

Влияние погодных-климатических условий на развитие вегетативных побегов и генеративных органов у кедр ливанского (*Cedrus libani* A. Rich.) в Крыму

Захаренко Г. С., Севастьянов В. Е.

Институт Агротехнологическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Симферополь, Республика Крым, Россия
cupressus@inbox.ru

В результате изучения влияния продолжительной засухи на развитие вегетативных органов кедр ливанского на территории Крыма выявлено, что, характеризуясь в целом высокой засухоустойчивостью, он тем не менее реагирует на недостаток влаги определенным снижением годичного прироста и уменьшением длины листьев. В большей степени данная реакция фиксируется на Южном берегу Крыма, нежели в Предгорной зоне полуострова, что, вероятно, связано с разными почвенными условиями данных зон. Результаты математической обработки показали, что коэффициент корреляции между длиной побегов кедр ливанского, произрастающего на Южном берегу Крыма, и количеством выпавших здесь осадков в период с января по июнь соответствующего года равен $r_{\text{поб}}=0,865$, а между длиной листьев и суммой осадков за указанный период $r_{\text{лист}}=0,988$. Наряду со снижением роста побегов и размеров листьев, в засушливые 2019 и 2020-й годы зафиксировано значительное возрастание числа деревьев кедр ливанского с признаками мужского пола (мужские и однодомные) и снижение числа растений, формирующих лишь женские шишки. При этом факт формирования кедром ливанским значительного количества генеративных органов даже в условиях засухи на территории Крыма является свидетельством его значительной адаптации в районе исследования, в то время как изменения половой структуры указывают на способность вида адекватно реагировать на водный стресс. Данные о повреждаемости деревьев *Cedrus libani* отрицательными зимними температурами в аномально суровые зимы и их последующей регенерации, указывают на высокую пластичность вегетативной сферы данного вида и его способности эффективно восстанавливаться как после массового обмерзания листового аппарата, так и после обмерзания побеговой системы.

Ключевые слова: кедр ливанский, экологическая устойчивость, вегетативные органы, половая структура.

ВВЕДЕНИЕ

Первый опыт привлечения кедров на территорию Крыма, вероятно, можно связывать с именем князя Г. А. Потемкина, готовившего в конце XVIII века приобретенные Россией новые территориальные владения к инспекции Екатериной II. По его указанию в Крым из заграницы кораблями доставлялись различные древесные растения для обустройства путевых дворцов, оборудуемых к приезду императрицы. В числе завозимого посадочного материала были и кедр (Григорьев, Кормилицын, 1977). Правда, какая-либо информация о дальнейшей судьбе представителей рода *Cedrus* Trew, завезенных в тот период, отсутствует.

История культуры кедров на территории Крыма самым непосредственным образом связана с деятельностью Никитского ботанического сада. Так, в 1826 году из Англии Садом была получена одна шишка кедр ливанского (*Cedrus libani* A. Rich.), а уже в 1828 году выращенные из ее семян растения были высажены на территории арборетума. В 1836 году из Южной Франции были получены семена данного вида, из которых выращено 12 деревьев. В 1852 и 1862 годы получены семена из Лавзона (Забелин, 1939). С 1861 года кедр ливанский уже числился в каталоге продающихся растений (Кузнецов, 1989). На территории полуострова *Cedrus libani* получил распространение как в прибрежных районах (от Керчи до Евпатории), так и в Предгорной зоне Крыма (Кузнецов, 1984). Благодаря выраженным декоративным качествам, высокой комплексной экологической устойчивости и скорости роста кедр ливанский нашел здесь широкое применение в зеленом строительстве.

Растущие в настоящее время в Крыму средиземноморские кедр являются потомками деревьев кедр ливанского и близкородственного ему кедр атлантического (*Cedrus atlantica*

(Endl.) Manetti ex Carrière), выращенных из семян и саженцев, которые Никитский ботанический сад получал из различных пунктов интродукции, расположенных на территории Западной Европы. Указанные два вида легко гибридизуются между собой. В частности, по мнению И. А. Забелина (1939), большинство выращиваемых на территории арборетума Никитского ботанического сада экземпляров средиземноморских кедров имеет как раз гибридное происхождение. Ряд исследователей (Güneret et al., 2000; Fady et al., 2003) вообще рассматривают кедр атласский в качестве подвида кедра ливанского (*Cedrus libani* subsp. *atlantica*). Отсутствие существенных различий по длине листьев, размерам микростробиллов и срокам опыления между растущими на ЮБК деревьями, относимыми по морфологическому строению кроны и форме шишек к кедром атласскому и ливанскому, косвенно подтверждает генетическую близость указанных видов (Захаренко и др., 2014). Исходя из вышесказанного, таксономическая идентификация тех или иных деревьев кедра в качестве *Cedrus libani* или *C. atlantica* носит достаточно субъективный характер.

Учитывая это, мы, без претензий на абсолютную истину, все исследованные растения, включая и те, которые визуально имели промежуточные черты между кедром ливанским и атласским, относили к виду *Cedrus libani*.

В Италии, Испании, на юге Франции кедр уже более полутора веков используют в лесоразведении, где на малоплодородных почвах они превосходят другие породы по скорости роста и продуктивности и считаются одними из перспективных культур для лесовосстановления (Weck, 1952).

Одним из первых, кто начал использовать кедр в лесокультурной практике на территории полуострова был лесничий А. Ф. Скоробогатый (1925). В частности, в 1908 году на территории Никитской лесной дачи в урочище Долоссы он создает лесные культуры с участием кедров. Затем в 30-х годах XX века были проведены посадки кедров на небольших площадях на территории современного Ялтинского заповедника. Это были в определенном смысле рекогносцировочные опыты. Тем не менее, уже в довоенный период в Крыму было создано 60 га лесных культур с участием кедров (Кузнецов, 1989). Научно-производственное испытание кедров в лесных культурах, начатое крымскими лесоводами в первой половине прошлого столетия, было возобновлено в послевоенный период и особенно интенсивно проводилось в 60–70 годах не только в Южнобережной, но и Предгорной зонах полуострова (Кузнецов, Ярославцев, 1974; Ярославцев, 1974; Бойко, 2020).

Проведенный в 70-х годах прошлого века С. И. Кузнецовым (1984) анализ результатов выращивания кедра ливанского на участках, различающихся по почвенному богатству и увлажнению, показал, что в лесах южнобережной зоны он может успешно расти и давать самосев в условиях от очень сухих суборей (B_0) до сухих грудов (D_1). В сухих и очень сухих лесорастительных условиях на территории Алуштинского лесничества средиземноморские виды кедров характеризуются относительно хорошим ростом и развитием, нередко превосходя по высоте местную сосну крымскую (Захаренко и др., 2018).

В качестве весьма успешного можно рассматривать и опыт создания лесных культур с участием кедров на территории Предгорной зоны Крыма. Так, по данным Г. Е. Бойко и В. М. Громенко (2020), в 60-летних лесных культурах с участием средиземноморских кедров на территории Симферопольского лесничества в условиях свежей субори (C_2) последние имели среднюю высоту около 12 м (максимальная высота 14 м) при среднем значении диаметра ствола 21 см (максимальное значение 36 см). При этом данные растения не только вступили в фазу репродукции, но и регулярно дают самосев. Результаты успешного испытания средиземноморских кедров в декоративном садоводстве и лесных культурах позволили включить их в основной ассортимент деревьев, рекомендуемых для озеленения предгорного Крыма (Григорьев, 1980; Репецкая и др., 2019).

Учитывая широкую амплитуду варьирования погодных-климатических показателей по годам, для широкого использования кедров в практике зеленого строительства и лесного хозяйства необходимо располагать по возможности максимально полными сведениями о влиянии экстремальных факторов среды на их рост, развитие и устойчивость в районе выращивания.

Одним из факторов, лимитирующих выращивание кедров ливанского и атласского в Крыму являются низкие температуры в зимний период. По данным И. А. Забелина (1939), деревья кедр атласского, высаженные в начале прошлого века в Симферополе, вымерзли в 1911 году при падении температуры до $-30,2$ °С.

Сведения о реакции кедр ливанского на недостаток влаги в засушливые годы отсутствуют. Эти данные представляют особый интерес в связи с наблюдаемой тенденцией глобального изменения климата в сторону потепления и иссушения (Проскуряков, 2012). Глобальное потепление, в частности, приводит к заметным изменениям местного климата в Крыму. По данным многолетних исследований В. А. Рябова (2011), в степном Крыму наблюдается неустойчивость погоды в зимне-весенний период: заметно увеличилось количество и продолжительность зимних оттепелей, чаще и интенсивнее случаются весенние заморозки, а в период вегетации растений возросла температура и ухудшились условия увлажнения.

Широтный сдвиг климатической зональности потребует вовлечение в лесохозяйственное использование и декоративное садоводство засухоустойчивых древесных растений, использование которых в настоящее время существенно ограничено их термофильностью. Как было показано выше, результаты существующего опыта использования средиземноморских кедров в декоративном садоводстве и лесном хозяйстве Крыма позволяют при предполагаемых изменениях климатической обстановки рассматривать их как потенциально перспективные не только для культивирования в приморских районах полуострова и предгорном Крыму, но и для дальнейшего продвижения в более северные районы на территории юга нашей страны. Это логично вписывается в реализацию утвержденной Правительством Российской Федерации «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года», предусматривающей для защиты от водной и ветровой эрозии, опустынивания и предотвращения деградации почв необходимость поддержания лесистости территорий и создания лесных насаждений на землях лесного фонда и землях иных категорий, на которых леса ранее не произрастали (в первую очередь в засушливых условиях).

Несмотря на трудности прогноза реальной картины возможных изменений климата, уже сейчас необходимо вести всестороннее изучение действия неблагоприятных погодных условий на вегетативную и генеративную сферы перспективных для широкой культуры иноземных видов деревьев и кустарников. Существенно расширяют знания об устойчивости древесных интродуцентов к лимитирующим факторам среды результаты многолетнего изучения их реакции на изменяющиеся по годам гидротермические условия, особенно в периодически повторяющиеся годы с экстремальными для региона показателями теплового режима и увлажнения. Такая возможность представилась в Крыму в последние пять лет, когда относительно благоприятные по условиям сезонного влагообеспечения 2016–2018 годы сменились двумя засушливыми годами.

Целью настоящей работы была оценка влияния продолжительной засухи и нерегулярно наблюдаемых нетипичных для Крыма аномальных падений зимних температур на развитие вегетативных побегов и половую структуру кедр ливанского в Крыму.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили вступившие в репродуктивную фазу деревья кедр ливанского, растущие в насаждениях города Алушта и пгт Партенит на Южном берегу Крыма (ЮБК), а также в городе Симферополе и пос. Перевальное Симферопольского района.

Для оценки влияния климатических условий на рост побегов у 10 деревьев, растущих на террасированном склоне без полива в пгт Партенит и у 11 деревьев, произрастающих в Предгорной зоне, измеряли с точностью до 1 мм длину годовых приростов 2016–2020 годов на 10 удлиненных побегах (ауксибластах), взятых на концах ветвей в нижней освещенной части кроны. Для определения длины листьев на приростах отдельных лет с каждого дерева было взято по 8–10 укороченных побегов (брахибластов), имеющих возраст 6–10 лет.

В пределах брахибластов, на которых приросты разных лет хорошо различимы между собой по наличию валиков из отмерших покровных чешуй (рис. 1), измеряли не менее чем по 100 листьев каждого года образования на приростах 2016–2020 годов с точностью 0,1 мм.

Ретроспективный анализ повреждаемости деревьев кедра низкими температурами проводили на основе опубликованных данных о температурных минимумах в период с 1972 года по настоящее время и проводимых в этот период собственных наблюдений.

Для оценки влияния засухи 2019–2020 годов на репродуктивное развитие рассматриваемого вида также использованы данные учета обилия генеративных органов у почти 500 деревьев в возрасте 55–70 лет, произрастающих на ЮБК и в предгорных районах Крыма, который был проведен в 2016–2020 годах. Кроме того, в 2020 году в наблюдение было включено 19 деревьев кедра ливанского в возрасте старше ста лет, растущих в виде отдельной рощи у северо-западного подножья горы Аю-Даг, и 6 деревьев этого вида естественного семенного происхождения в возрасте около 45–50 лет, расположенных на расстоянии 35–100 м от рощи.

Учет обилия микростробиллов и шишек осуществляли по методике, ранее апробированной нами при изучении популяционной структуры кедров (Захаренко, Севастьянов, 2020). Визуальные наблюдения проводили с использованием бинокля во второй половине сентября – первой декаде октября, в период, когда хорошо видны готовые к поллинии и отпылившие, но не опавшие микростробиллы, а также различающиеся по окраске женские шишки первого и второго годов созревания.



Рис. 1. Брахибласт кедра ливанского

Границы между годичными приростами различимы по валикам из остатков почечных чешуй. Цена деления масштабной линейки 1 мм.

Оценку обилия генеративных органов в кроне дерева проводили по шестибальной шкале Н. Е. Булыгина (1982), с учетом ранее разработанных нами методических подходов к изучению половой структуры средиземноморских видов рода *Cedrus* (Захаренко, Севастьянов, 2020).

Для оценки температурного режима и обеспечения осадками исследуемых растений в 2016–2020 годах использованы данные метеостанций г. Симферополя и Никитского ботанического сада.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перспективы использования древесных интродуцентов в декоративном садоводстве и лесном хозяйстве в основном определяется их устойчивостью к таким периодически

повторяющимся экстремальным погодно-климатическим факторам как низкие зимние температуры и недостаток влаги в засушливые годы. Учитывая нерегулярность наступления явлений, близких по своим характеристикам к критическим, ответ на вопрос об экологической пластичности иноземных видов может дать лишь анализ данных многолетних наблюдений за их ростом и развитием в условиях конкретного района.

Сравнительный анализ длины годовых приростов вегетативных побегов у кедра ливанского в 2016–2020 годы показал, что на Южном берегу Крыма недостаток осадков приводит к сокращению годового прироста побегов в длину (табл. 1, 2). В южнобережных насаждениях влияние засухи на длину прироста побегов в 2019 году после предшествующих достаточно благоприятных по условиям естественного увлажнения трех лет (табл. 2), сказалось по-разному: у отдельных деревьев прирост остался в границах прежних значений (№ 2, 3, 6, 8), у других – уменьшился на 13–20 %, у третьих же – снизился почти на треть (№ 1, 10). При этом особенно заметно недостаток влаги проявился в еще более засушливом 2020 году. В данном случае рассматриваемый показатель относительно среднего значения прироста побегов за 2016–2018 годы существенно снизился у всех без исключения деревьев в пределах от 36 % до 75 %.

Таблица 1

Длина приростов боковых осевых побегов у кедра ливанского в неполивных условиях Южного берега Крыма (2016–2020 гг.)

Номера деревьев	2016		2017		2018		2019		2020	
	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%
Южный берег Крыма										
1	85,0±3,6	13	81,0±4,6	18	82,0±2,9	18	60,0±2,2	17	21,0±0,8	22
2	88,0±4,5	16	86,0±5,5	20	83,0±3,5	14	85,0±3,5	13	55,0±3,8	22
3	83,0±5,5	21	82,0±4,7	18	80,0±3,9	12	70,0±4,4	12	35,0±2,9	26
4	114,0±5,4	15	99,0±5,1	16	133,0±6,1	15	100,0±4,9	12	60,0±3,4	18
5	126,0±7,6	19	125,0±5,9	15	115,0±5,7	16	98,0±3,7	12	53,0±2,7	16
6	125,5±5,9	15	114,0±7,5	21	122,0±6,0	16	110,0±5,8	17	75,0±4,4	19
7	99,0±6,6	21	119,0±6,5	17	140,5±4,2	9	94,0±3,3	11	58,0±2,9	16
8	111,0±6,2	18	115,0±5,0	14	112,0±5,0	14	108,0±4,0	12	47,0±2,2	15
9	127,0±3,4	8	101,0±5,9	18	114,0±4,7	13	95,0±3,2	11	41,0±2,0	15
10	25,3±2,5	32	25,7±2,5	30	23,0±2,2	30	17,6±1,8	32	10,6±1,6	51
Предгорная зона Крыма										
1	68,5±3,4	16	79,4±4,0	16	75,1±3,1	13	71,6±3,1	14	72,9±2,7	12
2	92,0±3,4	12	81,3±2,5	10	93,2±2,6	9	91,2±2,9	10	90,6±3,1	11
3	76,1±3,1	13	80,9±2,5	10	89,4±3,9	14	69,5±3,3	15	71,8±2,9	13
4	82,1±3,8	15	75,9±2,8	12	91,0±4,3	15	74,8±2,8	12	67,9±1,9	9
5	64,6±2,0	10	68,9±4,3	20	73,5±3,9	17	73,8±3,9	17	69,3±2,2	10
6	77,7±3,6	15	71,6±4,0	18	89,9±3,4	12	80,1±4,0	16	75,1±1,9	8
7	63,0±2,4	12	66,8±2,7	13	68,2±3,4	16	68,0±3,8	18	65,8±3,1	15
8	59,5±3,2	17	69,1±2,4	11	71,5±3,1	14	67,4±3,8	18	68,9±3,9	18
9	39,2±1,3	11	41,8±2,0	15	36,0±1,5	13	33,7±1,7	16	31,1±1,2	11
10	39,0±2,0	16	45,9±2,9	20	47,1±2,4	16	48,6±1,7	11	41,5±1,4	11
11	53,0±2,2	13	44,5±1,8	13	48,0±1,5	10	43,3±1,6	12	39,5±1,9	15

Примечание. В предгорной зоне деревья №№1–3 растут на территории дендрария Института «Агротехнологическая академия»; №4 и №5 – в зеленых насаждениях 6-й больницы г. Симферополя, №№ 6–8 – на территории Симферопольского железнодорожного вокзала; №№ 9–11 – в поселке Перевальное Симферопольского района.

Таблица 2

Сведения о выпадении осадков на Южном берегу Крыма в 2016-2020 годы (по данным метеостанции «Никитский сад»)

Месяц	Год				
	2016	2017	2018	2019	2020
Январь	80,5	114,3	92,5	109,1	25,9
Февраль	50	12,9	69,2	43,3	85,0
Март	37,1	45,6	78,2	24,3	3,0
Апрель	18,6	24,4	0,1	43,7	8,1
Май	37,9	44,6	45,3	0,9	30,5
Июнь	94,5	45,7	6,7	72,5	54,8
Июль	57,7	39,5	53,4	21,2	8,4
Август	80,5	26,7	2,3	22,3	8,7
Сентябрь	4,5	58,4	83	15,2	19,7
Октябрь	51,1	40,6	40,1	6,6	35
Ноябрь	51,8	80,7	93	48,5	35,7
Декабрь	100	76,8	129,1	62,4	41,6
За год	664,2	610,2	692,9	470	356,4

В городских насаждениях Симферополя влияние засухи на линейный прирост побегов у рассматриваемого вида оказалось менее выраженным (табл. 1, 2). В 2019 году отрицательного влияния засухи на этот показатель здесь практически не наблюдалось.

В 2020 году приросты симферопольских кедров сократились только у отдельных деревьев, растущих на территории дендрария Института «Агротехнологическая академия» (дерево № 3), в зеленых насаждениях 6-й городской больницы (дерево № 4) и Симферопольского железнодорожного вокзала. Заметное же сокращение годовых приростов боковых побегов (на 12–23 %) у деревьев в предгорном Крыму в 2019 и 2020 годах отмечено лишь у 55–60 летних деревьев, расположенных в пос. Перевальное.

В Южнобережной зоне полуострова засуха повлияла не только на величину линейного прироста ауксбластов кедра ливанского, но и на длину листьев, сформировавшихся в эти годы на брахибластах (табл. 3).

На Южном берегу Крыма влияние засухи на длину листьев в 2019 году не оказало заметного влияния. У половины модельных деревьев средняя длина листьев незначительно уменьшилась (на 3–8 %), а у остальных же осталась на уровне 2018 года или даже незначительно увеличилась (деревья №№ 1 и 5). Существенное сокращение длины листьев у всех без исключения деревьев произошло во втором засушливом 2020 году. По сравнению с аналогичным показателем 2018 года средняя длина листьев уменьшилась на 12–40 %.

Иная картина наблюдалась у деревьев рассматриваемого вида в Предгорной зоне Крыма. На приростах 2019 года листья имели такую же или даже заметно большую среднюю длину (деревья №№ 2, 3, 11). В сторону существенного уменьшения средняя длина листа в 2020 году в городских насаждениях Симферополя и в пос. Аграрное, Симферопольского района изменилась лишь у половины деревьев кедра атласского. В то же время у деревьев в пос. Перевальное у всех трёх деревьев на приростах этого года листья были заметно короче, чем в 2018 и 2019 годы.

Сопоставление данных о величине прироста боковых удлиненных побегов и длине листьев на брахибластах, приведенных в таблицах 1 и 3, со сведениями о выпадении осадков в 2016–2020 годы за периоды с января по июнь (табл. 2) выявило четко выраженную зависимость между рассматриваемыми биометрическими показателями и влагообеспеченностью деревьев кедра ливанского, растущих на ЮБК. Результаты математической обработки показали, что коэффициент корреляции между длиной побегов и количеством осадков, выпавших в период с января по июнь соответствующего года равен $r_{пб}=0,865$, а между длиной листьев и суммой осадков за указанный период $r_{лист.}=0,988$.

Таблица 3

Длина листьев на приростах брахибластов (2016–2020 гг.) у деревьев кедр ливанского в Крыму

Номера деревьев	2016		2017		2018		2019		2020	
	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%	L±m, мм	C,%
Южный берег Крыма										
1	-	-	-	-	17,5±0,16	9	18,9±0,23	12	12,7±0,26	20
2	-	-	16,7±0,30	14	16,1±0,17	11	14,8±0,15	10	10,5±0,18	17
3	16,5±0,51	12	16,3±0,27	12	20,0±0,22	11	20,9±0,20	10	17,2±0,19	11
4	-	-	17,1±0,33	15	15,9±0,22	14	15,8±0,19	12	14,1±0,15	11
5	-	-	17,7±0,34	12	19,3±0,16	8	20,4±0,22	11	15,3±0,17	11
6	-	-	-	-	16,1±0,18	11	14,7±0,21	14	9,5±0,15	16
7	-	-	-	-	18,3±0,17	9	17,8±0,17	10	12,2±0,12	10
8	-	-	16,6±0,16	10	16,5±0,14	8	15,3±0,20	13	11,1±0,20	18
9	-	-	18,8±0,20	11	18,8±0,20	11	15,1±0,13	9	13,4±0,12	9
10	-	-	18,4±0,21	11	18,9±0,14	7	17,3±0,18	10	16,1±0,19	12
Предгорная зона Крыма										
1	-	-	-	-	-	-	22,4±0,38	8	22,0±0,17	8
2	18,6±0,34	10	18,7±0,35	10	16,0±0,24	11	19,2±0,25	12	16,7±0,32	15
3	-	-	15,2±0,20	9	15,2±0,20	11	19,1±0,23	11	15,2±0,26	14
4	-	-	-	-	-	-	25,4±0,29	12	23,3±0,29	12
5	-	-	-	-	17,4±0,27	8	19,0±0,25	13	20,9±0,29	13
6	-	-	-	-	24,6±0,47	14	27,1±0,28	10	27,0±0,35	14
7	19,7±0,69	13	21,4±0,28	11	21,0±0,25	9	22,8±0,16	6	23,0±0,17	7
8	-	-	22,0±0,44	13	20,0±0,37	12	23,3±0,42	15	19,2±0,42	17
9	-	-	18,9±0,43	5	17,1±0,36	12	23,3±0,32	13	17,9±0,42	21
10	-	-	-	-	-	-	19,1±0,35	13	17,4±0,24	15
11	-	-	13,6±0,25	11	12,1±0,21	13	12,0±0,19	13	11,5±0,16	13

Различная реакция деревьев кедр ливанского на двухлетнюю засуху в Южнобережной и Предгорной зонах Крыма имеет разные причины. Отсутствие признаков угнетения ростовых процессов побегов и листьев у деревьев в Предгорной зоне в 2019 году и менее выраженная реакция на недостаток атмосферных осадков в 2020 году по сравнению с деревьями, растущими на Южном берегу Крыма, очевидно, обусловлены различием почвенных условий. На ЮБК наиболее широко распространенные коричневые и бурые суглинистые щебенисто-каменистые почвы, сформировавшиеся на делювии глинистых сланцев и известняков, характеризуются малой мощностью и высокой скелетностью (Кочкин, 1967). Исследование роста кедров в парках и лесных культурах на территории Южного макросклона Главной гряды Крымских гор показало, что в связи с характерными особенностями водно-физических свойств существующих здесь почв, связанных с их механическим составом и наличием в их структуре крупнообломочного материала, последние существенно затрудняют распространение корневых систем кедров и обуславливают напряжённый водный режим, особенно в период вегетации (Казиминова, Кузнецов, 1981). Подтверждением этого является достаточно близкая реакция на засуху деревьев кедр ливанского, растущих в пос. Перевальное, где для почвенного покрова также, как и на ЮБК, характерна высокая скелетность.

Менее выраженное влияние засухи на рост побегов и размер листьев на брахибластах у кедр ливанского в Симферополе и пос. Аграрное в 2019 году обусловлено лучшими водно-физическими свойствами местных почв, среди которых преобладают черноземы карбонатные на элювии и делювии карбонатных пород, которые нередко обладают значительной мощностью гумусовых горизонтов.

Немаловажным является и тот факт, что в условиях города на свободные от застройки территории поступает большее количество осадков, которые стекают с крыш,

заасфальтированных и замощенных дорожек и площадок. Именно с этим, а также возможным поливом в летний период связано отсутствие в 2020 году отклика отдельных деревьев на засуху в насаждениях возле железнодорожного вокзала и возле городской больницы № 6.

В ранее опубликованной статье о половой структуре насаждений средиземноморских кедров в Южнобережной и Прегорной зонах Крыма нами было высказано предположение о влиянии погодно-климатических условий на ежегодно изменяющееся соотношение числа деревьев с различной выраженностью половой принадлежности – от обоеполюности до полной маскулинизации или феминизации (Захаренко, Севастьянов, 2020). Наблюдения за теми же группами деревьев кедров, продолженные в обоих районах культуры, подтвердили это предположение. Так, в более засушливые 2019–2020 годы значительно возросло число деревьев с признаками мужского пола (мужские и однодомные) и снизилось число деревьев, формирующих лишь женские шишки (табл. 4). Этот факт можно интерпретировать как проявление известной закономерности, заключающейся в том, что в условиях стресса возрастает роль мужского пола в расширении спектра передаваемой потомству экологической информации (Геодакян, 1977, 1978).

Таблица 4

Соотношение числа деревьев кедра, образовавших микростробилы и женские шишки
в 2016–2020 гг.

Место произрастания	Половой тип дерева	Годы				
		2016	2017	2018	2019	2020
Южный берег Крыма	Мужской и однодомный	57,2	76,4	66,0	79,2	90,1
	Женский	8,2	4,5	11,8	4,8	1,9
Предгорная зона Крыма	Мужской и однодомный	47,8	68,4	39,5	65,6	82,4
	Женский	18,8	6,9	11,4	3,5	3,4

Не менее важным фактором, ограничивающим распространение растений в природе и в культуре, является температурный режим и его варьирование по годам. Имеющиеся у нас результаты наблюдений за реакцией деревьев кедра на погодные условия в период с 1971 года по настоящее время показывают, что максимальные летние температуры как на ЮБК, так и в предгорном Крыму, не являются критическими для *Cedrus libani*. Существенно более значимыми являются сильные морозы, при которых в отдельные зимы температура воздуха опускается ниже отметки в минус 20 °С. В Южнобережной зоне полуострова таких температурных минимумов не бывает, чего не скажешь о Предгорной зоне Крыма. Так, например, 14 января 1972 года температура воздуха в Симферополе опускалась до –20,6 °С, что привело к массовому обмерзанию листового аппарата, а также повреждению побегов 2–4-летнего возраста, включая осевые приросты в кронах молодых кедров. В результате последовавших за этим регенерационных процессов многие деревья приобрели характерную многостволистую (рис. 2).

В 3-й декаде января 2006 года температура воздуха в Симферополе опускалась до –25,2 °С. Результатом этого стало полное или частичное опадение листового аппарата у многих деревьев кедра ливанского. При этом у таких деревьев большинство побегов и почек в кроне остались неповрежденными, что позволило им в мае-июне частично восстановить утраченную хвою. Полная же регенерация крон растянулась на несколько лет.

На сегодняшний день возраст наиболее возрастных кедров, произрастающих на территории Симферополя не превышает 60–65 лет. Отсутствие в городских насаждениях Симферополя деревьев кедра ливанского, высаживавшихся здесь в конце XIX – начале XX века, во многом связано с вымерзанием их в 1911 году, когда зимняя температура в феврале



Рис. 2. Многоствольность деревьев кедра ливанского, как следствие зимнего обмерзания

опускалась до $-30,2$ °С. Высаженные позже молодые кедры, вероятно, могли позднее вымерзнуть в декабре 1948 или январе 1950 годов, когда зимние отрицательные температуры опускались до отметок $-23,2$ и $-26,1$ °С соответственно (Краткий агроклиматический справочник..., 1976).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в статье материалы свидетельствуют о засухоустойчивости кедра ливанского как в условиях ЮБК, так и в Предгорной зоне Крыма. При этом отметим, что на более плодородных и влагоемких почвах, с большей мощностью гумусовых горизонтов и лучшим чем на ЮБК механическим составом реакция деревьев этого вида на недостаток увлажнения, проявляющаяся в уменьшении прироста и размера листьев, в условиях относительно продолжительной засухи менее выражена. Это необходимо учитывать, как при выборе участков для размещения кедров, так и при организации посадочных работ и дальнейшего ухода за растениями. Последний, в частности, должен включать проведение глубокой почвенной мелиорации, направленной на увеличение мощности и влагоемкости корнеобитаемых почвенных горизонтов.

Способность образовывать мужские и женские генеративные органы в условиях засухи свидетельствуют о высокой репродуктивной способности рассматриваемого вида как на ЮБК, так и в Предгорной зоне Крыма, а наблюдаемые изменения половой структуры в обеих частях крымской интродукционной популяции указывают, на способность вида адекватно реагировать на водный стресс.

Данные о повреждаемости растений в зимний период свидетельствуют о высоких регенерационных способностях кедра ливанского, позволяющих при сильном обмерзании восстанавливать утраченные части кроны. Для снижения рисков обмерзания в наиболее суровые зимы при размещении деревьев кедра ливанского в городских насаждениях на территории Предгорной зоны Крыма необходимо учитывать господствующее направление ветров в зимние месяцы, а также создавать защитные насаждения из более зимостойких хвойных и лиственных пород, снижающие негативное влияние зимних ветров.

Полученные данные о возможности длительного выращивания кедра ливанского в Предгорной зоне, с учетом его способности ежегодно образовывать репродуктивные органы, а в отдельных случаях и давать самосев, открывают хорошие перспективы для ведения здесь селекционной работы по выведению морозостойких форм *Cedrus libani* с целью дальнейшего расширения культурного ареала данного вида на территории юга России. Особенно перспективным, на наш взгляд, будет отбор морозостойких семян и саженцев кедра ливанского в питомниках и массовых посадках. Эффективность данного способа подтверждает опыт отбора морозостойких форм кипариса арizonского, проведенный А. Г. Григорьевым (1972) на базе Степного отделения Никитского ботанического сада.

Список литературы

- Агроклиматический ежегодник за 1972 год по Крымской области. – Алушта, 1972. – 242 с.
- Геодакян В. А. Количество пыльцы как передатчик экологической информации и экологической пластичности растений // Журнал общей биологии. – 1978. – № 5. – С. 743–747.
- Геодакян В. А. Количество пыльцы как регулятор эволюционной пластичности перекрестно опыляемых растений // Доклады АН СССР. – 1977. – Т. 234, № 6. – С. 1460–1463.
- Григорьев А. Г., Кормилицын А. М. Интродукция и перспективы обогащения культурной дендрофлоры в степном и предгорном Крыму // Труды Государственного Никитского ботанического сада. – 1977. – Т. LXXII. – С. 12–22.
- Григорьев А. Г. Массовый посев семян и индивидуальный отбор морозостойких форм при интродукции // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1972. – Вып. 83. – С. 18–21.
- Григорьев А. Г. Методические рекомендации по подбору деревьев и кустарников для озеленения степного и предгорного Крыма. – Ялта: Никитский ботанический сад, 1980. – 27 с.
- Забелин И. А. Деревья и кустарники арборетума Никитского ботанического сада. Голосеменные // Труды Никитского ботанического сада. – 1939. – Т. 22. – Вып. 1. – С. 35–178.
- Захаренко Г. С., Кравченко О. Г., Захаренко А. Н. Изменчивость длины листа у кедра атласского (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière) в культуре на Южном берегу Крыма // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2014. – № 4. – С. 13–18.
- Захаренко Г. С., Севастьянов В. Е. Половая структура кедра атласского (*Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière) в Крыму // Бюллетень Главного ботанического сада РАН. – 2020. – № 3. – С. 34–43.
- Захаренко Г. С., Зильберварг И. Р., Севастьянов В. Е., Кумсиева Ю. А. Результаты производственного испытания и перспективы использования иноземных хвойных в лесопарковых насаждениях ГАУ РК «Алуштинское лесохозяйственное хозяйство» // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 13 (176). – С. 58–68.
- Казмирова Р. Н., Кузнецов С. И. Влияние эдафических условий на рост кедров в лесах горного Крыма // Труды Государственного Никитского ботанического сада. – 1981. – Т. 84. – С. 24–31.
- Кочкин М. А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования. – М.: Колос, 1967. – 368 с.
- Краткий агроклиматический справочник Украины / [Под ред. К. Т. Логвинова]. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 257 с.
- Кузнецов С. И. Биологические основы интенсивной интродукции хвойных Древнего Средиземья в СССР (на примере видов рода *Cedrus* Trew): Диссертация доктора биологических наук: 06.03.01. – К., 1989. – 376 с.
- Кузнецов С. И., Ярославцев Г. Д. Кедр (*Cedrus*) и их лесные культуры на юге СССР // Труды Государственного Никитского ботанического сада. 1974. – Т. 63. – С. 57–91.
- Кузнецов С. И. Основы интродукции и культуры хвойных Древнего Средиземноморья на Украине и в других районах юга СССР. – К.: Наукова думка, 1984. – 124 с.
- Проскуряков М. А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата – Алматы: Изд. «LEM», 2012. – 229 с.
- Репецкая А. И., Савушкина И. Г., Леонов В. В. и др. Деревья, кустарники и лианы для озеленения Предгорного Крыма. – Симферополь: Салта, 2019. – 272 с.

Рябов В. А. Влияние глобального потепления на местный климат и возможное влияние на плодовые культуры // Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». Серія «Сільськогосподарські науки». – 2011. – Вип. 137. – С. 127–137.

Скоробогатый А. Ф. Новые культуры в Крыму // Труды по прикладной ботанике и селекции. – 1925. – Т. 14. – Вып. 4. – С. 227–246.

Ярославцев Г. Д. Итоги десятилетнего испытания важнейших хвойных экзотов в горном Крыму // Труды Государственного Никитского ботанического сада. – 1974. – Т. 63. – С. 7–42.

Fady B., Lefevre F., Reynaud M., Vendramin G., Bou Dagher-Kharrat M., Anzidei M., Pastorelli R., Savoure A., att. Bariteau M. Gene flow among different taxonomic units: evidence from nuclear and cytoplasmic markers in Cedrus plantation forests // Theoretical and Applied Genetics. – 2003. – Vol. 107, N 6. – P. 1132–1138.

Güner A., Özhatay N., Ekim T. (ed.). Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 2). – Edinburgh: Edinburgh University Press, 2000. – Vol. 11. – 656 p.

Weck J. Oldandaufforstung Eine Einführung in die Technik der Widerbewaldung von verodesten Kaniflachen in der verschiedenen Klimazonen der Erde. – Berlin, Grönwald: Frith Haller Verlag, 1952. – Band 1. – 340 s.

Zakharenko G. S., Sevastyanov V. E. Influence of weather and climatic conditions on the development of vegetative shoots and generative organs of the Lebanese cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) in Crimea // Ekosistemy. 2021. Iss. 27. P. 128–138.

Research of effect of prolonged drought on the development of vegetative organs of Lebanese cedar in the territory of Crimea, revealed that, though it generally is highly drought resistant, it nevertheless reacts to a lack of moisture by a certain decrease in annual growth and leaf length. To a greater extent, this reaction is registered on the Southern coast of Crimea than in the Foothill zone of the peninsula, which is probably due to the different soil conditions of these zones. The results of mathematical processing showed that the correlation coefficient between the length of shoots of Lebanese cedar growing on the Southern coast of Crimea and the amount of precipitation here in the period from January to June of the corresponding year is $r_{shoots}=0.865$, and between the length of leaves and the amount of precipitation for the specified period $r_{leaves}=0.988$. Along with the decrease in shoot growth and leaf size, a significant increase in the number of Lebanese cedar trees with male characteristics (male and monoecious) and the decrease in the number of plants forming only female cones were recorded in the dry 2019 and 2020 years. At the same time, the fact that Lebanese cedar formed a significant number of generative organs even in conditions of drought in Crimea is evidence of its considerable adaptation in the studied area, while changes in reproductive structure indicate the ability of the species to adequately respond to water stress. Data on damage to *Cedrus libani* trees by freezing winter temperatures during abnormally severe winters and their subsequent regeneration indicate the high plasticity of the vegetative system of this species and its ability to effectively recover both after massive freezing of the leaf apparatus and the shoot system.

Key words: Lebanese cedar, ecological stability, vegetative organs, reproductive structure.

Поступила в редакцию 19.08.21

Принята к печати 20.09.21