

Научная статья

УДК 581.48

DOI: 10.32516/2303-9922.2023.48.4

Морфологические особенности шишкочкогод и семян *Juniperus excelsa* М.-Виб. в Горном Крыму

Олеся Олеговна Коренькова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия, o.o.korenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6482-7312>

Аннотация. В статье представлены результаты морфометрических исследований генеративной сферы *J. excelsa* в Горном Крыму. Шишкочкогоды крымской популяции *J. excelsa* не достигают размеров, свойственных особям, произрастающим в основной части ареала. Выявлены основные факторы, влияющие на развитие шишкочкогод и семян, среди которых высота над уровнем моря и экспозиция склона, на котором произрастают древостой. Максимального развития генеративная сфера *J. excelsa* достигает на участках с юго-восточной, восточной и западной экспозициями в пределах высот от 50 до 300 м над уровнем моря. В шишкочкогодах *J. excelsa* в Горном Крыму содержится от 2 до 9 шт. семян, что значительно больше, чем описано в литературных источниках для Средиземноморья, где образуется по 3—6 семян. 60% шишкочкогод включают по 5—6 семян. На размеры семян основное влияние также оказывает высотный фактор, сила которого составляет 32,5%. Масса семян широко варьирует — от 17,2 до 56,8 г. При этом максимальный вес шишкочкогод не всегда соответствует большей выполненности семян, а зависит от их параметров.

Ключевые слова: *Juniperus excelsa* М.-Виб., шишкочкогоды, семена, Горный Крым, абиотические факторы.

Для цитирования: Коренькова О. О. Морфологические особенности шишкочкогод и семян *Juniperus excelsa* М.-Виб. в Горном Крыму // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2023. № 4 (48). С. 65—77. URL: http://vestospu.ru/archive/2023/articles/4_48_2023.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2023.48.4.

Original article

Morphological features of cones and seeds of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. in the Mountainous Crimea

Olesya O. Korenkova

Moscow State University Of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, o.o.korenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6482-7312>

Abstract. The article presents the results of morphometric studies of the generative sphere of *J. excelsa* in the Mountainous Crimea. The pine cones of the Crimean population of *J. excelsa* do not reach the sizes characteristic of individuals growing in the main part of the range. The main factors influencing the development of pine cones and seeds have been identified, including the height above sea level and the exposure of the slope on which the stands grow. The generative sphere of *J. excelsa* reaches its maximum development in areas with southeastern, eastern and western exposures ranging from heights of 50 to 300 m above sea level. The pine cones *J. excelsa* of the Mountainous Crimea contain from 2 to 9 seeds, which is much more than described in literary sources for the Mediterranean, where 3—6 seeds are formed. 60% of the cones include 5—6 seeds each. The size of the seeds is also mainly influenced by the altitude factor, accounting for 32.5%. The weight of the seeds varies widely from 17.2 to 56.8 g. At the same time, the maximum weight of the cones does not always correspond to the greater fulfillment of the seeds, but depends on their parameters.

© Коренькова О. О., 2023

Keywords: *Juniperus excelsa* M.-Bieb., pine cones, seeds, Mountainous Crimea, abiotic factors.

For citation: Korenkova O. O. Morphological features of cones and seeds of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. in the Mountainous Crimea. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*, 2023, no. 4 (48), pp. 65—77. DOI: <https://doi.org/10.32516/2303-9922.2023.48.4>.

Введение

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. 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 [2; 4—6; 9; 14; 18; 20; 21].

Juniperus excelsa M.-Bieb. (можжевельник высокий), реликт третичного периода, является одной из лесообразующих пород Крыма. Включен в Красную книгу Республики Крым и Красную книгу города Севастополя в статусе «сокращающийся в численности». Среди основных причин, приведших к снижению численности крымской популяции *J. excelsa*, выделяют пониженную семенную продуктивность и антропогенный прессинг [7; 8].

На сегодняшний момент в Крыму остро стоит вопрос почвенной эрозии и в целом аридизации климата. Среди крымских видов рода *Juniperus* L. *J. excelsa* играет ключевую роль в смягчении действия данных факторов. Древостои *J. excelsa* занимают участки с наиболее сложными эдафо-орографическими условиями. Кроме того, они выполняют важные рекреационные функции. Однако значительное сокращение площади редколесий *J. excelsa* может в ближайшем будущем привести к необратимым последствиям и изменению облика полуострова. Возникает острая необходимость в разработке мероприятий по поддержанию и восстановлению крымской популяции *J. excelsa* [15; 16].

Цель работы — изучить морфологические особенности шишкочкогод и семян *J. excelsa* в Горном Крыму. Исходя из цели работы, были поставлены следующие задачи: определить морфометрические параметры шишкочкогод и семян *J. excelsa*, а также установить зависимости этих показателей от факторов окружающей среды.

Материалы и методы

Изучение морфологических особенностей шишкочкогод и семян *J. excelsa* проводили на 28 пробных площадях (ПП), закладку которых осуществляли по общепринятым в лесоводстве и геоботанике методикам, размером по 0,2 га (рис. 1). Закладывали пробные площади в природных популяциях на высоте от 40 до 1020 м над уровнем моря, в различных эдафо-орографических условиях [17].

На пробных площадях выделяли по 10 модельных деревьев. Для каждого дерева определяли параметры 30 шишкочкогод генерации текущего года и находящихся в них семян. Штангенциркулем измеряли диаметр в двух плоскостях (условно высоту и ширину). Семена извлекали из шишкочкогоды путем разрезания ее мякоти и последующего их очищения. У семян измеряли высоту, ширину и толщину. Кроме того, определяли массу шишкочкогод и семян с последующим пересчетом на 1000 шт. Полученные данные обрабатывали методами математической статистики [10].

Для оценки влияния погодных условий на развитие генеративной сферы *J. excelsa* пробные площади были разделены на три географических группы: западную, южнобе-

режную и восточную. В западную группу вошли пробные площади № 1—14; в южно-бережную — № 15—23, в восточную — № 24—28. Для западной группы использовали данные осадков метеорологической станции № 33991 (Севастополь); для восточной и южнобережных групп — № 33976 (Феодосия) и № 33990 (Ялта) соответственно. Для выделенных групп подсчитывалось количество осадков в период развития шишкоягод (с марта по август).



Рис. 1. Схема расположения пробных площадей в популяциях *J. excelsa* в Горном Крыму (1—2 — окрестности г. Инкерман; 3 — г. Чирка-Каясы; 4 — г. Каяташ; 5 — г. Кучук-Коль-Бурун; 6 — окрестности с. Широкое; 7 — г. Самналых; 8—9 — г. Курт-Кая; 10—12 — г. Кара-Даг; 13 — г. Толака-Баир; 14 — г. Тарпан-Баир; 15 — ур. Батилиман; 16 — г. Сарыч; 17 — г. Дракон; 18 — г. Кошка; 19 — г. Крестовая; 20 — окрестности пгт. Массандра; 21 — м. Мартыян; 22 — б. Семидворская; 23 — г. Япул-Бурун; 24 — г. Папая-Кая; 25—26 — г. Коба-Кая; 27 — г. Сокол; 28 — г. Каршигерс)

Результаты исследования

Крымские виды можжевельников достаточно сильно разнятся в уровне развития генеративной сферы. Наибольшей гетерогенностью отличается *Juniperus deltooides* R. P. Adams, шишкоягоды которого имеют форму от треугольной до шаровидной. *J. excelsa* не выделяется таким количеством морфологических вариантов мегастробил. Шишкоягоды *J. excelsa* практически всегда имеют шаровидную форму, их окраска темная — фиолетово-черная с сизым налетом (рис. 2). В отличие от *J. deltooides* сизый налет на шишкоягодах *J. excelsa* распределен равномерно не только между чешуями, но и на них самих. По мере созревания шишкоягод налет становится менее выраженным.

Всего чешуй у *J. excelsa* 6 шт., срastaются они полностью, в некоторых случаях становятся визуально неотличимы. На второй-третий год после опадания шишкоягоды тускнеют, приобретают сероватый оттенок, налет исчезает, мякоть высыхает и начинает крошиться.

Параметры шишкоягод *J. excelsa* варьируют в незначительных пределах (табл. 1). При этом минимальные значения высоты и ширины отмечены на двух пробных площадях (№ 5 и № 20) и составляют 7,29—7,89 мм для высоты и 7,05—7,78 мм для ширины. Данные участки характеризуются различными почвенно-климатическими условиями. Однако практически в равной степени у них прослеживается негативное влияние как антропогенных, так и абиотических факторов на развитие генеративной сферы *J. excelsa*.



Рис. 2. Внешний вид шишкочягод *J. excelsa* в Горном Крыму

На склонах г. Кучук-Коль-Бурун (пробная площадь № 5) отмечается низкий уровень жизненного состояния особей, вызванный прохождением в недавнем прошлом низового пожара, что, в свою очередь, приводит к снижению семенной продуктивности и качества семян [11; 27; 28].

Таблица 1

Параметры шишкочягод *J. excelsa* в Горном Крыму

Номер пробной площади	Высота, мм		Ширина, мм		Масса 1000 шт., г		Кол-во семян в ш/я, шт.	
	M±m	V	M±m	V	M±m	V	M±m	V
1	9,5±0,1	4,8	9,0±0,1	5,3	402,2±18,6	9,8	5,1±0,2	15,8
2	9,2±0,2	8,1	8,8±0,2	9,3	356,5±13,9	14,3	5,5±0,3	23,5
3	8,6±0,2	9,8	8,9±0,3	10,1	242,8±16,0	12,2	6,6±0,3	16,0
4	9,0±0,2	6,8	8,9±0,2	8,2	342,6±21,4	16,3	5,5±0,3	18,1
5	7,9±0,2	8,5	7,8±0,2	8,6	185,6±11,7	17,7	4,3±0,3	22,3
6	9,8±0,2	6,0	9,8±0,1	4,8	407,4±23,6	11,5	4,6±0,1	10,3
7	9,1±0,1	6,1	9,8±0,2	6,4	417,4±21,5	12,7	5,5±0,2	16,7
8	9,7±0,2	8,4	9,0±0,2	6,8	355,8±20,3	14,4	5,4±0,3	19,6
9	9,8±0,2	6,4	9,1±0,2	7,7	364,3±23,2	15,1	5,5±0,3	21,4
10	8,8±0,1	4,3	9,1±0,2	7,2	385,2±27,6	16,0	5,6±0,3	20,0
11	9,6±0,2	5,8	9,7±0,1	3,4	403,2±24,8	10,1	4,7±0,3	23,8
12	9,8±0,1	5,2	9,8±0,2	6,7	428,7±31,3	18,8	5,2±0,2	18,3
13	9,3±0,2	6,7	9,0±0,2	6,3	380,3±27,4	12,6	5,9±0,3	17,5

Номер пробной площади	Высота, мм		Ширина, мм		Масса 1000 шт., г		Кол-во семян в ш/я, шт.	
	M±m	V	M±m	V	M±m	V	M±m	V
14	7,5±0,2	6,8	7,5±0,2	6,6	208,8±14,9	15,4	5,4±0,3	17,1
15	8,5±0,2	9,9	8,0±0,2	8,6	228,7±18,0	14,9	4,7±0,3	27,7
16	8,4±0,1	6,3	8,3±0,2	7,7	195,4±13,3	17,2	5,7±0,3	20,2
17	9,0±0,1	5,9	9,5±0,1	4,2	312,8±26,6	14,1	5,0±0,3	22,6
18	9,3±0,2	8,4	9,1±0,2	9,0	340,3±25,5	18,6	5,8±0,3	21,8
19	10,2±0,1	4,8	10,9±0,1	4,9	502,6±43,2	16,3	6,3±0,3	16,5
20	7,3±0,1	6,1	7,1±0,2	8,9	259,8±13,3	17,4	4,1±0,2	21,7
21	8,7±0,2	9,1	8,9±0,2	7,5	307,6±27,7	14,2	4,9±0,3	22,2
22	9,2±0,2	7,1	9,2±0,2	7,4	327,6±29,1	15,5	6,2±0,4	26,7
23	10,7±0,1	5,1	10,8±0,2	8,3	570,2±37,0	16,8	4,9±0,2	19,5
24	9,0±0,1	4,8	9,1±0,1	4,9	300,3±24,6	13,8	5,7±0,2	13,9
25	9,1±0,2	8,7	9,1±0,2	8,6	301,8±26,1	15,0	5,3±0,4	26,3
26	9,3±0,2	5,5	9,1±0,1	7,3	315,2±22,2	18,3	5,5±0,3	21,3
27	9,3±0,1	4,8	9,4±0,2	8,7	321,3±21,9	14,7	5,1±0,3	19,6
28	9,2±0,2	7,1	9,9±0,2	6,8	351,2±22,4	16,0	6,1±0,2	14,6

Примечание: M — средний показатель; m — ошибка среднего показателя; V — коэффициент вариации, %.

Пробная площадь № 20 располагается в окрестностях пгт. Массандра. Низкий уровень развития генеративной сферы *J. excelsa* на данном участке обусловлен его изолированностью. Площадь можжевельового редколесья здесь составляет всего 8,02 га и представляет собой участок, со всех сторон окруженный сосновым лесом на ширину от 400 м до 5 км.

Максимальный размер шишкочкогод выявлен на двух пробных площадях — № 19 (г. Крестовая) и № 23 (г. Япул-Бурун) и составляет 10,16—10,66 мм (высота) и 10,83—10,87 мм (ширина). Данные участки характеризуются значительным количеством особей с хорошим жизненным состоянием.

Согласно литературным данным, размеры шишкочкогод крымской популяции *J. excelsa* уступают параметрам особей, произрастающих в основной части ареала [22; 25; 30], что может быть обусловлено значительной удаленностью и изолированностью крымской популяции. В Крыму проходит северная граница ареала *J. excelsa*.

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ позволил установить, что на параметры семян *J. excelsa* не оказывают большого воздействия факторы внешней среды и антропогенная нагрузка. Установлено, что наибольшее влияние на развитие генеративной сферы *J. excelsa* оказывает высота мест произрастания над уровнем моря. Сила влияния высотного фактора на размеры шишкочкогод — 23,4% для высоты и 21,6% для ширины. Минимальные параметры отмечены на экстремальной для крымской популяции *J. excelsa* высоте — 1020 м над уровнем моря (г. Тарпан-Баир) и составляют 7,5 мм для двух показателей. Высота над уровнем моря пробных площадей с наиболее крупными шишкочкогодами — 26 м [1; 19; 23; 24].

Еще одним фактором, влияющим на параметры шишкочкогод *J. excelsa*, выступает экспозиция склона. При этом сила действия фактора значительно ниже и составляет 7,8% (высота) и 4,97% (ширина). Максимальной высотой и шириной шишкочкогод (9,4 мм) от-

личаются участки юго-восточной, восточной и западной экспозиций. Подобное явление можно объяснить оптимальным температурным режимом данных мест произрастания — умеренным прогревом в период созревания семян [13; 19; 23; 24].

Из литературных данных известно, что именно высота над уровнем моря и экспозиция склона определяют пригодность мест произрастания для средиземноморских горных лесов, к которым, в свою очередь, относится *J. excelsa* [26]. Методом дисперсионного анализа удалось установить, что на величину шишкочегод *J. excelsa* другие абиотические и антропогенные факторы достоверного влияния не оказывают.

Масса шишкочегод *J. excelsa* — это единственный показатель, для которого не установлено достоверное влияние ни одного из факторов окружающей среды. При этом самыми легкими шишкочегодами характеризуются особи пробной площади № 5 (г. Кучук-Коль-Бурун), их масса составляет 185,6 г, а самыми тяжелыми — особи пробной площади № 23 (г. Япул-Бурун). Для этих пробных площадей отмечены минимальные и максимальные размеры шишкочегод соответственно. Таким образом, можно заключить, что на массу шишкочегод *J. excelsa* в Горном Крыму оказывают влияние не внешние факторы, а их размеры, которые, в свою очередь, в той или иной степени зависят от абиотических и антропогенных факторов.

Количество семян в шишкочегодах *J. excelsa* значительно больше, нежели у других крымских можжевельников. В среднем для пробных площадей этот показатель составляет от 4,1 до 6,6 шт. Наименьшее количество семян отмечено на пробной площади № 20. Для этой территории характерны шишкочегоды с минимальными размерами. В ходе исследований установлено, что в шишкочегодах *J. excelsa* в Горном Крыму содержится от 2 до 9 шт. семян, что значительно больше, чем описано в литературных источниках для основной части ареала, где в шишкочегодах образуется по 3—6 семян [22; 25; 29; 30]. Большая часть шишкочегод содержит по 5—6 семян, на их долю приходится 60% (рис. 3).

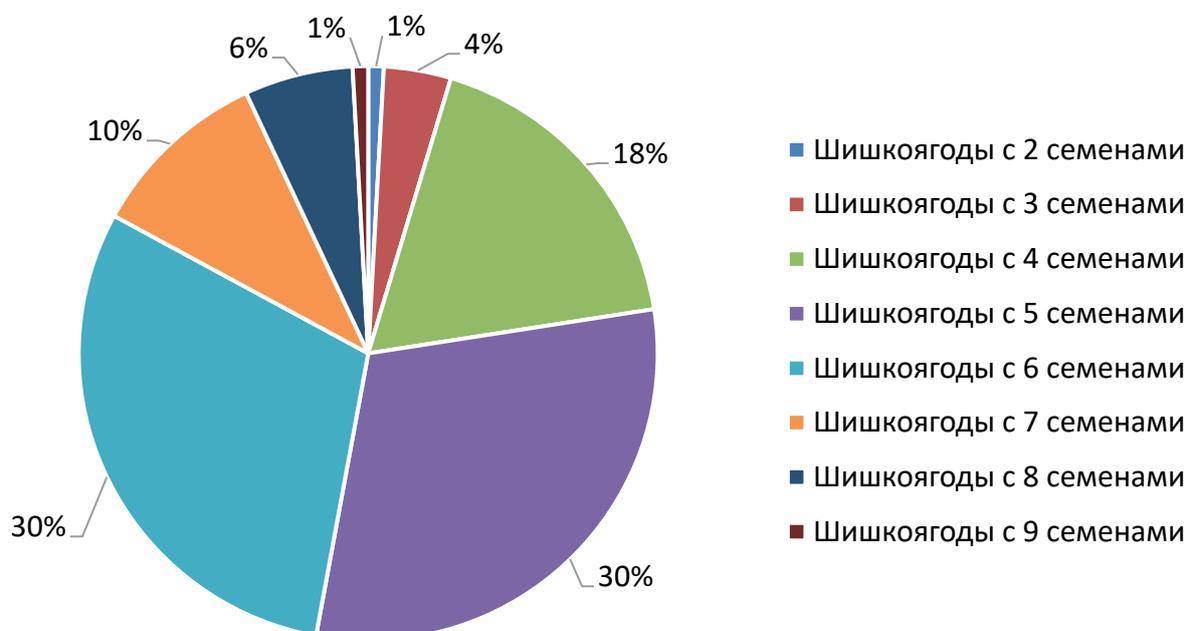


Рис. 3. Соотношение шишкочегод крымской популяции *J. excelsa* в зависимости от количества содержащихся в них семян

Три внешних фактора практически в равной степени оказывают достоверное влияние на количество семян в шишкочегоде — это высота мест произрастания над уровнем

моря (5,4%); экспозиция склона (3,7%) и уровень антропогенной нагрузки (3,5%). Однако средние показатели количества шишкочягод в зависимости от того или иного фактора находятся в пределах ошибки, что не позволяет выделить объективно влияющие условия мест произрастания. Данный показатель у *J. excelsa* проявляет высокую однородность, что и свойственно всем хвойным растениям.

Семена *J. excelsa* светло-коричневые, продолговатые каплевидной формы, гладкие (рис. 4а), погружены в эфиромасличные вместилища, в результате чего легко отделяются от мякоти шишкочягод, но остаются покрытыми маслом. В поперечном срезе имеют неправильную форму, которая зависит от того, какое количество семян содержится в шишкочягоде (рис. 4б). Семенная кожура тонкая (0,42—0,61 мм), скарифицируется без приложения усилий. Мякоть зрелых шишкочягод густого янтарного цвета с эфиромасличными вместилищами.



Рис. 4. Шишкочягоды и семена *J. excelsa* в Горном Крыму: а) — внешний вид семян, содержащихся в одной шишкочягоде; б) — поперечный срез шишкочягод с различным количеством семян

Параметры семян *J. excelsa* варьируют в незначительной степени в пределах от 3,8 до 5,5 мм по высоте (табл. 2). При этом исключение составляют семена особей, произрастающих на г. Тарпан-Баир (верхняя граница распространения *J. excelsa* в Крыму). Их высота — 2,8 мм, однако ширина и толщина семян на данной пробной площади практически не отличаются от остальной части популяции. Это подтверждает тот факт, что длина генеративных органов у хвойных — экологически лабильный признак [3; 12].

Среди всех факторов, влияющих на развитие генеративной сферы *J. excelsa* в Горном Крыму, ведущую роль играет высота над уровнем моря. Данный фактор значительно сильнее всего сказывается на параметрах семян, его влияние на высоту семени составляет 32,5%, на ширину и толщину — 12,1 и 8,4% соответственно, что еще раз доказывает утверждение о том, что высота семени является более пластичным признаком, чем его ширина и толщина.

В меньшей степени на размеры шишкоягод влияет экспозиция склона, на котором произрастают изученные насаждения. Сила влияния данного фактора весьма незначительна — от 4,9% для толщины семени до 8,8% для его высоты. Самые крупные семена обнаружены на пробных площадях с восточной и юго-восточной экспозициями. На территориях с такими экспозициями отмечены самые крупные шишкоягоды, что может свидетельствовать о благоприятных микроклиматических условиях для произрастания *J. excelsa* в Горном Крыму.

Самое незначительное влияние на развитие семян *J. excelsa* оказывает регион места произрастания. Сила влияния данного фактора не превышает 5,6%. Это может свидетельствовать о большей пластичности *J. excelsa* в сравнении с *J. deltoides*, что, в свою очередь, отражается достаточно обширной площадью мест его произрастания на территории полуострова.

Таблица 2

Параметры семян *J. excelsa* в Горном Крыму

Номер пробной площади	Высота, мм		Ширина, мм		Толщина, мм		Масса 1000 шт., г	
	M±m	V	M±m	V	M±m	V	M±m	V
1	4,6±0,1	11,5	2,5±0,1	20,3	1,8±0,1	23,8	26,7±3,4	8,0
2	4,6±0,2	9,4	2,8±0,2	21,6	1,9±0,1	23,6	37,3±2,9	7,6
3	4,1±0,1	11,1	2,7±0,1	13,2	2,0±0,1	22,5	23,5±1,9	8,7
4	4,6±0,1	12,1	2,5±0,2	13,9	1,8±0,1	19,1	37,4±3,0	11,5
5	3,8±0,2	7,9	2,6±0,1	18,1	1,9±0,1	24,3	17,2±1,3	6,7
6	4,6±0,2	10,3	2,8±0,1	18,7	1,9±0,2	16,4	50,3±3,3	6,9
7	4,8±0,1	12,1	3,1±0,1	14,3	2,2±0,1	20,3	30,3±2,4	7,5
8	4,8±0,1	11,8	2,8±0,1	16,9	2,2±0,2	19,8	34,4±2,7	10,9
9	4,9±0,1	10,6	2,8±0,1	15,3	2,3±0,2	19,2	35,8±2,9	8,8
10	4,6±0,2	12,6	2,7±0,2	17,2	1,9±0,1	22,0	31,1±2,6	8,3
11	5,4±0,1	7,7	3,2±0,2	7,7	2,4±0,1	15,4	36,6±2,8	10,3
12	5,5±0,1	10,6	3,2±0,1	8,7	2,4±0,2	17,3	35,6±3,1	10,0
13	4,5±0,2	13,9	3,0±0,2	17,5	2,4±0,2	19,3	47,8±3,4	6,2
14	2,8±0,2	15,6	2,1±0,2	18,4	1,7±0,1	18,8	21,3±2,1	9,9
15	4,2±0,2	19,0	2,6±0,2	23,1	1,8±0,1	23,4	40,4±3,4	9,0
16	4,5±0,1	5,3	2,8±0,2	14,1	2,0±0,1	16,4	30,1±2,4	11,4
17	4,2±0,1	13,2	2,9±0,2	11,9	2,2±0,1	24,3	44,8±3,2	10,7
18	4,3±0,1	10,4	2,6±0,1	17,6	2,2±0,1	21,4	41,3±3,7	9,8
19	4,6±0,2	11,6	2,8±0,2	18,3	2,4±0,2	24,4	56,8±4,7	8,7
20	4,6±0,2	13,2	2,4±0,1	16,3	1,9±0,1	21,4	37,8±2,9	7,4
21	4,4±0,1	12,8	2,8±0,2	13,3	1,9±0,2	22,3	39,6±3,2	7,8
22	3,8±0,2	11,9	2,3±0,2	16,4	1,9±0,1	20,4	24,2±1,9	8,4
23	4,6±0,2	15,7	3,3±0,1	18,0	2,4±0,1	16,3	49,2±4,3	10,2
24	4,5±0,1	13,7	3,1±0,1	18,4	2,2±0,1	23,0	36,1±2,7	8,3
25	4,3±0,2	11,5	3,2±0,2	16,1	2,3±0,1	20,1	54,4±4,2	7,1
26	4,3±0,2	10,7	3,5±0,1	19,2	2,3±0,1	19,9	48,6±3,9	7,7
27	4,4±0,1	11,2	3,3±0,1	17,6	2,3±0,1	17,6	41,4±2,4	9,3
28	4,2±0,2	9,0	3,0±0,1	16,3	2,3±0,1	23,1	36,1±1,9	7,6

Примечание: M — средний показатель; m — ошибка среднего показателя; V — коэффициент вариации, %.

В ходе проведенного дисперсионного анализа не удалось установить достоверного влияния как эдафических условий мест произрастания можжевельника, так и степени антропогенной нагрузки на размеры семян, что свидетельствует о генетической устойчивости.

Масса семян в пределах пробных площадей отличается в три раза. Самые легкие семена отмечены на г. Кучук-Коль-Бурун, вес 1000 шт. составляет 17,2 г. В первую очередь это связано не с размерами семян, а с неудовлетворительным жизненным состоянием особей, произрастающих на данной территории, и, как следствие, низким уровнем их выполненности, который составляет 2,0%.

Среди факторов, оказывающих влияние на массу семян, достоверно подтверждена только высота над уровнем моря. Самые тяжелые семена встречаются в высотном диапазоне от 100 до 300 м над уровнем моря. При этом не всегда максимальный вес шишкочагод соответствует большей выполненности семян и зависит от ряда других их параметров.

Подобное явление можно объяснить тем, что отдельные параметры шишкочагод и семян коррелируют между собой и с другими их показателями. Так, изменение массы шишкочагод *J. excelsa* (табл. 3) зависит от их высоты и ширины ($r = 0,85$). В меньшей степени масса шишкочагод коррелирует с параметрами семян (коэффициент корреляции 0,57). Кроме того, установлена зависимость массы шишкочагод от количества в них семян ($r = 0,14$).

В силу большего количества семян в шишкочагоде *J. excelsa* прослеживается значительная зависимость массы семян от размеров шишкочагод ($r = 0,50—0,53$).

Наибольший коэффициент корреляции выявлен между высотой шишкочагоды и ее шириной ($r = 0,89$). В меньшей степени проявляется корреляция между шириной семени и его толщиной ($r = 0,79$); высотой шишкочагод и толщиной их семян ($r = 0,68$); шириной шишкочагоды и толщиной семян ($r = 0,67$); шириной шишкочагод и шириной семян ($r = 0,63$), а также высотой шишкочагоды и шириной семени ($r = 0,62$).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции параметров шишкочагод и семян *J. excelsa* в Горном Крыму

	Н	В	h	b	d	Е	Р	М	m
Н	—	—	—	—	—	—	—	—	—
В	0,89	—	—	—	—	—	—	—	—
h	0,56	0,45	—	—	—	—	—	—	—
b	0,62	0,63	0,38	—	—	—	—	—	—
d	0,68	0,67	0,48	0,79	—	—	—	—	—
Е	0,32	0,41	-0,11	-0,10	0,11	—	—	—	—
Р	0,15	0,18	-0,25	0,16	0,26	0,10	—	—	—
М	0,85	0,85	0,56	0,58	0,58	0,14	0,28	—	—
m	0,53	0,50	0,31	0,50	0,53	0,05	0,31	0,49	—

Примечание: Н — высота шишкочагод; В — ширина шишкочагод; h — высота семян; b — ширина семян; d — толщина семян; Е — число семян в шишкочагоде; Р — процент выполненных семян; М — масса 1000 шишкочагод; m — масса 1000 семян.

Особый интерес представляет обратная корреляция, отмеченная в отношении числа семян в шишкочагоде и ряда их параметров. Установлено, что число семян обратно зависит от их параметров, т.е. чем больше семян в шишкочагоде, тем меньше размеры ($r = -0,10$). В большей степени обратная зависимость проявляется между размерами семян и их выполненностью ($r = -0,25$).

Заключение

Шишкоягоды *J. excelsa* отличаются более низкой вариабельностью. Их параметры варьируют от $7,3 \pm 0,1$ мм до $10,7 \pm 0,1$ мм, что в среднем меньше, чем у особей, произрастающих в основной части ареала. Ведущим фактором, оказывающим влияние на развитие шишкоягод в Горном Крыму, выступает высота мест произрастания древостоев над уровнем моря. Сила влияния фактора — 21,6—23,4%.

Установлено, что в шишкоягодах *J. excelsa* в Горном Крыму содержится от 2 до 9 шт. семян, что значительно больше, чем описано в литературных источниках для основной части ареала. Параметры семян *J. excelsa* варьируют в пределах от 3,8 до 5,5 мм по высоте и от 2,1 до 3,5 мм по ширине.

Проведенный анализ позволил выявить оптимальные условия мест произрастания *J. excelsa* в Горном Крыму. Максимального развития генеративная сфера достигает на участках с юго-восточной, восточной и западной экспозициями. Именно на данных территориях поддерживается оптимальный температурный режим для вида (исключается длительное воздействие палящего солнца), что особенно актуально с учетом гористости местности в летний промежуток времени.

Оптимальный высотный градиент составляет 50—300 м над уровнем моря, что обусловлено эволюционной приспособленностью исследуемого вида к значительным перепадам высот. Установлено, что на параметры *J. excelsa* мало влияют абиотические и антропогенные факторы. Сила влияния факторов для данного вида в среднем составляет 10,2%.

Список источников

1. Бусыгин В. О., Бунин А. А. Влияние орографических факторов на структуру ландшафтов Белозерского заказника // Молодой ученый. 2018. № 21 (207). С. 192—194.
2. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т. 59, № 6. С. 826—831.
3. Григоров А. Н. Семеношение и качество семян можжевельника высокого в Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 1979. Вып. 3 (40). С. 10—13.
4. Зубаирова Ш. М. Особенности семенной продуктивности *Hedysarum daghestanicum* Boiss. ex Rupr. в природных популяциях // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-2. С. 352—355.
5. Коренькова О. О. Биолого-экологические особенности роста и развития *Juniperus foetidissima* Willd. в Горном Крыму : дис. ... канд. биол. наук. Ялта, 2017. 169 с.
6. Коренькова О. О. Некоторые особенности развития генеративной сферы *Juniperus deltoides* в Горном Крыму // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023. № 22-1. С. 179—183. DOI: 10.14258/pbssm.2023034.
7. Красная книга города Севастополя. Калининград ; Севастополь : ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. 432 с.
8. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред. А. В. Ена и А. В. Фатерыга. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2015. 480 с.
9. Кухлевская Ю. Ф. Параметры морфологических признаков вегетативных и генеративных органов можжевельника обыкновенного в условиях г. Оренбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 42—44.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 350 с.
11. Левченко К. В., Матвеев С. М. Факторы горимости и послепожарные изменения в горных лесах Крымского заповедника // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 4 (28). С. 91—100. DOI: 10.12737/article_5a3d08553388c0.70134201.
12. Мамаев С. А. Формы изменчивости древесных растений. М. : Наука, 1972. 289 с.
13. Машуков Д. А., Бенькова А. В., Бенькова В. Е., Шашкин А. В., Прокушкин А. С. Значение экспозиции склонов для роста лиственницы Гмелина в мерзлотных условиях Средней Сибири. II. Особенности радиального роста на разной высоте стволов // Сибирский лесной журнал. 2018. № 3. С. 11—20. DOI: 10.15372/SJFS20180302.
14. Николаева А. В., Калафат Л. А., Егорова А. В. Морфометрическая изменчивость шишкоягод и семенная продуктивность *Juniperus oxycedrus* L. в Крыму // Промышленная ботаника. 2012. № 12. С. 37—42.

15. Плугатарь Ю. В. Леса Крыма. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2015. 385 с.
16. Плугатарь Ю. В., Коренькова О. О., Коба В. П. Сезонный рост побегов *Juniperus excelsa* M.-Bieb. в Горном Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022. № 143. С. 64—71. DOI: 10.36305/0513-1634-2022-143-64-71.
17. Сергеев П. Н. Лесная таксация. М. : Гослесбумиздат, 1953. 311 с.
18. Романович В. Ф. Семенная продуктивность травянистых интродуцентов в Минске // Бюллетень Главного ботанического сада. 1982. Вып. 125. С. 103—106.
19. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 3. С. 34—45.
20. Фарушкина Г. Г., Путенихин В. П. Параметры генеративных органов можжевельника обыкновенного на Южном Урале // Региональные геосистемы. 2011. № 9 (104), вып. 15/1. С. 321—325.
21. Цой М. В., Семенютина А. В. Оценка роста и развития видов рода *Juniperus* L. в условиях интродукции Волгоградской области // Успехи современного естествознания. 2020. № 9. С. 20—27. DOI: 10.17513/use.37465.
22. Adams R. P. The Junipers of the world: The genus *Juniperus*. 4th ed. Trafford Publ., Victoria, BC, 2014. 422 p.
23. Bardelli T., Ascher-Jenull J., Stocker E. B., Fornasier F., Arfaioli P., Fravolini G., Roberta L., Medeiros A., Egli M., Pietramellara G., Insam H., Gómez-Brandón M. Impact of slope exposure on chemical and microbiological properties of Norway spruce deadwood and underlying soil during early stages of decomposition in the Italian Alps // Catena. 2018. Vol. 167. P. 100—115. DOI: 10.1016/j.catena.2018.04.031.
24. Bardelli T., Gómez-Brandón M., Ascher-Jenull J., Fornasier F., Arfaioli P., Francioli D., Egli M., Sartori G., Insam H., Pietramellara G. Effects of slope exposure on soil physico-chemical and microbiological properties along an altitudinal climosequence in the Italian Alps // Science of The Total Environment. 2017. Vol. 575. P. 1041—1055. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.176.
25. Farjon A. A Handbook of the World's Conifers. Brill : Leiden & Boston, 2017. 1154 p.
26. Kafi I., Calvão T., Yahi N. What happens to species at the rear-edge of their distribution in arid regions? The case of *Juniperus thurifera* L. in the Aurès Mountains (Algeria) // Land Degradation & Development. 2022. Vol. 33 (13). P. 2231—2245. DOI: 10.1002/ldr.4268.
27. Nakhoul J., Fernandez C., Bousquet-Mélou A., Nemer N., Abboud J., Prévosto B. Vegetation dynamics and regeneration of *Pinus pinea* forests in Mount Lebanon: Towards the progressive disappearance of pine // Ecological Engineering. 2020. Vol. 152. Art. 105866. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105866.
28. Nakhoul J., Santonja M., Fernandez C., Greff S., Bousquet-Mélou A., Dupouyet S., Nemer N., Kattar S., Abboud J., Prévosto B. Soil scarification favors natural regeneration of *Pinus pinea* in Lebanon forests: Evidences from field and laboratory experiments // Forest Ecology and Management. 2020. Vol. 459. Art. 117840. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117840.
29. 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. Art. 104008. DOI: 10.1016/j.bse.2020.104008.
30. 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. Art. 101427. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2021.101427.

References

1. Busygin V. O., Bunin A. A. Vliyanie orograficheskikh faktorov na strukturu landshaftov Belozerskogo zakaznika [The influence of orographic factors on the structure of landscapes of the Belozersk reserve]. *Molodoi uchenyi*, 2018, no. 21 (207), pp. 192—194. (In Russian)
2. Vainagii I. V. O metodike izucheniya semennoi produktivnosti rastenii [On methodology for studying seed productivity of plants]. *Botanicheskii zhurnal*, 1974, vol. 59, no. 6, pp. 826—831. (In Russian)
3. Grigorov A. N. Semenoshenie i kachestvo semyan mozhzhevel'nika vysokogo v Krymu [Seed production and quality of high juniper seeds in the Crimea]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 1979, is. 3 (40), pp. 10—13. (In Russian)
4. Zubairova Sh. M. Osobennosti semennoi produktivnosti *Hedysarum daghestanicum* Boiss. ex Rupr. v prirodnykh populyatsiyakh [Features seed efficiency of *Hedysarum daghestanicum* Boiss. ex Rupr. in natural populations]. *Fundamental'nye issledovaniya — Fundamental Research*, 2013, no. 6-2, pp. 352—355. (In Russian)
5. Koren'kova O. O. *Biologo-ekologicheskie osobennosti rosta i razvitiya Juniperus foetidissima* Willd. v Gornom Krymu: dis. ... kand. biol. nauk [Biological and ecological features of growth and development of *Juniperus foetidissima* Willd. in the Mountain Crimea. Cand. Dis.]. Yalta, 2017. 169 p. (In Russian)

6. Koren'kova O. O. Nekotorye osobennosti razvitiya generativnoi sfery *Juniperus deltooides* v Gornom Krymu [Some features of the development of the generative sphere of *Juniperus deltooides* in Mountain Crimea]. *Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii — Problems of Botany of South Siberia and Mongolia*, 2023, no. 22-1, pp. 179—183. DOI: 10.14258/pbssm.2023034. (In Russian)
7. *Krasnaya kniga goroda Sevastopolya* [Red Book of Sevastopol]. Kaliningrad, Sevastopol, ID “ROST-DOAFK” Publ., 2018. 432 p. (In Russian)
8. *Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby* [Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi]. Simferopol, IT “ARIAL” Publ., 2015. 480 p. (In Russian)
9. Kukhlevskaya Yu. F. Parametry morfologicheskikh priznakov vegetativnykh i generativnykh organov mozhzhevel'nika obyknovennogo v usloviyakh g. Orenburga [Parameters of morphological characteristics of vegetative and generative organs of common juniper in the conditions of Orenburg]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 2 (64), pp. 42—44. (In Russian)
10. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 350 p. (In Russian)
11. Levchenko K. V., Matveev S. M. Faktory gorimosti i poslepozharnye izmeneniya v gornykh lesakh Krymskogo zapovednika [Analysis of burn ability and subsequent changes in mountain forest of the Crimean Reserve]. *Lesotekhnicheskii zhurnal — Forestry Engineering Journal*, 2017, vol. 7, no. 4 (28), pp. 91—100. DOI: 10.12737/article_5a3d08553388c0.70134201. (In Russian)
12. Mamaev S. A. *Formy izmenchivosti drevesnykh rastenii* [Forms of variability of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 289 p. (In Russian)
13. Mashukov D. A., Ben'kova A. V., Ben'kova V. E., Shashkin A. V., Prokushkin A. S. Znachenie ekspozitsii sklonov dlya rosta listvennitsy Gmelina v merzlotnykh usloviyakh Srednei Sibiri. II. Osobennosti radial'nogo rosta na raznoi vysote stvolov [The effect of slope exposition on growth dynamics of Gmelin Larch in permafrost conditions of Central Siberia. II. Specifics of tree radial growth at different heights]. *Sibirskii lesnoi zhurnal — Siberian Journal of Forest Science*, 2018, no. 3, pp. 11—20. DOI: 10.15372/SJFS20180302. (In Russian)
14. Nikolaeva A. V., Kalafat L. A., Egorova A. V. Morfometricheskaya izmenchivost' shishkoyagod i semennaya produktivnost' *Juniperus oxycedrus* L. v Krymu [Morphometric variation of galberries and seed productivity of *Juniperus oxycedrus* L. in Crimea]. *Promyshlennaya botanika*, 2012, no. 12, pp. 37—42. (In Russian)
15. Plugatar' Yu. V. *Lesy Kryma* [Forests of the Crimea]. Simferopol, IT “ARIAL” Publ., 2015. 385 p. (In Russian)
16. Plugatar' Yu. V., Koren'kova O. O., Koba V. P. Sezonnii rost pobegov *Juniperus excelsa* M.-Bieb. v Gornom Krymu [Seasonal growth of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. in the Mountain Crimea]. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada — Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*, 2022, no. 143, pp. 64—71. DOI: 10.36305/0513-1634-2022-143-64-71. (In Russian)
17. Sergeev P. N. *Lesnaya taksatsiya* [Forest taxation]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1953. 311 p. (In Russian)
18. Romanovich V. F. Semennaya produktivnost' travyanistykh introdutsentov v Minske [Seed productivity of herbaceous introduced plants in Minsk]. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada*, 1982, is. 125, pp. 103—106. (In Russian)
19. Sokolova G. G. Vliyanie vysoty mestnosti, ekspozitsii i krutizny sklona na osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya rastenii [The influence of terrain altitude, slope exposure and slope degree on plant spatial distribution]. *Acta Biologica Sibirica*, 2016, no. 3, pp. 34—45. (In Russian)
20. Farukshina G. G., Putenikhin V. P. Parametry generativnykh organov mozhzhevel'nika obyknovennogo na Yuzhnom Urale [Parameters of the generative organs of common juniper in the Southern Urals]. *Regional'nye geosistemy — Regional Geosystems*, 2011, no. 9 (104), is. 15/1, pp. 321—325. (In Russian)
21. Tsoi M. V., Semenyutina A. V. Otsenka rosta i razvitiya vidov roda *Juniperus* L. v usloviyakh introduktsii Volgogradskoi oblasti [Evaluation of the growth and development of species of the Genus *Juniperus* L. in the conditions of introduction of the Volgograd region]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya — Advances in Current Natural Sciences*, 2020, no. 9, pp. 20—27. DOI: 10.17513/use.37465. (In Russian)
22. Adams R. P. *The Junipers of the world: The genus Juniperus*. 4th ed. Trafford Publ., Victoria, BC, 2014. 422 p.
23. Bardelli T., Ascher-Jenull J., Stocker E. B., Fornasier F., Arfaioli P., Fravolini G., Roberta L., Medeiros A., Egli M., Pietramellara G., Insam H., Gómez-Brandón M. Impact of slope exposure on chemical and microbiological properties of Norway spruce deadwood and underlying soil during early stages of decomposition in the Italian Alps. *Catena*, 2018, vol. 167, pp. 100—115. DOI: 10.1016/j.catena.2018.04.031.
24. Bardelli T., Gómez-Brandón M., Ascher-Jenull J., Fornasier F., Arfaioli P., Francioli D., Egli M., Sartori G., Insam H., Pietramellara G. Effects of slope exposure on soil physico-chemical and microbiological properties

along an altitudinal climosequence in the Italian Alps. *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 575, pp. 1041—1055. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.176.

25. Farjon A. *A Handbook of the World's Conifers*. Brill, Leiden & Boston, 2017. 1154 p.

26. Kafi I., Calvão T., Yahi N. What happens to species at the rear-edge of their distribution in arid regions? The case of *Juniperus thurifera* L. in the Aurès Mountains (Algeria). *Land Degradation & Development*, 2022, vol. 33 (13), pp. 2231—2245. DOI: 10.1002/ldr.4268.

27. Nakhoul J., Fernandez C., Bousquet-Mélou A., Nemer N., Abboud J., Prévosto B. Vegetation dynamics and regeneration of *Pinus pinea* forests in Mount Lebanon: Towards the progressive disappearance of pine. *Ecological Engineering*, 2020, vol. 152, art. 105866. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.105866.

28. Nakhoul J., Santonja M., Fernandez C., Greff S., Bousquet-Mélou A., Dupouyet S., Nemer N., Kattar S., Abboud J., Prévosto B. Soil scarification favors natural regeneration of *Pinus pinea* in Lebanon forests: Evidences from field and laboratory experiments. *Forest Ecology and Management*, 2020, vol. 459, art. 117840. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.117840.

29. 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, art. 104008. DOI: 10.1016/j.bse.2020.104008.

30. 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, art. 101427. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2021.101427.

Информация об авторе

О. О. Коренькова — кандидат биологических наук, доцент

Information about the author

O. O. Korenkova — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Статья поступила в редакцию 25.07.2023; одобрена после рецензирования 01.10.2023;
принята к публикации 20.11.2023

The article was submitted 25.07.2023; approved after reviewing 01.10.2023;
accepted for publication 20.11.2023