ТРУДЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

www.journal.spb-niilh.ru
ISSN 2079-6080

DOI 10.21178/2079-6080.2022.1.34
УДК 631.531:[582.477:581.16](470)

Репродуктивное развитие и качество семян плосковеточника восточного в Крыму

© Г.С. Захаренко, В.Е. Севостьянов, Р.В. Салогуб

Reproductive development and quality of seeds of the oriental arborvitae in the Crimea

G.S. Zakharenko, V.E. Sevastyanov, R.V. Salogub (Institute "Agrotechnological Academy", Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "V.I. Vernadsky Crimean Federal University")

Platycladus orientalis (L.) Franco showed high drought resistance and the ability to grow successfully on saline soils in the steppe and coastal regions of Crimea, which allows us to consider it as a promising species for steppe afforestation in southern regions of Russia. As a result of studies carried out in 2016–2020, it was established that in all areas of the Crimean peninsula, the oriental arborvitae successfully passes all stages of reproductive development and annually yields viable seeds. In the forest cultures of the Simferopol and Evpatoria forestries, the average viability of seeds was 61.8 and 63.0 % respectively, and on the southern coast of Crimea – 57.6 %. In all areas, there is a high individual variability in the viability and energy of seed germination, both over the years and under the conditions of the place of growth. Evaluation of the quality of seeds and the study of the rhythm of seasonal development showed that the main reason for the high individual variability is the violation of microsporogenesis and the process of pollination in individual trees. The internal content of non-germinated seeds indicates various causes of death at different stages of their formation. The variability of the seed germination energy is considered as an adaptation that expands the heterogeneity of the introduction population and increases the possibilities of seed renewal of the oriental arborvitae under arid conditions. The heterogeneity of the introduction population in terms of the rhythm of the seasonal development of the reproductive organs provides it with the possibility of successful seed production in all climatic zones of the Crimea. Due to the lack of regulatory requirements for the duration of the germination period of the seeds of the oriental arborvitae, when determining their viability, it is recommended to provide for a 20-day period in the corresponding standard, since during this time more than 98 % of viable seeds germinate.

Key words: *Platycladus orientalis*, introduction, seeds, quality and energy of seed germination

Репродуктивное развитие и качество семян плосковеточника восточного в Крыму

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

Platycladus orientalis (L.) Franco показал высокую засухоустойчивость и способность успешно расти на засолённых почвах в степных и приморских районах Крыма, что позволяет рассматривать его как перспективный вид для степного лесоразведения в южных районах России. В результате исследований, проведенных в 2016–2020 гг., установлено, что во всех районах Крымского полуострова плосковеточник восточный успешно проходит все этапы репродуктивного развития и ежегодно даёт урожай всхожих семян. В лесных культурах Симферопольского и Евпаторийского лесничеств средняя жизнеспособность семян составила соответственно 61,8 и 63,0 %, а на Южном берегу Крыма – 57,6 %. Во всех районах наблюдается высокая индивидуальная изменчивость жизнеспособности и энергии прорастания семян как по годам, так и условиям местопроизрастания. Оценка качества семян и изучение ритма сезонного развития показали, что основной причиной высокой индивидуальной изменчивости является нарушение микроспорогенеза и процесса опыления у отдельных деревьев. Внутреннее содержание непроросших семян указывает на различные причины отмирания на разных этапах их формирования. Вариабельность энергии прорастания семян рассматривается в качестве адаптивного приспособления, расширяющего гетерогенность интродукционной популяции и повышающего возможности семенного возобновления плосковеточника восточного в аридных условиях. Гетерогенность интродукционной популяции по ритму сезонного развития репродуктивных органов обеспечивает ему возможность успешного семеношения во всех природно-климатических зонах Крыма. В связи с отсутствием нормативных требований по длительности периода проращивания семян плосковеточника восточного при определении их жизнеспособности рекомендуется предусмотреть в соответствующем стандарте 20-суточный срок, так как за это время прорастает более 98 % жизнеспособных семян.

Ключевые слова: *Platycladus orientalis,* интродукция, семена, качество и энергия прорастания семян

Захаренко Геннадий Сергеевич – профессор кафедры лесного дела и садово-паркового строительства, доктор биологических наук

E-mail: cupressus@inbox.ru

Севостьянов Виктор Евгеньевич – доцент кафедры лесного дела и садово-паркового строительства, кандидат биологических наук

E-mail: vegavictor2007@mail.ru

Салогуб Роман Васильевич – доцент кафедры лесного дела и садово-паркового строительства, кандидат сельскохозяйственных наук

E-mail: salogubroman@mail.ru

Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

295492, Российская Федерация, Республика Крым, г. Симферополь, пгт Аграрное

E-mail: dokument_120@mail.ru

Введение

Плосковеточник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franko) традиционно считается дальневосточным видом. А. Фаржон и Д. Филер полагают, что его естественный ареал приурочен к средней части бассейна реки Хуанхэ [13], что территориально соответствует центральным и восточным районам Китая. При этом следует отметить, что к настоящему времени не сформировалось единого мнения о природном ареале *Platycladus orientalis*. Одна из ключевых причин этого – сильная антропогенная нарушенность его естественных фитоценотических сообществ, которых в своем первозданном виде практически не сохранилось. Сегодня чаще всего плосковеточник можно видеть в составе вторичных (производных) лесных экосистем, глубоко преобразованных в результате деятельности человека. Не добавляет ясности при оценке контуров природного распространения плосковеточника восточного и чрезвычайно длительное его использование в культуре за пределами естественного ареала. А. Фаржон [12], в частности, рассматривает *Platycladus orientalis* как вид, имеющий один из самых обширных интродукционных ареалов среди хвойных пород. В Азии его самовозобновляющиеся популяции можно встретить на огромной территории – от Японии и Кореи до Ирана и Турции, где он произрастает на высотах от 300 до 3300 м над уровнем моря [14]. Наряду с Азией, плосковеточник восточный натурализовался в Западной и Восточной Европе, в США, Мексике, других регионах и странах. На территории России *Platycladus orientalis* впервые был интродуцирован в 1809 году [16], а в Крыму культивируется с 1813 года [2]. В связи с наличием на территории полуострова отдельных самовозобновляющихся семенным путем ценопопуляций плосковеточника восточного, А.В. Ена [1] относит данный вид к неофитам флоры Крыма.

Плосковеточник относится к долгоживущим древесным породам. В природе и в районах его длительной культуры обнаружены деревья старше 1000 лет. Их высота может превышать 20 м, а диаметр ствола достигать 2 м [18]. В городских насаждениях Пекина такие деревья взяты под охрану государства [19].

В течение многих веков плосковеточник используют для создания фитомелиоративных и декоративных насаждений на территории Китая и в южных районах Центральной Азии. Благодаря засухоустойчивости и нетребовательности к почвенным условиям, относительно высокой зимостойкости, наличию большого числа декоративных форм он нашел широкое применение в декоративном садоводстве и мелиоративных насаждениях в засушливых районах практически всех континентов [15].

Лесоводы Китая рассматривают плосковеточник как важную лесомелиоративную породу для закрепления склонов. В целях реализации государственных программ лесомелиорации засушливых районов, закрепления песчаных и засолённых почв ими проводится изучение генетического разнообразия, вопросов семенного размножения и выращивания посадочного материала плосковеточника [11, 17, 20]. Повышенный интерес исследователей к лесным породам, перспективным для облесения регионов с засушливым климатом и засолёнными почвами на территории Китая и других регионов мира, стимулируется тенденциями последних десятилетий, связанных с глобальным изменением климата и прогнозами возможной аридизации больших пространств в планетарном масштабе.

В качестве важной породы для лесомелиорации плосковеточник восточный, начиная с 60-х годов XX века, активно применяется на территории равнинного Крыма. В настоящее время чистые и смешанные лесомелиоративные насаждения с участием этой породы на территории государственного лесного фонда, а также защитные лесонасаждения с его участием, расположенные вдоль же-

лезных дорог в степной части полуострова, занимают площадь, равную почти 790 га [9].

В отечественной дендрологической литературе, в которой приводятся общие характеристики плосковеточника восточного, указывается, что жизнеспособность семян у данного вида в условиях культуры на Южном берегу Крыма (ЮБК) в среднем составляет 49 %, с колебаниями от 23 до 63 % [2]. В описании, данном О.Г. Каппером [5], всхожесть семян плосковеточника, без указания места его произрастания, составляет 80 %. В условиях г. Ташкента плосковеточник ежегодно образует репродуктивные органы и семена с жизнеспособностью 73,0–92,5 % [10]. В Ростове-на-Дону рассматриваемый вид характеризуется высокой репродуктивной способностью и даёт семена со всхожестью от 59 до 99 % [6].

По классификации М.Г. Николаевой [7], семена плосковеточника характеризуются эндогенным физиологически неглубоким типом покоя (B_1), для преодоления которого и ускорения проращивания рекомендуется проводить их стратификацию при низких положительных температурах (1–10 °С, оптимум 5 °С) в течении одного месяца. В опытах по изучению семян плосковеточника в насаждениях г. Ростова-на-Дону [6] обнаружено, что стратификация при положительной температуре до 5 °С в течение 30 суток сокращает сроки проращивания семян. В то же время семена из Узбекистана [10] не требуют стратификации и прорастают в течении 10 суток при температуре около 20 °С.

Анализ данных о качестве образцов семян плосковеточника восточного, полученных лесосеменным отделом ГБУ «Крымлесозащита» в 2008–2015 гг., выявил характерную для этого вида повышенную вариабельность показателя всхожести семян в пределах 27–97 %, асинхронно изменяющуюся в насаждениях разных районов Крыма и по годам [4].

Учитывая высокий интерес к засухоустойчивым, относительно малотребовательным к почвенным условиям древесным породам, обостряющийся на фоне тенденций глобального изменения климата, особое значение приобретает изучение репродуктивных способностей и качества семян плосковеточника с целью обеспечения потребностей отечественного лесного хозяйства качественными семенами данного вида для его массового выращивания на юге России.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования служили семена плосковеточника восточного, растущего в декоративных насаждениях и лесных культурах в степном и предгорном Крыму, а также на ЮБК.

Для исследования в 2016 году были собраны семена с 6 деревьев в групповых насаждениях на ЮБК (пгт Партенит), с 5 деревьев в дендрарии Института «Агротехнологическая академия» (п. Аграрное, г. Симферополь), с 2 деревьев в ботаническом саду имени Н.В. Багрова (г. Симферополь) и с 20 деревьев на четырёх пробных площадях в лесных культурах Евпаторийского лесничества, а в 2019 году – с 20 деревьев в лесных культурах на территории Симферопольского и с 29 деревьев на территории Евпаторийского лесничеств.

Семена для изучения их жизнеспособности заготавливали после изменения окраски шишек в кроне дерева с зелёного на желтовато-коричневый цвет и начала расхождения их семенных чешуй. Качество семенного материала определялось в лабораторных условиях путём проращивания без предварительной стратификации семян каждого дерева в четырёх повторностях по 100 штук в растильнях, на увлажнённой водопроводной водой фильтровальной бумаге (рис. 1) при температуре 20–23 °С. Учет числа и удаление проросших семян осуществляли ежедневно. После 40-дневного периода проращивания все непроросшие семена взрезали.

Рис. 1. Общий вид растильни с семенами плосковеточника восточного на пятые сутки проращивания

Статистическую обработку полученных цифровых данных осуществляли с помощью пакета статистических программ Excel 2016.

Результаты исследования и их обсуждение

В Крыму плосковеточник восточный при благоприятных условиях произрастания вступает в репродуктивную фазу развития в четырехлетнем возрасте. При этом первыми образуются женские шишки, а на 5–6-й год растения становятся обоеполыми. Полный цикл развития репродуктивных органов у плосковеточника охватывает два вегетационных сезона, от момента их заложения до формирования зачаточных женских шишек и начала мейоза микроспороцитов в первый год и от окончания микроспорогенеза и следующими за ним ранневесенним опылением и оплодотворением до созревания и рассеивания семян в сентябре–октябре второго года.

В период исследования обнаружено, что семена плосковеточника в лабораторных условиях начинают прорастать на 3–8-й день, а период прорастания большинства жизнеспособных семян отдельно взятого дерева занимает от 5 до 14 суток. В образцах семян урожая 2016 года (табл. 1) жизнеспособность варьировала как у деревьев из одного и того же района Крыма, так и по средним значениям жизнеспособности семян из разных районов. В образцах южнобережного происхождения средняя жизнеспособность семян составила 36,0 %, с колебаниями у отдельных деревьев от 15,0 до 89,25 %, из Предгорной зоны – 63,1%, с предельными значениями 45,25 и 89,75 %, из лесных культур Евпаторийского лесничества (западная приморская часть Степной зоны) – 60,45 %, с колебаниями от 17,25 до 71,0 %.

Таблица 1

Жизнеспособность и энергия прорастания семян плосковеточника восточного урожая 2016 года из разных районов Крыма

Номер дерева	Энергия прорастания семян, %			Средняя продолжительность прорастания одного семени, сут.	Жизнеспособность семян, %
	на 5-е сутки	на 10-е сутки	на 20-е сутки		
Южный берег Крыма (пгт Партенит)					
1	0	15,50	18,00	8,32	18,00
2	0,75	68,50	89,25	8,15	89,25
3	0	1,25	30,75	11,30	30,75
4	0	0,25	15,00	12,99	15,00
5	2,25	33,75	47,25	8,77	47,75
6	0	1,75	15,00	10,98	15,00
Евпаторийское лесничество, лесные культуры					
П 19-1	0,75	15,75	28,50	8,37	28,50
П 19-2	0	26,75	54,00	9,70	54,00
П 19-3	0	11,00	43,50	10,63	43,50
П 19-4	0,75	33,50	62,00	9,43	63,50
П 19-5	1,50	20,75	62,25	10,34	63,25
П 18-1	0	34,00	47,50	8,44	47,50
П 18-2	0,75	6,75	17,00	10,39	17,25
П 18-3	10,50	51,25	59,25	5,95	60,25
П 18-4	0	17,75	37,00	10,84	37,25
П 18-5	3,00	33,00	42,50	6,72	43,50
П 2-1	0	15,50	67,50	11,03	68,00
П 2-2	0	9,75	52,75	11,02	52,75
П 2-3	0	28,25	61,75	10,85	61,75
П 2-4	0	42,50	50,25	8,00	50,25
П 2-5	0	7,50	67,25	12,70	69,50
П 4-1	0,75	39,50	60,25	8,90	60,25
П 4-2	0	28,25	58,25	10,37	59,25
П 4-3	0	2,25	51,00	16,10	59,50
П 4-4	0	9,75	60,25	11,44	61,25
П 4-5	0	42,75	70,75	9,46	71,00
п. Аграрное (г. Симферополь)					
А-1	0	29,25	53,50	9,48	53,50
А-2	0	47,75	80,50	9,20	80,50
А-3	0	64,25	89,75	8,79	89,75
А-4	0	8,25	42,75	12,69	45,50
А-5	2,75	38,25	45,25	7,67	45,25
Ботанический сад им. Н.В. Багрова (г. Симферополь)					
БС-1	0	1,50	48,50	12,28	48,50
БС-2	0,25	17,00	79,00	11,89	79,00

Дисперсионный анализ данных о жизнеспособности семян на четырёх пробных площадях лесных культур плосковеточника в Евпаторийском лесничестве в урожае 2016 года выявил достоверные различия между участками по этому показателю: $F_{факт}$ = 3,25, при $F_{критич.}$ = 3,24 и P = 4,5 %. Данные различия, вероятно, обусловлены неоднородностью лесорастительных условий на пробных площадях (D_1 и B_1–C_1).

Проращивание семян урожая 2019 года из тех же районов не выявило резких отличий среднего значения их жизнеспособности у деревьев данного вида в целом для Предгорной зоны и западной приморской части Степной зоны по сравнению с показателем 2016 года. В лесных культурах на территории Симферопольского и Евпаторийского лесничеств средняя жизнеспособности семян составила, соответственно, 61,75 и 63,0 %, а на ЮБК – 57,6 %. Однако жизнеспособность семян отдельно взятых деревьев урожая 2019 года в Предгорной зоне и в насаждениях Евпаторийского лесничества варьировала в более широких пределах по сравнению с урожаем 2016 года. В образцах из Симферопольского лесничества в урожае 2019 года при средней жизнеспособности семян для выборки в целом, равной 61,8 %, у отдельных деревьев она колебалась от 29,0 до 92,0 %, а в образцах из Евпаторийского лесничества при среднем значении 62,96 %, она варьировала от 1,0 до 94,0 %.

Изучение качества семян в урожаях 2016–2019 гг. у одних и тех же деревьев, растущих в пгт Партенит, показало, что их жизнеспособность варьирует как по среднему значению в урожае отдельно взятого дерева, так и в суммарном урожае выборки по годам. Индивидуальная изменчивость этого показателя по годам в Южнобережной зоне характеризуется значительно большим диапазоном, чем в среднем по группе: у отдельных деревьев максимальное значение жизнеспособности семян превышало минимальное значение от двух (дерево № 2) до семи (дерево № 5) раз. При этом отметим, что здесь у деревьев этот показатель изменялся разнонаправленно (табл. 2).

Таблица 2

Жизнеспособность и энергия прорастания на 20-е сутки семян плосковеточника восточного в насаждениях на Южном берегу Крыма (пгт Партенит) в урожаях 2016–2019 гг.

Номер дерева	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	ЖС, %	ЭП, %	ЖС, %	ЭП, %	ЖС, %	ЭП, %	ЖС, %	ЭП, %
1	18,0	18,0	76,5	75,25	38,5	38,5	53,0	52,5
2	89,25	89,25	39,0	39,0	49,5	49,25	65,75	65,75
3	30,75	30,75	47,75	47,0	88,75	88,5	51,25	51,25
4	15,0	15,0	54,0	54,0	69,25	68,75	32,0	32,0
5	47,75	47,25	12,0	11,5	83,5	83,5	56,0	56,0
6	15,0	15,0	58,0	56,75	42,0	41,75	59,5	59,0
Среднее	35,96	-	47,88	-	61,92	-	57,10	-

Примечание. ЖС – жизнеспособность семян, %; ЭП – энергия прорастания семян, %.

Дисперсионный анализ данных о жизнеспособности семян в данной группе деревьев не выявил существенного влияния условий года на среднее значение этого показателя: $F_{факт.}$ = 1,61, при $F_{критич.}$ = 3,13.

Образцы отдельных деревьев заметно отличаются по динамике прорастания семян (табл. 1). В урожае 2016 года у 11 из 33 деревьев на пятый день проросло от 0,25 до 10,75 % семян от числа проращиваемых, а на десятые

сутки проросшие семена обнаружены в образцах всех деревьев – от единичных (П 4-3, БС-1) до более чем половины всхожих семян (№ 2, П 18-1, П 18-4, П 2-4, А-5). На двадцатые сутки у 27 деревьев проросло от 95 до 100 % жизнеспособных семян. Лишь у двух деревьев к этому сроку их количество составило 85,7 % (П 4-3) и 94,0 % (А-4) от числа проросших за весь период наблюдения. Полученные нами данные показали, что этот этап постэмбрионального развития у плосковеточника восточного, сопровождаемый растрескиванием наружных покровов семени, в образцах, характеризующихся наиболее ранними сроками прорастания, начинается уже на третьи сутки. На четвертый день у наиболее быстро развивающихся семян корешок достигает половины их длины, и они идентифицируются как проросшие (рис. 1).

В качестве показателя энергии прорастания может использоваться не только количество проросших семян за оговоренный стандартами срок проращивания, но и средняя продолжительность прорастания одного семени изучаемого образца, в сутках. Согласно полученным нами данным, в урожае 2016 года этот показатель варьировал от 5,95 суток (дерево № П 18-3) до 12,99 суток (дерево № 4). В урожае 2019 года этот показатель составлял от 5,85 до 12,56 суток у деревьев из Евпаторийского лесничества и от 5,25 до 11,79 суток у деревьев в Предгорной зоне Крыма. При этом отметим, что корреляция между средней продолжительностью прорастания семени и жизнеспособностью семян дерева отсутствует.

Как показано на графике (рис. 2), энергия прорастания зависит не от жизнеспособности семян, а от сроков их массового прорастания и растянутости периода прорастания. Если у дерева № 16 пик прорастания семян пришелся на шестые сутки, а основная часть семян проросла на восьмые сутки, то у дерева № 20 первые проросшие семена обнаружены на восьмые, а их максимальное число – на десятые сутки от начала эксперимента. В результате у дерева № 16 средняя длительность прорастания одного семени составила 5,5 суток, а у дерева № 20 – 9,3 суток.

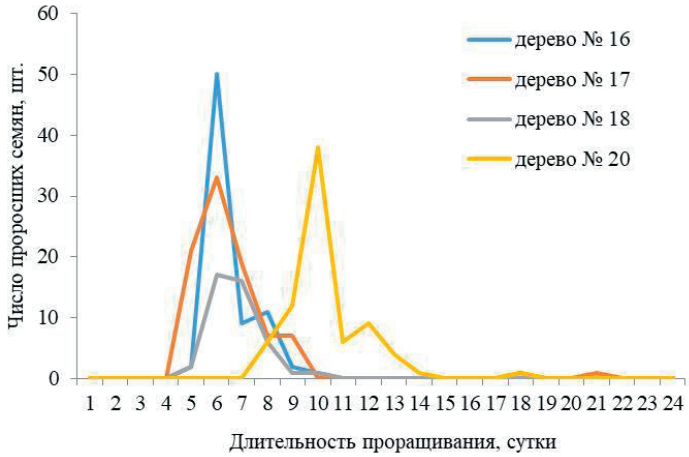

Рис. 2. Динамика прорастания семян плосковеточника восточного урожая 2019 года в предгорном Крыму

Оценка средней продолжительности энергии прорастания одного семени у одних и тех же деревьев, растущих на ЮБК, не выявил чёткой картины сохранения их рангового положения по годам, как по срокам максимального прорастания, так и по длительности прорастания семян у отдельно взятого дерева.

Взрезание не проросших в течение 40 суток семян у деревьев, растущих на пробных площадях в лесных культурах Евпаторийского лесничества, показало, что у девятнадцати из двадцати деревьев в образцах, имеющих как высокую (более 50 %), так и низкую (менее 50 %) всхожесть, среди непроросших преобладают пустые семена. Количество таких семян варьировало от 15,0 до 65,75% (табл. 3).

Таблица 3

Результаты анализа непроросших семян плосковеточника восточного урожая 2016 года в лесных культурах Евпаторийского лесничества

Номер дерева	Жизнеспособность, %	Семена, не проросшие в течение 40 суток, %			
		Всего	В том числе		
			Живые	Загнившие	Пустые
П 19-1	28,50	71,50	0,75	5,00	65,75
П 19-2	54,00	46,00	4,25	11,75	30,00
П 19-3	43,50	56,50	3,00	3,75	49,75
П 19-4	63,50	46,50	0,75	3,00	32,75
П 19-5	63,25	36,75	1,35	4,00	31,50
П 18-1	47,50	52,50	0,25	3,75	52,50
П 18-2	17,25	82,75	7,00	29,75	46,00
П 18-3	60,25	39,75	0,00	2,25	37,50
П 18-4	37,25	62,75	3,75	24,25	34,75
П 18-5	43,50	56,50	0,75	11,50	44,25
П 2-1	68,00	32,00	1,25	7,50	22,75
П 2-2	52,75	47,25	3,25	7,00	37,00
П 2-3	61,75	38,25	1,00	4,25	33,00
П 2-4	50,25	49,75	2,50	0,75	46,50
П 2-5	69,50	30,50	1,75	16,00	15,00
П 4-1	60,25	39,75	2,00	4,00	33,75
П 4-2	59,25	40,75	4,25	4,25	32,25
П 4-3	59,50	40,50	0,50	4,50	35,50
П 4-4	61,25	38,75	1,75	3,00	32,75
П 4-5	71,00	39,00	1,00	9,75	18,25

Среди непроросших значительным количеством (до 29,75 %) представлены загнившие семена, зародышевое ложе которых заполнено разлагающимися остатками зародышей, отмерших, судя по окраске содержимого, на разных этапах развития семени или в процессе проращивания. Наряду с описанными выше отмершими семенами у более чем половины изученных образцов среди непроросших обнаружено до 7,0 % внешне жизнеспособных семян, зародышевое ложе которых заполнено зародышем, не имеющим признаков поражения (рис. 3).

Рис. 3. Препарированное семя плосковеточника восточного с живым зародышем, не проросшее в течение 40 суток проведения опыта

Анализ результатов исследования развития репродуктивных органов и качества семян у плосковеточника восточного в Крыму показывает, что ежегодно наблюдаемое варьирование жизнеспособности семян не только по годам, но даже и у рядом растущих деревьев в отдельно взятый год, обусловлено рядом определенных факторов и их сочетанием. Широкая амплитуда варьирования жизнеспособности семян от 29 % до 92 % в урожае 2019 года в Предгорной зоне и от 1 % до 94 % – в лесных культурах Евпаторийского лесничества, вероятно, связана как с качеством мужской половой продукции отдельных деревьев, поскольку мейоз микроспороцитов в этом году проходил с 28.12.2018 по 20.01.2019 при частой смене положительных и отрицательных температур, опускавшихся до –5 °С, так и с погодными условиями в период опыления.

Вероятными причинами низкого качества семян у ряда деревьев могут быть как самоопыление, так и варианты близкородственного опыления, поскольку интродукционная популяция плосковеточника в Крыму в значительной степени формируется по принципу основателя, как потомство небольшого числа растений, выращенных Никитским ботаническим садом.

Внутреннее содержание непроросших семян указывает на различные причины их формирования. Обнаруженные пленчатые остатки в зародышевом ложе пустых семян указывают на их отмирание на ранних этапах развития. Одной их основных причин пустосемянности является недостаточное опыление, связанное как с качеством пыльцы, так и с нарушением самого этого процесса вследствие прохождения микроспорогенеза и поллинации в нестабильных гидротермических условиях. С аналогичными причинами связано снижение семенной продуктивности у местного тиса ягодного, а также у таких представителей аллохтонной дендрофлоры Крыма, как кипарисы и секвойи, имеющих сходный с плосковеточником фенoритм развития репродуктивных органов и механизм опыления [3, 8].

Причинами загнивания содержимого семени может быть отмирание нуцеллуса и зародыша на разных этапах развития. Нередко это обусловлено летальным воздействием различных инфекций. Примечательно, что у загнивших семян, согласно нашим наблюдениям, заплесневелость наружных покровов была в 2–3 раза выше, чем у пустых. Выяснение причин загнивания семян плосковеточника требует организации специального исследования, с использованием фитопатологических методов, а также направленное на детальное изучение строения и особенностей развития наружных покровов семян, особенно в их халазальной части.

Особый интерес представляют непроросшие семена с развитым зародышем. Эти семена являются потенциально жизнеспособными. Большая длительность прорастания отдельных семян как в образцах с низкой (дерево № П 18-2), так и относительно высокой (№ П 4-2 и № П 19-2) жизнеспособностью, различающихся по средней продолжительности прорастания одного семени, указывает на высокую наследственную неоднородность семян. Наличие поздно прорастающих семян, с одной стороны, можно рассматривать в качестве механизма элиминации тех из них, которые являются наследственно неполноценными в конкретных условиях прорастания. С другой стороны, такое разнообразие по длительности прорастания семян можно рассматривать и как приспособление, повышающее эффективность семенного воспроизводства и возможность формирования почвенного банка семян в условиях с нестабильным режимом увлажнения в весенний период. Однако предположение о возможности формирования почвенного банка семян требует постановки специальных опытов.

Заключение

Подводя итоги обсуждения результатов исследования особенностей репродуктивного

развития и качества семян плосковеточника восточного можно констатировать, что благодаря высокой степени акклиматизации, а также изменчивости отдельных его растений по ритму сезонного развития репродуктивных органов, данный вид в декоративных насаждениях и лесных культурах способен ежегодно давать урожай всхожих семян, качество которых зависит от индивидуальных особенностей деревьев и региональных погодно-климатических условий. Относительно высокие средние показатели жизнеспособности семян плосковеточника восточного в лесных культурах в Степной и Предгорной зонах полуострова позволяют рассматривать данные насаждения в качестве надёжного источника посевного материала для питомниководства и степного лесоразведения на юге России.

Считаем необходимым включение в существующие стандарты по семенам древесных растений требование оценивать жизнеспособность семян плосковеточника восточного по результатам проращивания в течение 20 суток, поскольку за этот период прорастает более 99 % потенциально жизнеспособных семян.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ена, А.В. Природная флора Крымского полуострова: монография / А.В. Ена. – Симферополь: Н. Оріанда, 2012. – 232 с.
2. Забелин, И.А. Gymnospermae – голосеменные / И.А. Забелин // Труды Никитского ботанического сада. – 1939. – Т. 22, вып. 1. – С. 35–178.
3. Захаренко, Г.С. Биологические основы интродукции и культуры видов рода *Cupressus* L. / Г.С. Захаренко – Киев: Аграрна наука, 2006. – 256 с.
4. Захаренко, Г.С. Семеношение основных интродуцированных древесных растений в насаждениях степного Крыма / Г.С. Захаренко, Р.В. Салогуб // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Сборник материалов XX Международной конференции. – Красноярск, 2017. – С. 51–54.
5. Каппер, О.Г. Хвойные породы. Лесоводственная характеристика / О.Г. Каппер, – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1954. – 303 с.
6. Козловский, Б.Л. Технология размножения плосковеточника восточного (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) для целей зеленого строительства в Ростовской области / Б.Л. Козловский, М.М. Середа, Т.В. Вардуни, М.П. Богословенко // Инженерный вестник Дона. – 2014. – № 2 (29). – С. 76.
7. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
8. Ругузов, И.А. Фертильность пыльцы тиса ягодного и аномалии в её строении / И.А. Ругузов // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 1972. – Вып. 2. – С. 34–36.
9. Салогуб, Р.В. Использование плосковеточника восточного (*Platycladus orientalis*) в защитном лесоразведении степного Крыма / Р.В. Салогуб // 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. – С. 247–251.
10. Хаджус, А.Н. Биологические особенности плосковеточника восточного (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), применяемого в озеленении г. Ташкента: автореферат дис. … канд. биол. наук / Абдул Насер Хаджус. – Ташкент, 1992. – 24 с.
11. Du, W.J. Advances in plantation silviculture for *Platycladus orientalis* (L.) Franco / W.J. Du, S.X. Xie, Y.J. Li // Hubei For. Sci. Tec. – 2009. – № 156. – pp. 39–42.
12. Farjon, A. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys* / A. Farjon. – Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 2005. – 643 p.

13. Farjon, A. An atlas of the World's Conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status / A. Farjon, D. Filer. – Leiden, Boston: Brill, 2013. – 524 p.

14. Fu, Liguo. Cupressaceae / Liguo Fu, Yongfu Yu, R. Mill. Robert // In Flora of China. Vol. 4. – Beijing: Science Press; St. Louis: Missouri Botanical Garden, 1999 (http://www.efloras.org).

15. Guoqing, Li. Mapping the climatic suitable habitat of oriental arborvitae (*Platycladus orientalis*) for introduction and cultivation at a global scale / Li Guoqing, Du Sheng, Wen Zhongming // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6. – pp. 1–9.

16. Кохно, М.А. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева та кущі. Голонасінні / Кохно М.А. Гордієнко В.І., Захаренко Г.С. / За ред. М.А. Кохна та С.І. Кузнецова. – Київ: Вища школа, 2001. – 208 с.

17. Liu, F. Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings / F. Liu, S. Xing, H. Ma, Z. Du, B. Ma // Applied microbiology and biotechnology. – 2013. – Vol. 97, № 20. – pp. 9155–9164.

18. Silba, J. Noteworthy conifers in the Xian Shan region of Beijing, China / J. Silba // American Conifer Society Bulletin. – 1996. – Vol. 13 (1). – pp. 8–12.

19. Sun, Zhiyan. Famous ancient Trees in Beijing / Zhiyan Sun, Tinglu Qi, Cheng Jin, Zuqing Wang. – Beijing: Publishing House, 1992. – 126 p.

20. Yang, X. The growth and distrubution of *Platycladus orientalis* seed-base seedling root in different culture periods / X. Yang, N. Dong, D. Yan, N. Sajiki, Y. Zhao // Shengtai xuebao. – 2011. – Vol. 31, № 19. – pp. 5818–5823.

REFERENCES

1. Yena A.V. Prirodnaya flora Krymskogo poluostrova: monografiya. Simferopol, 2012, 232 p. (In Russian)

2. Zabelin I.A. Gymnospermae – golosemennyye. *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1939, v. 22, no. 1, pp. 35–178. (In Russian)

3. Zakharenko G.S. Biologicheskiye osnovy introdukcii i kultury vidov roda *Cupressus* L. Kiev, 2006, 256 p. (In Russian)

4. Zakharenko G.S., Salogub R.V. Semenosheniye osnovnykh introducirovannykh drevesnykh rasteniy v nasazhdeniyakh stepnogo Kryma. *Proceedings of the 20rd International Conference "Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnykh rasteniy"*. Krasnoyarsk, 2017, pp. 51–54. (In Russian)

5. Kapper O.G. Hvoynyye porody. Lesovodstvennaya kharakteristika. Moscow-Leningrad, 1954, 303 p. (In Russian)

6. Kozlovskiy B.L., Sereda M.M., Varduni T.V., Bogoslovenko M.P. Tekhnologiya razmnozheniya ploskovetochnika vostochnogo (*Platycladus orientalis* (L.) Franco) dlya celey zelenogo stroitelstva v Rostovskoy oblasti. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2014, no. 2 (29), p. 76. (In Russian)

7. Nikolayeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V.N. Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchihsya semyan. Leningrad, 1985, 348 p. (In Russian)

8. Ruguzov I.A. Fertilnost pylcy tisa yagodnogo i anomalii v yego stroyenii. *Byulleten Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1972, no. 2, pp. 34–36. (In Russian)

9. Salogub R.V. Ispolzovaniye ploskovetochnika voctochnogo (*Platycladus orientalis*) v zashchitnom lesorazvedenii stepnogo Kryma. *Proceedings of the 20rd International Conference "150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.F. Morozova"*. Simferopol, 2017, pp. 247–251. (In Russian)

10. Hadzhus Abdul Naser. Extended abstract of candidate tesies “Biologicheskiye osobennosti ploskovetochnika vostochnogo (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), primenyayemogo v ozelenenii g. Tashkenta”. Tashkent, 1992, 24 p. (In Russian)

11. Du W.J., Xie S.X., Li Y.J. Advances in plantation silviculture for *Platycladus orientalis* (L.) Franco. *Hubei For. Sci. Tec,* 2009, no. 156, pp. 39–42.

12. Farjon A. A monograph of *Cupressaceae* and *Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens, Kew, 2005, 643 p.

13. Farjon A., Filer D. An atlas of the World’s Conifers: An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status. Leiden, Boston: Brill, 2013, 524 p.

14. Fu Liguo, Yu Yongfu, Robert R. Mill. *Cupressaceae. In Flora of China, vol. 4,* Beijing–Missouri Botanical Garden, 1999 (http://www.efloras.org).

15. 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, vol. 6, pp. 1–9.

16. Kokhno M.A., Gordiyenko V.I., Zakharenko G.S. Dendroflora Ukrayiny. Dikorosli y kultyvovani dereva ta kushchi. Golonasinni. Kiev, 2001, 208 p. (In Ukrainian)

17. 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, vol. 97, no. 20, pp. 9155–9164.

18. Silba J. Noteworthy conifers in the Xian Shan region of Beijing, China. *American Conifer Society Bulletin,* 1996, vol. 13 (1), pp. 8–12.

19. Sun Zhiyan, Qi Tinglu, Jin Cheng, Wang Zuqing. Famous ancient Trees in Beijing. Beijing, 1992, 126 p.

20. Yang X., Dong N., Yan D., Sajiki N., Zhao Y. The growth and distrubution of *Platycladus orientalis* seed-base seedling root in different culture periods. *Shengtai xuebao*, 2011, vol. 31, no. 19, pp. 5818–5823.

Статья поступила в редакцию 30.10.2021