativnye travyanistyye rasteniya dlya otkrytogo grunta. T. 2. Leningrad. 51–83. (In Russian)
5. Schiappacasse F., Szigeti J.C., Manzano E., Kamenetsky R. 2013. *Eremurus* as a new cut flower crop in Aysen, Chile: Introduction from the Northern Hemisphere. – Acta Horticulturae. 1002: 115–122. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1002.13>
6. Karakaya L., Akgül Y., Nalbantsoy A. 2017. Chemical constituents and *in vitro* biological activities of *Eremurus spectabilis* leaves. – Natural product research. 31(15): 1786–1791. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1292268>
7. Karaman K., Polat B., Öztürk I., Sağdıç O., Özdemir C. 2011. Volatile compounds and bioactivity of *Eremurus spectabilis* (ciris), a Turkish wild edible vegetable. – Journal of medicinal food. 14(10): 1238–1243. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0262>
8. Rossi D., Ahmed K.M., Gaggeri R. and all. 2017. (R)-(–)-Aloesaponol III 8–methyl ether from *Eremurus persicus*: A novel compound against leishmaniasis. – Moleculus. 22(4): 519. <https://doi.org/10.3390/molecules22040519>
9. Khasanov F.O. List of processed families. 2016. In: V: Estestvennaja flora sosudistyh rastenij Uzbekistana (Hvoshhevidnye (Equisetophyta) – Odnodolnye (Monocotyledones)). – Otchet o NIR po proektu F5-FA-0-64792. Tashkent. 26 p. (In Russian)
10. Krasnaya kniga Respubliki Uzbekistan. 2009. T.I. Rasteniya i griby [The Red Data Book of the Republic of Uzbekistan. V.I Plants and fungi]. Tashkent. 356 p. http://ashipunov.info/shipunov/school/books/kr_kn_resp_uzbekistan_rast_griby_2009.pdf
11. Titova O.A. 1969. Izucheniye morfologii i biologii vidov roda *Eremurus* M.B. v usloviyakh Tashkenta. Dis. ... kand. biol. nauk [Study of the morphology and biology of species of the genus *Eremurus* M.B. in Tashkent. Diss. ... Cand. (Biology) Sci.]. Tashkent. 189 p. (In Russian)
12. Lysyakova N.Yu., Ivanova A.G., Kirpicheva L.F. 2009. Biomorphological and cytoembryological characteristics of the genus *Eremurus* in the premountain Crimea. – Optimization and protection of ecosystems. 1(20):88–93. (In Russian) http://ecosystems.cfuw.ru/wp-content/uploads/2016/11/E1_12.pdf
13. Akhmetova N.A. 1993. Introdukciya kazakhstanskikh vidov roda *Eremurus* Bieb. v predgorya Zailiyskogo Alatau: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk [Introduction of Kazakh species of the genus *Eremurus* Bieb. in the foothills of the Trans–Ili Alatau: Abstr. ... Diss. Cand. (Biology) Sci.]. Alma–Ata. 16 p. (In Russian)

14. *Karimov F.I.* 2016. Odnodolnye geofity Ferganskoy doliny: Avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk. [Monocotyledonous geophytes of the Fergana Valley: Abstr. ... Diss. Doct. (Biology) Sci.] Tashkent. 75 p. (In Russian)
15. *Akhmedzhanov I.G., Agishev V.S., Dzholdasova K.B., Tashmukhamedov B.A.* 2013. The use of a portable fluorometer to study the effect of water deficiency on the characteristics of delayed fluorescence of cotton leaves. – *Doklady Akademii nauk Respubliki Uzbekistan*. 3: 58–60. (In Russian)
16. *Korneev D.Yu.* 2002. Informacionnye vozmozhnosti metoda induksii fluorestsentsii hlorofilla [Information capabilities of chlorophyll fluorescence induction method]. Kiev. 188 p. (In Russian) http://www.oocities.org/photosynthesis_kiev/Kornyeyev_book.pdf
17. *Lakin G.F.* 1990. Biometriya [Biometrics]. Moscow. 352 p. (In Russian) https://mf.bmstu.ru/info/faculty/lt/caf/lt1/soil_books/uchebnik10.pdf
18. *Mamaev S.A.* 1970. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy: (na primere semeystva Pinaceae na Urale) [Forms of intraspecific variability of woody plants: (by the example of the Pinaceae family in the Urals)]. Moscow. 282 p. (In Russian)
19. *Posudin Yu.I., Godlevska O.O., Zaloilo I.A., Kozhemyako Ya.V.* 2010. Application of portable fluorometer for estimation of plant tolerance to abiotic factors. – *Agrophysics*. 24(4): 363–368. <http://www.international-agrophysics.org/Application-of-portable-fluorometer-for-estimation-of-plant-tolerance-to-abiotic,106396,0,2.html>
20. *Kalaji M.H., Guo P.* 2008. Chlorophyll fluorescence: A useful tool in barley plant breeding programs. In: *Photochemistry research progress*. New York. 439–463.