

Некоторые особенности развития генеративной сферы *Juniperus deltoides* в Горном Крыму

Some features of the development of the generative sphere of *Juniperus deltoides* in Mountain Crimea

Коренькова О. О.

Korenkova O. O.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия. E-mail: o.o.korenkova@mail.ru
Nikitsky Botanical Garden – National Science Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia

Реферат. Для изучения биоморфологических особенностей шишкоягод и семян *Juniperus deltoides* проводили закладку 17 пробных площадей. По средствам однофакторного дисперсионного анализа выявляли степень влияния абиотических и антропогенных факторов на семенную продуктивность и качество семян. Установлено, что на развитие генеративной сферы *J. deltoides* в значительной степени влияет антропогенная нагрузка территории произрастания и количество выпавших осадков в период с марта по август. Размеры шишкоягод крымской популяции *J. deltoides* меньше, чем в основной части ареала вида. Подавляющая доля шишкоягод содержит по три семени. Параметры семян варьируют несущественно в диапазоне от 4,4 до 6,0 мм по высоте; от 2,3 до 3,2 мм по ширине и от 2,3 до 2,9 мм по толщине. Масса семян изменяется достаточно широко от 15,9 до 26,9 г. Установлено, что практически половина (47,53 %) всех особей *J. deltoides* характеризуется низкой семенной продуктивностью. Определена доля полнозернистых семян, которая составляет 1,32–26,92 %. Коэффициенты корреляции между показателями генеративной сферы находятся в диапазоне от 0,45 до 0,80.

Ключевые слова. Абиотические факторы, антропогенная нагрузка, полнозернистость семян, семена, семенная продуктивность, шишкоягоды, *Juniperus deltoides*.

Summary. To study the biomorphological features of cone berries and seeds of *Juniperus deltoides*, 17 sample plots were planted. By means of one-way analysis of variance, the degree of influence of abiotic and anthropogenic factors on seed productivity and seed quality was revealed. It has been established that the development of the generative sphere of *J. deltoides* is largely influenced by the anthropogenic load of the growing area and the amount of precipitation in the period from March to August. The size of the cone berries of *J. deltoides* Crimean population is smaller than in the main part of the species range. The vast majority of cone berries contain 3 seeds. Seed parameters vary insignificantly in the range from 4.4 mm to 6.0 mm (in height); from 2.3 mm to 3.2 mm (in width) and from 2.3 mm to 2.9 mm (in thickness). The weight of seeds varies quite widely from 15.9 g to 26.9 g. It has been established that almost half (47.53 %) of all *J. deltoides* individuals are characterized by low seed productivity. The proportion of full-grained seeds was determined, which is 1.32–26.92 %. The correlation coefficients between the indicators of the generative sphere range from 0.45 to 0.80.

Key words. Abiotic factors, anthropogenic load, cone berries, grain fullness, *Juniperus deltoides*, seeds, seed productivity.

Введение. В настоящее время на территории Крыма распространены природные популяции 5 видов можжевельников: *Juniperus communis* L., *Juniperus deltoides* R. P. Adams, *Juniperus excelsa* M.-Bieb., *Juniperus foetidissima* Willd., *Juniperus sabina* L. Все они включены в Красную книгу Республики Крым. *J. deltoides* – это реликтовый вид третичного периода. Является типичным представителем средиземноморской группы секции *Juniperus*. Представляет собой двудомный кустарник или небольшое дерево до 10–15 м высотой. Хвоя длиной 10–25 мм и 1–3 мм шириной в чередующихся мутовках по 3 шт. Шишкоягоды пазушные, на коротких (1–2 мм) карликовых побегах с мутовками мелкой хвои. Срок их созревания – два года. Зрелые шишки шаровидные или яйцевидно-шаровидные диаметром 8–20 мм. Шишкоягода содержит по 2–3 семени, длина которых 5–12 мм (Adams, 2014b; Елихин, 2015; Farjon, 2017; Садыкова, Нешатаева, 2020; Rajcevic et al., 2020; Yousefi et al., 2021).

Известно, что процессы плодоношения наиболее сложно протекают у реликтовых видов, которые зародились в условиях, отличных от современных. Кроме того, особого внимания требуют виды, численность популяций которых в последнее время сокращается, в результате чего возникает угроза

их исчезновения. Изучение генеративной сферы редких и исчезающих видов лежит в основе разработки мероприятий по поддержанию и сохранению их популяций (Вайнагий, 1974; Зубаирова, 2013). Именно развитие генеративной сферы в значительной степени определяет устойчивость популяций растений. Высокая наследственная обусловленность является характерной для этого типа органов растений, что позволяет установить особенности популяционного развития вида и выявить его адаптивные механизмы (Фарукшина, Путенихин, 2011).

Целью проведенных исследований явилось определение особенностей развития генеративной сферы крымской популяции *J. deltooides*. Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи: выявить уровень семенной продуктивности, определить морфометрические параметры шишкоягод и семян, оценить качество семян *J. deltooides*.

Материал и методика. Изучение особенностей развития генеративной сферы *J. deltooides* проводили на 17 пробных площадях (ПП), закладку которых осуществляли по общепринятым методикам. Пробные площади в природных популяциях находятся на высоте от 40 до 620 м над ур. м., в различных эдафо-орографических условиях: 1–2 – окр. г. Инкерман; 3 – г. Чирка-Каясы; 4 – г. Самналых; 5 – г. Толака-Баир; 6–8 – г. Кара-Даг; 9 – г. Дракон; 10 – м. Мартьян; 11 – г. Папая-Кая; 12–13 – г. Коба-Кая; 14 – г. Сокол; 15 – г. Каршитерс; 16 – ск. Куллю-Кая; 17 – окр. с. Кудрино (Сергеев, 1953).

На каждой пробной площади, согласно общепринятым методикам, выделяли по 10 модельных деревьев (Методы изучения ..., 2002). Семенную продуктивность определяли глазомерно, путем осмотра особей. Для оценки степени обилия шишкоягод использовали шестибальную шкалу О. Г. Каппера (Корчагин, 1960; Исигов и др., 2014). Для каждого дерева определяли параметры 30 шишкоягод генерации текущего года и находящихся в них семян. Штангенциркулем измеряли диаметр в двух плоскостях (условно высоту и ширину). Семена извлекали из шишкоягод путем разрезания ее мякоти и дальнейшего их очищения. У семян измеряли высоту, ширину и толщину. Кроме того, определяли массу шишкоягод и семян с последующим пересчетом на 1000 шт. Полнозернистость семян определяли в результате их взрезывания (Лесная энциклопедия, 1986). Полученные данные обрабатывали методами математической статистики (Лакин, 1990).

Результаты. В ходе исследований, установлено, что больше половины (52,47 %) древостоев крымской популяции *J. deltooides* характеризуются урожаем выше среднего (рис.).

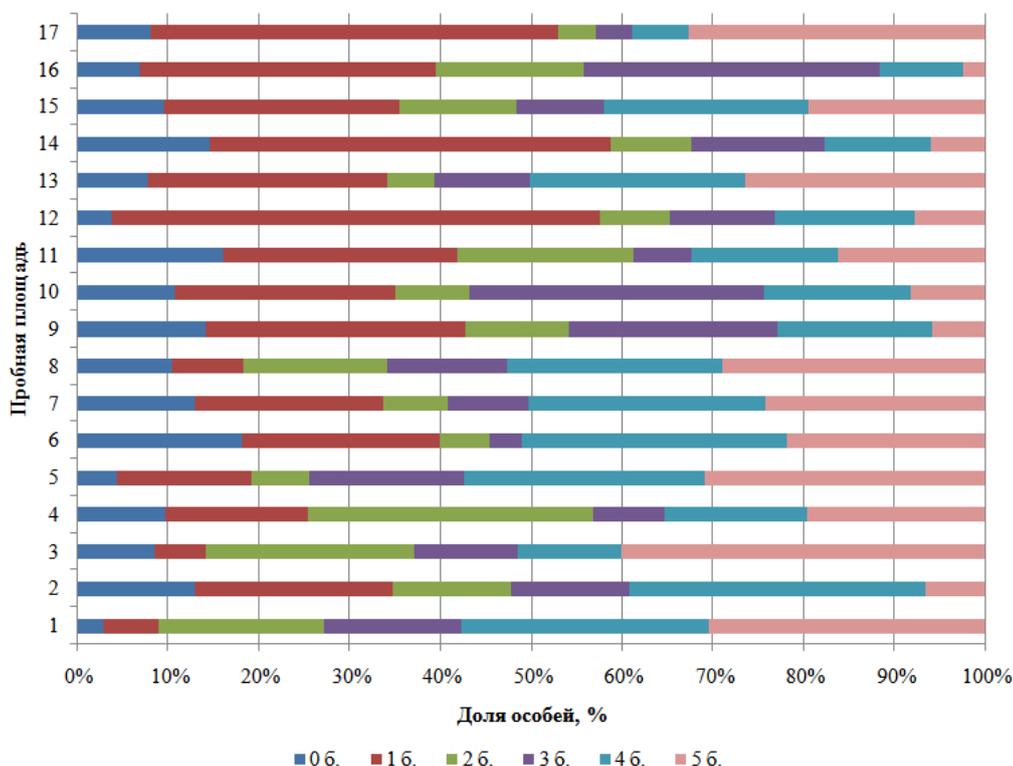


Рис. Уровень семенной продуктивности *Juniperus deltooides* в зависимости от пробной площади.

Значительное отличие уровня семенной продуктивности на пробных площадях можно объяснить различием в гидро-термическом режиме регионов. Для восточной и северной территорий характерны возвратные заморозки в период формирования микроспор, что негативно влияет на качество пыльцы, и как следствие, снижает урожайность шишкоягод. Кроме того, в период вылета пыльцы, в регионах с низкой семенной продуктивностью, отмечается не стабильная среднесуточная температура. Известно, что апикальные клетки нуцеллуса секреторируют жидкость только при определенных гидротермических условиях: температура воздуха выше +16 °С и его относительная влажность более 50 %. В противном случае процесс опыления не происходит (Корсакова и др., 2019).

В ходе проведенных исследований установлено, что высота шишкоягод варьирует незначительно: 6,4–9,8 мм. Кроме того, нет существенных отличий между показателями их ширины (табл. 1). При проведении однофакторного дисперсионного анализа достоверно установлено, что климатические особенности области произрастания *J. deltoides* оказывают весьма существенное влияние на ширину и высоту шишкоягоды. Экспозиция склона выступает вторым, по величине влияния, фактором. Минимальные параметры высоты и ширины отмечены на участках с северо-восточной экспозицией склона. А максимальные показатели – на западной (для высоты) и на южной для ширины.

Таблица 1

Параметры шишкоягод и семян *Juniperus deltoides* в Горном Крыму

№ П/П	Высота ш/я, мм	Ширина ш/я, мм	Масса 1000 шт ш/я., г	Кол-во семян в ш/я, шт.	Высота семени, мм	Ширина семени, мм	Толщина семени, мм	Масса 1000 шт. семян, г
	М ± m	М ± m	М ± m	М ± m	М ± m	М ± m	М ± m	М ± m
1	7,6 ± 0,1	9,4 ± 0,2	197,3 ± 15,3	2,9 ± 0,1	5,1 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1	23,3 ± 1,6
2	9,8 ± 0,2	9,9 ± 0,2	285,7 ± 21,3	2,9 ± 0,1	5,9 ± 0,2	3,1 ± 0,1	2,8 ± 0,2	22,7 ± 2,2
3	6,9 ± 0,1	8,6 ± 0,2	133,3 ± 12,4	3,0 ± 0,3	4,9 ± 0,2	2,8 ± 0,2	2,9 ± 0,1	17,0 ± 1,6
4	8,3 ± 0,1	9,4 ± 0,2	184,6 ± 13,4	2,9 ± 0,1	5,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,7 ± 0,1	23,3 ± 1,9
5	7,5 ± 0,1	8,6 ± 0,4	134,8 ± 11,9	2,9 ± 0,2	5,9 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,8 ± 0,1	24,4 ± 2,1
6	7,1 ± 0,2	7,8 ± 0,2	186,7 ± 12,3	2,8 ± 0,2	5,4 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,6 ± 0,1	26,9 ± 1,8
7	7,8 ± 0,1	8,7 ± 0,3	177,8 ± 14,7	3,0 ± 0,1	5,1 ± 0,2	3,0 ± 0,1	2,6 ± 0,1	22,8 ± 2,5
8	7,4 ± 0,2	8,3 ± 0,2	190,0 ± 14,6	2,8 ± 0,2	5,2 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,6 ± 0,1	24,6 ± 2,0
9	7,5 ± 0,2	8,5 ± 0,2	257,3 ± 18,9	1,7 ± 0,2	5,3 ± 0,1	3,2 ± 0,1	2,9 ± 0,2	23,7 ± 2,1
10	8,1 ± 0,2	9,9 ± 0,3	185,3 ± 14,4	2,7 ± 0,2	5,1 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,8 ± 0,1	24,4 ± 2,2
11	6,4 ± 0,1	8,5 ± 0,1	132,0 ± 11,1	2,9 ± 0,1	4,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,4 ± 0,1	15,9 ± 1,1
12	7,5 ± 0,2	9,0 ± 0,2	190,7 ± 10,6	3,1 ± 0,1	5,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,4 ± 0,1	23,1 ± 2,4
13	6,9 ± 0,1	8,0 ± 0,2	130,8 ± 14,3	2,5 ± 0,2	4,5 ± 0,2	2,3 ± 0,1	2,3 ± 0,1	21,1 ± 1,2
14	7,3 ± 0,1	8,8 ± 0,2	187,7 ± 13,2	2,8 ± 0,2	4,9 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,5 ± 0,1	24,4 ± 1,9
15	6,9 ± 0,2	7,9 ± 0,2	192,2 ± 12,2	2,7 ± 0,1	4,6 ± 0,1	3,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1	22,9 ± 1,6
16	9,0 ± 0,1	10,3 ± 0,2	374,7 ± 28,8	3,0 ± 0,2	6,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,9 ± 0,1	22,2 ± 1,8
17	8,4 ± 0,1	9,9 ± 0,1	349,2 ± 27,9	2,9 ± 0,1	5,6 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,7 ± 0,1	20,5 ± 2,1

Примеч.: М – средний показатель; m – ошибка среднего показателя.

В ходе проведенных исследований удалось установить, что в шишкоягодах *J. deltoides* образуется от 1 до 4 семян. Подавляющая доля шишкоягод содержит по 3 семени. Параметры семян варьируют незначительно – 4,4–6,0 мм (по высоте), 2,3–3,2 мм (по ширине) и 2,3–2,9 мм (по толщине) (табл.1). Минимальные размеры семян отмечены на г. Папая-Кая (пробная площадь № 11). Для этой территории характерны также и наименьшие размеры высоты шишкоягод. Это позволяет предположить, что существует закономерность между этими параметрами. Данная пробная площадь характеризуется высокой антропогенной нагрузкой.

При общем достаточно высоком уровне семенной продуктивности в настоящее время в Крыму отмечается низкое семенное возобновление *J. deltoides*. Одной из важнейших причин отсутствия новой генерации леса выступает низкий уровень выполненности семян. При оценке полноты

семян *J. deltoides*, установлено, что можжевельник в условиях Крыма характеризуется крайне низким качеством семян. На долю пустых семян в среднем приходится более 86 %.

Для выявления внешних причин, приведших к низкой доле полнозернистых семян исследуемого вида, проводили однофакторный дисперсионный анализ. В результате выполненной работы установлено, что на качество семян *J. deltoides* в горах Крыма максимальное влияние оказывают два фактора: регион произрастания особей и величина антропогенного воздействия. Сила влияния данных факторов проявляется практически одинаково и составляет 60,97 и 66,37 % соответственно.

В ходе исследований, выявлено, что экспозиция склона и эдафические условия мест произрастания *J. deltoides* не оказывают достоверного влияния на полнозернистость семян. При этом установлено, что на участках с южной экспозицией развивается большее число дегенеративных семян, общее число таких семян в популяции не велико и составляет 1,24 %. Подобное явление можно объяснить разницей в нагреве поверхности (Горышина, 1979).

Установлено, что параметры шишкочегод и семян *J. deltoides* находятся в различной степени зависимости друг от друга (табл. 2). Так, изменение массы шишкочегод в большей степени зависит от их высоты и ширины ($r = 0,78$ и $0,71$, соответственно). В меньшей степени масса шишкочегод коррелирует с параметрами семян (коэффициент корреляции от $0,47$ до $0,67$). Кроме того, установлена незначительная обратная корреляция массы шишкочегод с количеством в них семян ($r = -0,18$). Так же обратная зависимость (коэффициент корреляции $r = -0,37$) выполненности семян от их количества в шишкочегоде. Так, семена, развивающиеся в шишкочегоде по одному, с большей долей вероятности будут выполненными, нежели семена, образующиеся по 3 или 4 в шишкочегоде.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции параметров шишкочегод и семян *J. deltoides* в Горном Крыму

	H	B	h	b	d	E	P	M	m
H	–	–	–	–	–	–	–	–	–
B	0,81	–	–	–	–	–	–	–	–
h	0,80	0,60	–	–	–	–	–	–	–
b	0,50	0,25	0,60	–	–	–	–	–	–
d	0,57	0,46	0,70	0,80	–	–	–	–	–
E	0,05	0,12	-0,06	-0,41	-0,32	–	–	–	–
P	0,25	0,17	0,45	0,70	0,60	-0,37	–	–	–
M	0,78	0,71	0,67	0,47	0,48	-0,18	0,53	–	–
m	0,26	-0,06	0,44	0,47	0,45	-0,13	0,39	0,14	–

Примеч.: H – высота шишкочегод; B – ширина шишкочегод; h – высота семян; b – ширина семян; d – толщина семян; E – число семян в шишкочегоде; P – процент выполненных семян; M – масса 1000 шишкочегод; m – масса 1000 семян.

Наибольшие показатели корреляции – $r = 0,81$ выявлены между: высотой шишкочегоды и ее шириной; высотой шишкочегоды и высотой семян; шириной и толщиной семян. В меньшей степени проявляется корреляция между: высотой семени и его толщиной – $r = 0,70$; шириной шишкочегоды и высотой семени, а также высотой семени и его шириной – в данных случаях коэффициент корреляции равен $0,60$.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено, что высота и ширина шишкочегод варьируют незначительно: высота в пределах 6,4–9,8 мм и ширина – 7,8–10,3 мм, что меньше, чем размеры шишкочегод в основной части ареала. Масса шишкочегод *J. deltoides* варьирует достаточно широко: от 130 до 374,7 г. Параметры семян варьируют несущественно в диапазоне от 4,4 до 6,0 мм по высоте; от 2,3 до 3,2 мм по ширине и от 2,3 до 2,9 мм по толщине. Масса семян изменяется значительно: от 15,9 до 26,9 г.

Кроме того, удалось установить, что наибольшее влияние на развитие генеративной сферы *J. deltoides* оказывает регион произрастания особей, а именно, количество выпавших осадков в период созревания шишкочегод и семян. Выявлена зависимость развития генеративной сферы *J. deltoides* от степени антропогенной нагрузки на территорию произрастания вида.

В результате проделанной работы установлено, что практически половина (47,53 %) всех исследованных особей характеризуется низкой семенной продуктивностью. При этом доля полнозернистых

семян не превышает 26,92 %, что свидетельствует о том, что, за последние почти два десятилетия, качество семян *J. deltoides* в Крыму снизилось почти в 1,5 раза. Среди внешних причин, приведших к низкой доле полнозернистых семян вида, выявлено, что наибольшее влияние оказывает степень антропогенной нагрузки исследуемой территории.

Установлена зависимость между размерами шишкочагод и размерами находящихся в них семян. Коэффициенты корреляции между показателями находятся в диапазоне от 0,45 до 0,80. Кроме того, отмечена обратная зависимость размеров семян от их количества в шишкочагоде.

ЛИТЕРАТУРА

- Вайнагий И. В.** О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботан. журн., 1974. – Т. 59, № 6. – С. 826–831.
- Горьшина Т. К.** Экология растений. – М.: Высшая школа, 1979. – 368 с.
- Епихин Д. В.** Можжевельник дельтовидный / Красная книга Республики Крым. Растения водоросли и грибы / отв. ред. А. В. Ена, А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 63.
- Зубаирова Ш. М.** Особенности семенной продуктивности *Hedysarum daghestanicum* Boiss. ex Rupr. в природных популяциях // Фундаментальные исследования, 2013. – № 6–2. – С. 352–355.
- Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Коба В. П.** Методы исследований лесных экосистем Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2014. – 252 с.
- Корсакова С. П., Корсаков П. Б., Багрикова Н. А.** Биология опыления *Juniperus excelsa* и *J. deltoides* (Cupressaceae) на Южном берегу Крыма // Ботан. журн., 2019. – Т. 104, № 10. – С. 1574–1587. DOI: 10.1134/S0006813619100077.
- Корчагин А. А.** Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ // Полевая геоботаника, 1960. – Т. II. – С. 41–132.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
- Лесная энциклопедия: В 2-х тт.* / Гл. ред. Воробьев Г. И. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 2. – 631 с.
- Методы изучения лесных сообществ* / отв. ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузова. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
- Садыкова Г. А., Нешатаева В. Ю.** Редколесья *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpus* в предгорном Дагестане // Ботан. журн., 2020. – Т. 105, № 2. – С. 179–195.
- Сергеев П. Н.** Лесная таксация. – М.: Гослесбумиздат, 1953. – 311 с.
- Фарукишина Г. Г., Путенихин В. П.** Параметры генеративных органов можжевельника обыкновенного на Южном Урале // Региональные геосистемы, 2011. – № 9(104), вып. 15/1. – С. 321–325.
- Adams R. P.** The *Junipers* of the world: The genus *Juniperus*. 4th ed. – Trafford Publ., Victoria, BC, 2014. – 422 p.
- Farjon A.** A Handbook of the World's Conifers. – Brill: Leiden & Boston, 2017. – 1154 p.
- Rajcevic N., Dodos T., Novakovic J.** Epicuticular wax variability of *Juniperus deltoides* R. P. Adams from the central Balkan // Ecology and chemophenetics, 2020. – Vol. 89. – P. 104008.
- Yousefi S., Avand M., Yariyan P.** Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* specie using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran // Ecological Informatics, 2021. – Vol. 65. – P. 101427. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2021.101427