

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
СЕМЯН ПЛОСКОВЕТОЧНИКА ВОСТОЧНОГО
(*PLATYCLADUS ORIENTALIS* (L.) FRANCO)
В КРЫМУ**

Захаренко Г.С., Салогуб Р.В., Севастьянов В.Е.

*Институт «Агротехнологическая академия»,
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Республика Крым, г. Симферополь, Россия, e-mail: supressus@inbox.ru*

Плосковеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), выращиваемый в Крыму уже более 200 лет и широко используемый в декоративном садоводстве и лесоразведении относится у нас к наименее изученным в биологическом отношении видам. В результате изучения изменчивости морфологических признаков семян *Platycladus orientalis* выявлено наличие четырёх цветосеменных форм, отличающихся по интенсивности окраски и цвету семян. Средняя длина и толщина семени на индивидуальном уровне варьируют от 4,95 до 7,11 мм и от 2,70 до 3,90 мм соответственно при более высоком (до повышенного) уровне изменчивости толщины семени. У большинства деревьев (72 %) достоверно коррелируют только длина семени и протяжённость халазального следа. Средняя протяжённость халазального следа (рубчика) составляет от 3,1 до 5,9 мм и у семян большинства деревьев характеризуется повышенным уровнем изменчивости. Семена *Platycladus orientalis* на уровне дерева однообразны как по окраске, так и по форме, что подтверждается уровнями изменчивости коэффициентов формы семени K_1 и K_2 . Окраска семени, средняя длина и коэффициенты формы семени K_1 и K_2 могут рассматриваться в качестве статистических признаков-фенов при оценке внутрипопуляционной и межпопуляционной структуры плосковеточника. Сопоставление морфологических признаков шишек и характеристик созревших в них семян показало положительную корреляцию между количеством жизнеспособных семян и длиной тела шишки (90 % деревьев), а общее количество внешне морфологически нормальных семян коррелирует с показателями толщины шишки (70 % деревьев). Корреляции между структурными признаками как собственно семян, так и структурных признаков шишек и семян, созревших в них, свидетельствует о взаимосвязи морфогенетических векторов развития как семян, так и их материнских шишек. Различное проявление тесноты корреляционных связей между признаками указывает на сложность морфогенетических процессов их роста и развития.

Ключевые слова: *Platycladus orientalis*, семена, шишки, морфологическая изменчивость, жизнеспособность семян.

Введение. Представитель монотипного рода плосковеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), естественно распространённый в горных районах Кореи, Северо-западного Китая на высоте от 300

до 3 300 м над уровнем моря, многие века используется в этих и сопредельных странах в декоративном садоводстве и лесомелиоративных насаждениях [12, 13]. После начатого в 1737 году успешного интродукционного испытания в Европе этот вид, благодаря засухоустойчивости, невысокой требовательности к почвенному плодородию, получил широкое распространение на всех континентах в засушливых районах стран с теплоумеренным климатом [13].

В Китае уделяется большое внимание изучению и использованию плосковеточника для создания лесомелиоративных насаждений в горных районах [19]. В связи с этим изучают вопросы семенного размножения и выращивания посадочного материала [16, 20]. Эта порода издавна широко используется в городских насаждениях Пекина, где многовековые деревья взяты под охрану государства [18].

Первый опыт выращивания плосковеточника в России начат в 1809 г. в Акклиматизационном саду В.Н. Каразина в Харьковской области. В течении первых десятилетий он получил распространение в декоративном садоводстве юга страны как легко размножаемое, устойчивое и не требующее интенсивного ухода древесное растение [10].

Массовый научно-производственный опыт использования плосковеточника восточного для лесомелиоративных насаждений в степных районах Крыма был начат в семидесятых годах прошлого века. На больших площадях здесь были созданы его чистые и смешанные с другими засухоустойчивыми лиственными и хвойными породами производственно-экспериментальные лесные культуры, подтвердившие перспективность применения этого вида для создания лесомелиоративных насаждений. По данным обследования лесных культур в степных районах Крыма, площадь только чистых насаждений плосковеточника, имеющих возраст старше 50 лет, здесь превышает 13 га [11].

Результаты многолетнего изучения качества семян плосковеточника, проводимого лесосеменным отделом государственного бюджетного учреждения «Крымлесозащита» в соответствии с требованиями государственных стандартов СССР, свидетельствуют о высоком качестве семян в насаждениях всех районов полуострова. Средняя жизнеспособность в партиях семян в насаждениях крымских лесничеств за период с 2008 по 2015 гг. составляет $73,8 \pm 2,92$ %, с колебанием от 27 до 97 % [2].

Этот вид в условиях культуры характеризуется высокой фенотипической изменчивостью габитуса и строения кроны, морфологических признаков побегов [15]. В условиях культуры у этого вида при семенном размножении выявлено и описано около 50 сортов, вошедших в ассортимент декоративных растений, выращиваемых европейскими питомниками [13, 15]. Устойчивость и наличие большого числа декоративных

форм, различающихся формой роста, строением кроны, окраской листьев, стали основанием для включения плосковеточника в основной ассортимент деревьев и кустарников для зелёного строительства в предгорном и степном Крыму [9].

Изучение внутривидовой изменчивости плосковеточника в Крыму показало [4], что этому виду свойственна не только широкая изменчивость качественных признаков, характеризующаяся наличием большого числа уклоняющихся от типа вида морфологических форм, выделяемых в качестве сортов-культураров, но и эндогенная и индивидуальная варибельность по срокам развития репродуктивных органов, рассеивания пыльцы и вступления в рецептивное состояние семяпочек зачаточных шишек. Это существенно повышает успешность семеношения на уровне репродуктивных совокупностей, или сформировавшихся в череде местных семенных поколений интродукционных популяций этого вида в понимании В.И. Некрасова [7].

Важным направлением познания закономерностей акклиматизации древесных растений, имеющих практический интерес при формировании у них популяционной структуры в условиях интродукции, представляет изучение не только посевных качеств, но и разнообразных признаков морфологической изменчивости семян [8]. По мнению одного из известных отечественных специалистов в области репродуктивной биологии семенных растений Р.Е. Левиной [5], все признаки морфологической изменчивости семян изучаемых видов имеют существенное значение с биологической точки зрения, что и определяет их теоретическую и практическую значимость.

В результате изучения внутривидовой изменчивости ведущих хвойных пород семейства Pinaceae на Урале установлено, что основным фактором, определяющим индивидуальную изменчивость деревьев по ряду количественных и качественных признаков, таких как масса 1 000 семян, окраска семян и их крыла, является генотип материнского дерева [6]. Изучение изменчивости у берёз в северных районах Казахстана показало, что изменчивость деревьев по размерам и отдельным морфологическим признакам их семян служит индивидуальной количественной характеристикой дерева и может быть использована в оценке популяционной структуры и географической дифференциации видов [1].

Анализ доступных литературных источников показывает, что несмотря на длительный период культивирования и широкую географию распространения *Platycladus orientalis* на территории бывшего СССР и в мире, сведения о семенах плосковеточника восточного весьма ограничены и касаются только их жизнеспособности и общего морфологического описания.

Длительный период выращивания плосковеточника в Крыму из семян местной репродукции и способность растений местного семенного происхождения образовывать генеративные органы уже в четырёхлетнем возрасте дают основание полагать, что здесь он представлен не менее чем двадцатью поколениями местной репродукции. Это позволяет рассматривать его как модельный объект для изучения особенностей микроэволюции и формирования интродукционных популяций как уровня существования вида в культуре. Учитывая практическое значение плосковеточника как декоративной и лесомелиоративной породы для засушливых районов юга России, нами изучена индивидуальная изменчивость качественных и количественных признаков семян этого вида в декоративных насаждениях и лесных культурах в Крыму с целью выяснения особенностей вариабельности качественных и количественных признаков семян как части спектра фенотипической изменчивости этого вида, а в перспективе и оценки возможности ведения селекционной работы с этим видом в интересах лесного хозяйства и декоративного садоводства.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования, проведённого в 2022 году, служили семена плосковеточника восточного, собранные в период диссеминации в насаждениях Южного берега, Предгорной зоны Крыма и в лесных культурах Евпаторийского лесничества. Каждое из 36 деревьев, имеющих возраст около 55 лет, было представлено семенами из 25 шишек, собранных в средней, нормально освещённой части кроны. Для оценки влияния размеров и количества чешуй шишек на морфологические признаки развившихся в них семян с десяти деревьев было отдельно собрано по десять шишек, каждая из которых была помещена в отдельный пакет.

У свежесобранных шишек с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм измеряли длину тела шишки, а также наибольший и наименьший диаметр в её наиболее толстой части в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Выборка измеряемых семян по каждому дереву была представлена 30 семенами. У семян с помощью окулярной мерной линейки под микроскопом МБС-2 с точностью до 0,1 мм измеряли общую длину семени, максимальную толщину семени, длину халазального следа, аналогичного рубчику семян покрытосеменных растений, а также расстояние от верхней (микротилярной) части до наиболее утолщённой части семени. На основе результатов измерения для более точной характеристики его формы рассчитывали отношение диаметра к длине семени (коэффициент K_1) и отношение к длине от микротилярной части (вершины семени) до поперечного сечения в наиболее утолщённой части семени (коэффициент K_2).

Семена из отдельных шишек десяти вышеуказанных деревьев были также отдельно по каждой шишке измерены и взрезаны для определения их полнозернистости и оценки содержимого зародышевого ложа.

Для визуализации спектра изменчивости окраски семян осуществляли их фотографирование.

Числовой материал, полученный в результате измерения и расчёта коэффициентов обработан статистически. Уровень изменчивости признаков оценивали по шкале, предложенной С.А. Мамаевым [6].

Результаты и их обсуждение. У большинства деревьев плосковеточника восточного в Крыму диссеминация происходит в период с начала сентября до конца октября и длится в кроне отдельно взятого растения в течение двух-трёх недель. При этом у отдельных деревьев этот процесс сдвинут на ноябрь и завершается в начале декабря.

У плосковеточника восточного достаточно чётко проявляется индивидуальная изменчивость деревьев по форме и окраске семян (рис. 1).

В отношении окраски семян данные по плосковеточнику в отечественной и доступной зарубежной литературе отсутствуют. Полученные же нами данные показывают, что у этого вида можно выделить цветосеменные формы, как и у хорошо изученных отечественных хвойных, прежде всего представителей семейства Pinaceae [6]. По окраске семян дерева плосковеточника в Крыму можно разделить на группы с тёмно-коричневыми, светло-коричневыми, матово-коричневыми и светло-коричнево-серыми семенами.

Семена по форме варьируют от удлинённо-овоидной до почти веретеновидной и достаточно чётко сохраняют присущую материнскому дереву форму и окраску. В базальной части у семян чётко выражен светлоокрашенный халазальный след, косо двухсторонне охватывающий нижнюю часть семени. Верхняя (микротилярная) часть семени завершается короткими чешуевидными остатками интегумента семяпочки. В результате сдавливания развивающихся семян прилегающими чешуями шишки, у отдельных деревьев они слабо уплощены и с обеих сторон имеют в разной степени выраженные рёбра, при сильном развитии напоминающие крыловидные боковые выросты у уплощённых семян таких представителей семейства Cupressaceae, как туи, кипарисы и кипарисовики.

Результаты биометрического изучения семян, частично приведенные в таблице 1а, показывают заметное варьирование деревьев как по средним, так и абсолютным значениям длины, толщины семени и размерам халазального следа. Данные признаки у семян данного вида являются перекрывающимися и на уровне отдельного дерева проявляются статистически.



Рис. 1. Семена плосковещочника восточного в Крыму
(обозначенные буквами ряды включают семена отдельных деревьев)

Fig. 1. Seeds of the *Platycladus orientalis* in the Crimea
(the rows indicated by letters include seeds of individual trees)

Средняя длина семени в урожае отдельно взятого дерева составляет от $4,95 \pm 0,10$ до $7,11 \pm 0,10$ мм, а абсолютные значения находятся в пределах от 4,44 мм до 8,04 мм. Данный показатель в проанализированных образцах семян характеризуется уровнем изменчивости от очень низкого до низкого и не превышает 11 %.

Среднее значение толщины семени у деревьев плосковеточника находится в пределах от $2,70 \pm 0,05$ мм до $3,90 \pm 0,15$ мм при абсолютных значениях этого показателя 2,3–6,0 мм. В отличие от предыдущего признака толщина семени у большинства деревьев на эндогенном уровне характеризуется большей вариабельностью: от среднего ($12 \% \leq C \leq 20 \%$) до повышенного ($20 \% \leq C \leq 30 \%$).

Таблица 1а. Биометрические характеристики семян плосковеточника восточного в Крыму
Table 1a. Biometric characteristics of the seeds of the *Platycladus orientalis* in the Crimea

№ дерева	Длина семени, мм			Толщина семени, мм			Протяженность халазального следа, мм		
	L ± m	Lim L	C, %	D ± m	Lim D	C, %	R ± m	Lim R	C, %
1	6,5 ± 0,14	5,5–7,4	9	2,7 ± 0,05	2,3–3,0	8	4,0 ± 0,20	2,3–5,5	20
2	5,0 ± 0,10	4,4–5,7	7	2,9 ± 0,09	2,5–4,0	12	3,1 ± 0,19	2,5–5,2	23
3	6,6 ± 0,13	5,9–7,8	8	3,8 ± 0,16	3,0–4,6	17	5,0 ± 0,33	3,4–7,5	27
4	5,8 ± 0,15	4,9–7,0	10	3,2 ± 0,13	2,5–4,3	16	4,2 ± 0,33	2,3–7,0	32
5	5,6 ± 0,12	4,6–6,4	9	3,0 ± 0,13	2,5–4,4	17	3,8 ± 0,20	2,5–5,6	22
6	6,3 ± 0,13	5,4–7,0	9	3,4 ± 0,21	2,7–6,0	25	3,8 ± 0,22	2,8–6,0	23
7	6,7 ± 0,10	5,6–7,4	7	3,4 ± 0,09	3,0–4,6	14	5,4 ± 0,18	3,4–7,5	17
8	6,3 ± 0,61	5,0–7,3	11	3,4 ± 0,14	2,7–4,4	17	4,7 ± 0,30	2,4–6,5	27
9	6,5 ± 0,18	4,5–7,2	10	3,9 ± 0,15	2,8–5,0	15	4,3 ± 0,11	3,6–5,0	9
10	6,3 ± 0,10	5,5–6,8	7	2,9 ± 0,03	2,7–3,1	4	4,6 ± 0,20	3,2–4,8	17
11	6,5 ± 0,14	5,5–8,0	9	3,9 ± 0,09	3,2–4,8	11	5,2 ± 0,20	2,9–4,9	18
12	5,6 ± 0,05	5,1–5,9	4	2,9 ± 0,10	2,4–4,1	14	4,2 ± 0,21	2,2–5,6	20
13	6,1 ± 0,05	4,4–7,8	11	3,2 ± 0,04	2,3–4,0	19	4,3 ± 0,08	2,2–7,5	26
14	6,5 ± 0,14	5,2–7,5	9	3,0 ± 0,06	2,5–3,6	10	3,8 ± 0,18	2,4–5,4	21
15	7,1 ± 0,10	6,2–7,6	7	3,5 ± 0,05	3,0–3,9	6	5,2 ± 0,15	4,1–6,5	13
16	6,9 ± 0,10	5,8–7,9	6	3,0 ± 0,06	2,4–3,4	9	3,7 ± 0,10	2,8–4,5	12

Протяжённость халазального следа у семян в изученных образцах в среднем составляет от $3,1 \pm 0,19$ мм до $5,9 \pm 0,16$ мм при абсолютных значениях этого признака от 2,27 мм до 7,53 мм, т. е. имеет место трехкратное превышение его минимального значения. У отдельных семян протяжённость халазального следа, проявляющегося на обеих сторонах семени, почти равна его длине. Среди мерных признаков семени длина халазального следа по уровню изменчивости превышает аналогичный

показатель варьирования длины и толщины семени и у большинства деревьев оценивается повышенным уровнем изменчивости.

Показатель, характеризующий изменчивость формы семян по отношению их толщины и длины (K_1), как индивидуальный статистический признак материнского дерева, у плосковеточника варьирует от $0,42 \pm 0,01$ до $0,60 \pm 0,02$, при среднем значении уровня варьирования у большинства образцов (табл. 16). Коэффициент K_1 показывает, что семена плосковеточника имеют вытянутую форму, а их толщина в полтора-два раза меньше, чем длина. Вместе с тем во многих образцах встречаются семена, заметно отличающиеся по соотношению диаметра и длины, на что указывают абсолютные значения данного коэффициента, варьирующие как в образцах отдельных деревьев, так и в выборке семян в целом для 36 деревьев в пределах $0,35-0,90$ (табл. 16).

Принятое нами в качестве коэффициента, характеризующего изменчивость формы семени, отношение расстояния от вершины семени до линии сечения в его наиболее утолщённой части к общей длине семени (коэффициент K_2), позволяет давать числовую оценку изменчивости формы семени. Величины этого показателя, приведённые в таблице 16, показывают, что у плосковеточника в Крыму величина этого коэффициента в урожае семян отдельно взятого дерева колеблется в пределах от $0,50$ до $0,66$, при его абсолютных значениях у отдельных семян по виду в целом от $0,37$ до $0,75$. При этом отметим, что, несмотря на большую амплитуду варьирования данного показателя в крымской интродукционной популяции в целом, изменчивость этого признака у семян большинства деревьев находится на низком уровне ($C < 12\%$).

Сравнение данных об изменчивости размеров и коэффициентов, характеризующих форму семян, позволяет видеть, что такие наименее переменные признаки, как средняя длина и коэффициент семени (K_2), могут рассматриваться в качестве фенотипических признаков конкретных деревьев при оценке популяционной структуры плосковеточника в районах его культуры.

Результаты измерения размеров семян и протяжённости халазального следа у отдельных деревьев плосковеточника из трёх районов его широкой культуры в Крыму позволили оценить взаимосвязь между этими признаками. Расчёт коэффициентов корреляции показал индивидуальное различие деревьев по уровню корреляционной зависимости между рассматриваемыми морфологическими признаками у их семян: от наличия математически достоверной парной корреляции между всеми тремя признаками до слабо выраженной связи только между двумя из них.

Таблица 1б. Биометрические характеристики семян плосковеточника восточного в Крыму

Table 1b. Biometric characteristics of the seeds of the *Platyclusus orientalis* in the Crimea

№ дерева	Коэффициент формы K_1			Коэффициент формы K_2		
	D/L $\pm m$	Lim D/L	C, %	I/L $\pm m$	Lim I/L	C, %
1	0,42 \pm 0,01	0,40–0,80	18	0,66 \pm 0,01	0,56–0,74	8
2	0,58 \pm 0,02	0,44–0,76	12	0,61 \pm 0,02	0,44–0,69	11
3	0,57 \pm 0,03	0,43–0,74	18	0,62 \pm 0,02	0,52–0,72	11
4	0,54 \pm 0,02	0,41–0,67	14	0,63 \pm 0,02	0,56–0,74	10
5	0,54 \pm 0,02	0,44–0,74	14	0,61 \pm 0,02	0,53–0,76	9
6	0,55 \pm 0,04	0,45–0,80	19	0,62 \pm 0,01	0,53–0,68	8
7	0,51 \pm 0,02	0,42–0,71	14	0,61 \pm 0,02	0,54–0,75	9
8	0,53 \pm 0,03	0,43–0,70	12	0,62 \pm 0,03	0,48–0,69	10
9	0,60 \pm 0,02	0,52–0,73	14	0,61 \pm 0,01	0,55–0,75	8
10	0,47 \pm 0,01	0,41–0,53	14	0,66 \pm 0,01	0,53–0,76	6
11	0,60 \pm 0,01	0,51–0,81	18	0,54 \pm 0,01	0,46–0,62	9
12	0,53 \pm 0,02	0,42–0,71	14	0,66 \pm 0,01	0,60–0,72	5
13	0,53 \pm 0,01	0,40–0,90	14	0,63 \pm 0,01	0,44–0,77	9
14	0,47 \pm 0,01	0,36–0,54	10	0,60 \pm 0,01	0,50–0,68	8
15	0,49 \pm 0,01	0,40–0,59	10	0,50 \pm 0,02	0,37–0,65	14
16	0,44 \pm 0,01	0,35–0,49	8	0,58 \pm 0,01	0,41–0,69	10

У семян большинства деревьев (72 %) достоверно коррелируют только их длина и протяжённость халазального следа, у половины деревьев достоверно коррелируют длина и толщина семян, а связь между толщиной семени и протяжённостью халазального следа наблюдается только у 30 % деревьев.

Сравнительный анализ результатов измерения шишек и созревших в них семян показал (табл. 2) наличие у отдельных деревьев в разной степени выраженной корреляции между морфологическими признаками семян и материнских шишек. У всех деревьев, как это было обнаружено и в генеральных выборках их семян в целом, прослеживается

чётко выраженная связь как между длиной и толщиной семян в отдельно взятых шишках, так и между длиной семени и протяжённостью халазального следа ($r = 0,588-0,816$). Зависимость же между толщиной семени и протяжённостью его халазального следа выражена лишь в шишках отдельных деревьев при максимальных значениях коэффициентов корреляции между длиной и толщиной семян.

Таблица 2. Значения коэффициентов корреляции (r) между морфологическими признаками шишек и сформировавшихся в них семян у деревьев плосковеточника восточного в Крыму
Table 2. The values of the correlation coefficients (r) between the morphological features of cones and seeds formed in them in the trees of the *Platycladus orientalis* in the Crimea

Морфологические признаки шишек и семян	Длина семени в шишке	Толщина семени в шишке	Протяжённость халазального следа	Число семян в шишке	
				Морфологически нормальных	Жизнеспособных
Наибольший диаметр шишки	0,006–0,803	0,473–0,854	0,243–0,798	0,397–0,898	0,255–0,559
Наименьший диаметр шишки	0,437–0,832	0,172–0,885	0,445–0,873	0,405–0,763	0,188–0,732
Длина тела шишки	0,678–0,906	0,427–0,744	0,301–0,906	0,021–0,608	0,460–0,626
Длина семени в шишке	1	0,540–0,886	0,486–0,816	0,000–0,535	0,427–0,597
Толщина семени в шишке	0,540–0,886	1	0,032–0,747	0,000–0,259	0,078–0,517
Протяжённость рубчика	0,588–0,816	0,032–0,747	1	0,045–0,513	0,392–0,755

Влияние мерных признаков шишки на размеры сформировавшихся в ней семян наиболее чётко проявляются в соотношении длины тела шишки и средней длины семян ($r = 0,678-0,906$). У большинства деревьев также коррелируют средняя толщина семян и оба показателя

диаметра шишки ($r = 0,473-0,854$ и $r = 0,427-0,886$). Связь между средней протяжённостью халазального следа и максимальным и минимальным значениями диаметра шишки достоверно фиксируется лишь соответственно у 20 % и 40 % деревьев, что, вероятно, опосредованно проявляется через достоверные корреляционные связи между размерами шишек с одной стороны и мерными признаками, и количеством семян с другой.

У плосковеточника восточного семена развиваются из семяпочек, заложенных в основании попарно накрест супротивно расположенных чешуй шишки. У модельных деревьев плосковеточника шишки были образованы из (2)3–4 пар чешуй при варьировании у шишек отдельного дерева от (4) 6 до 8 морфологически развитых и верхней пары недоразвитых стерильных чешуй. Поскольку на каждой нормально развитой чешуе закладываются две семяпочки, в отдельно взятой шишке потенциально могут развиваться от 8 до 16 семян. В реальной же обстановке количество морфологически развитых семян в проанализированных нами шишках не превышало 8 штук. Судя по отсутствию в шишках очень мелких недоразвитых семян, можно с уверенностью полагать, что возможность развития в них получали только нормально опылённые семяпочки. При этом отметим, что в Крыму опыление у плосковеточника идёт в конце февраля – начале марта при неустойчивой погоде, когда возможны кратковременные заморозки, дожди и туманы, нарушающие процесс опыления. Неблагоприятные для опыления погодные явления наблюдались и в 2022 году.

Определение жизнеспособности семян показало, что в шишках отдельно взятых деревьев она варьирует в широких границах. При средней жизнеспособности семян в целом для материнских деревьев от 43,3 до 65,7 % этот показатель в их шишках находился в пределах от 17 до 100 %, а у дерева с максимальной жизнеспособностью семян на уровне 77,0 % она варьировала от 33 % до 100 %.

Мелкие семена в два и более раза уступающие по толщине и длине остальным семенам шишки, вероятно, представляют собой начавшие развитие опылённые семяпочки, погибшие на начальных этапах их роста. Учитывая отсутствие явно выраженных визуальных различий между морфологически развитыми семенами, созревшими в отдельно взятых шишках, изучение их доброкачественности методом взрезания открывает возможность не только определить их жизнеспособность, но и ориентировочно уточнить периоды отмирания развивавшихся в них зародышей по содержимому, заполняющему зародышевое ложе.

Семена, зародышевое ложе которых содержит лишь сухие, прижатые к внутренней поверхности покровов семени плёнчатые остатки

нуцеллуса или женского гаметофита, обычно квалифицируемые как пустые, вероятно, можно отнести к отмершим на гаметофитном этапе развития или начальных этапах развития зародыша. Семена, зародышевое ложе которых заполнено побуревшими остатками, по-видимому, возникают вследствие отмирания развивающегося зародыша в процессе его роста и формирования и могут характеризоваться как погибшие в период эмбрионального развития. Одной из причин появления таких семян может быть естественный отбор, направленный против гомозиготизации семенного потомства, связанной с возможностью самоопыления у плосковеточника, деревья которого являются однодомными, а сроки полликации и рецептивного состояния семяпочек перекрываются [3].

Полученные данные свидетельствуют о сложности морфогенетических процессов, регулирующих формирование шишек и развивающихся в них семян. Общее количество развивающихся потенциально жизнеспособных семян на начальных этапах эмбриогенеза, идентифицируемых к моменту диссеминации как морфологически нормальные, в зависимости от их жизнеспособности по-разному влияет на такие морфометрические признаки как диаметр и длина шишки. Сопоставление результатов морфометрического анализа шишек и содержащихся в них семян с данными учёта общего количества и числа жизнеспособных семян в шишке выявило у 70 % деревьев достоверную корреляцию между значениями диаметра шишки и общим количеством морфологически нормальных семян, включающих как жизнеспособные, так и нежизнеспособные семена (табл. 2). Длина же тела шишки у 90 % деревьев коррелирует только с количеством созревших в ней жизнеспособных семян ($r = 0,460-0,626$).

Влияние общего числа развивающихся в шишке семян и числа жизнеспособных семян на их размеры неравнозначно: зависимость между средней длиной семян в шишке и количеством жизнеспособных семян в ней ($r = 0,427-0,597$) наблюдается у 60 % деревьев, в то время как влияние общего количества семян в шишке на их среднюю длину прослеживается лишь у 20 % деревьев. Взаимосвязь между диаметром семян и их общим числом не выявлена, а заметное влияние числа жизнеспособных семян на этот показатель обнаружено лишь у единичных деревьев.

Достоверная корреляция между числом семян в шишке и протяжённостью халазального следа-рубчика у 90 % деревьев проявляется только в отношении жизнеспособных семян.

Выводы. Результаты исследования эндогенной и индивидуальной изменчивости семян у плосковеточника восточного в условиях культуры в Крыму подтверждают мнение об органоспецифичности изменчивости их морфометрических признаков и позволяют рассматривать

окраску семян, размеры и форму семян, характеризующиеся через такие коэффициенты, как отношение толщины и длины семян, а также отношение расстояния от верхней (микротилярной) до наиболее утолщённой части семени в качестве признаков-фенов при изучении внутривидового разнообразия интродукционных популяций этого вида.

Корреляции между структурными признаками как собственно семян, так и структурных признаков шишек и семян, созревших в них, указывают на взаимосвязь морфогенетических векторов развития не только семян, но и их материнских шишек. Различное проявление тесноты корреляционных связей между признаками указывает на сложность морфогенетического поля их развития.

Близость эндогенного и индивидуального уровней изменчивости одноимённых мерных признаков семян указывают на то, что крымская интродукционная популяция плосковеточника восточного характеризуется сбалансированностью полиморфизма по их структурным признакам и в этом отношении близка к природным популяциям других растений.

Выявленная положительная корреляция между количеством жизнеспособных семян и длиной шишки представляет практический интерес для лесного семеноводства плосковеточника восточного.

Список литературы/References

1. Данченко А.М. Популяционная изменчивость берёзы. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1990, 205. [Danchenko A.M. Population variability of birch. Novosibirsk: Science, Siberian branch, 1990, 205. (In Rus)].
2. Захаренко Г.С., Салогуб Р.В. Семеношение основных интродуцированных древесных растений в насаждениях степного Крыма, Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2017; 51-54. [Zakharenko G.S., Sologub R.V. Seed-bearing of the main introduced woody plants in the plantations of the steppe Crimea, Fruit growing, seed production, introduction of woody plants. 2017; 51-54. (In Rus)].
3. Захаренко Г.С., Салогуб Р.В., Севастьянов В.Е. Изменчивость биоморфологических признаков шишек плосковеточника восточного (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) в Крыму, Экосистемы. 2022; 31 : 61-71. [Zakharenko G.S., Sologub R.V., Sevastyanov V.E. Variability of biomorphological features of cones of the Oriental flatworm (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) in the Crimea, Ecosystems. 2022; 31 : 61-71. (In Rus)].
4. Захаренко Г.С., Севастьянов В.Е., Салогуб Р.В. Особенности репродуктивного развития *Platycladus orientalis* (L.) Franco в Крыму, Бюллетень ГБС РАН. 2022; 1 : 40-47. [Zakharenko G.S., Sevastyanov V.E., Sologub R.V. Features of reproductive development of *Platycladus orientalis* (L.) Franco in Crimea, Bulletin of the SBS RAS. 2022; 1 : 40-47. (In Rus)].
5. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. М.: Наука, 1981, 96. [Levina R.E. Reproductive biology of seed plants. M.: Nauka, 1981, 96. (In Rus)].
6. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1973, 284. [Mamaev S.A. Forms of intra-

- specific variability of woody plants (on the example of the Pinaceae family in the Urals). М.: Nauka, 1973, 284. (In Rus)].
7. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. М.: Наука, 1980, 101. [Nekrasov V.I. Actual issues of the development of the theory of plant acclimatization. Moscow: Nauka, 1980, 101. (In Rus)].
 8. Попцов А.В., Некрасов В.И., Иванова И.А. Очерки по семеноведению. М.: Наука, 1981, 112. [Popstov A.V., Nekrasov V.I., Ivanova I.A. Essays on seed science. Moscow: Nauka, 1981, 112. (In Rus)].
 9. Репецкая А.И., Савушкина И.Г., Леонов В.В. и др. Деревья, кустарники и лианы для озеленения Предгорного Крыма. Симферополь: Салта, 2019, 272. [Repetskaya A.I., Savushkina I.G., Leonov V.V. et al. Trees, shrubs and lianas for landscaping of the Foothill Crimea. Simferopol: Salta, 2019, 272. (In Rus)].
 10. Рубцов Л.И., Гордиенко И.И., Каплуненко Н.Ф., Киричек Ю.К. Деревья и кустарники: справочник. Киев: Наукова думка, 1971, 155. [Rubtsov L.I., Gordienko I.I., Kaplunenko N.F., Kirichek Yu.K. trees and shrubs. Reference book. Kiev: Naukova Dumka publ., 1971, 155. (In Rus)].
 11. Салогуб Р.В. Использование плосковеточника восточного (*Platycladus orientalis*) в защитном лесоразведении степного Крыма: Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017; 247-251. [Salogub R.V. The use of the Oriental flatworm (*Platycladus orientalis*) in protective afforestation of the steppe Crimea: Actual problems of botany and nature conservation: A collection of scientific articles of the International scientific and Practical Conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.F. Morozov. Simferopol: ИТ «ARIAL», 2017; 247-251. (In Rus)].
 12. Fu Liguo, Yu Yongfu, and Robert R. Mill. Cupressaceae. In Wu Zheng-yi and Peter H. Raven (eds.), Flora of China. Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1999.
 13. Guoqing Li, Sheng Du and Zhongming Wen. Mapping the climatic suitable habitat of oriental arborvitae (*Platycladus orientalis*) for introduction and cultivation at a global scale, Scientific Reports. 2016; 6 : 1-9.
 14. Hoffman M.H.A. List of names of woody plants: International standard ENA 2005–2010. Boskoop: Applied Plant Research, 2005, 871.
 15. Krüssmann G. Manual of Cultivated Conifers. Tumber Press: Portland, Oregon, 1985, 361.
 16. Liu F., Xing S., Ma H., Du Z., Ma B. Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings, Applied microbiology and biotechnology. 2013; 97 (20) : 9155-9164.
 17. Silba John. Noteworthy conifers in the Xian Shan region of Beijing, China, American Conifer Society Bulletin. 1996; 13(1) : 8-12.
 18. Sun Zhiyan, Qi Tinglu, Jin Cheng, Wang Zuqing. Famous ancient Trees in Beijihg. Beijihg: Publishing House, 1992, 126.
 19. Wang L., Feng J., Wan X., Wang S., Jia C. The interaction of drought and slope aspect on growth of *Quercus variabilis* and *Platycladus orientalis*, Shengtai xuebao. 2013; 33(8) : 2425-2431.
 20. Yang X., Dong N., Yan D., Sajiki N., Zhao Y. The growth and distribution of *Platycladus orientalis* seed-base seedling root in different culture periods, Shengtai xuebao. 2011; 31(19) : 5818-5823.

**VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL
CHARACTERISTICS IN ORIENTAL ARBORVITAE'S
(*PLATYCLADUS ORIENTALIS* (L.) FRANCO)
SEEDS IN CRIMEA**

Zakharenko G.S., Sologub R.V., Sevastyanov V.Ye.

*Institute "Agrotechnological Academy"
"Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky",
Simferopol, Russia, e-mail: cupressus@inbox.ru*

The oriental arborvitae (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), grown in Crimea for more than 200 years and widely used in ornamental gardening and afforestation, is among the least biologically studied species in our country. As a result of studying the variability of morphological characteristics in *Platycladus orientalis* seeds, four colour-seeded forms differing in colour intensity and seed colour have been revealed. The average length and thickness of the seed at the individual level vary from 4.95 to 7.11 mm and from 2.70 to 3.90 mm, respectively, with a higher (to increased) level of variability in seed thickness. In the majority of trees (72 %), only the length of the seed and the length of the chalazal scar significantly correlate. The average length of the chalazal scar is from 3.1 to 5.9 mm and the seeds of most trees are characterized by an increased variability level. The seeds of *Platycladus orientalis* at the tree level are monotonous both in colour and shape, which is confirmed by the coefficient variability levels of the seed shape K_1 and K_2 . Seed coloration, average length, and seed shape coefficients K_1 and K_2 can be considered as statistical traits-phenes when assessing the intra-population and inter-population structure of oriental arborvitae. Comparison of morphological cones' traits and characteristics of ripened seeds has shown a positive correlation between the number of viable seeds and the length of the cone body (90 % of trees), while the total number of externally morphologically normal seeds correlates with the cone thickness (70 % of trees). Correlations between the structural traits of both the seeds themselves and the structural traits of matured cones and seeds indicate the relationship of morphogenetic development vectors for both seeds and their maternal cones. The different manifestation of close correlations between traits indicates the complexity of the morphogenetic processes in their growth and development.

Key words: *Platycladus orientalis*, seeds, cones, morphological variability, viability of seeds.