УДК 630*165.62:630*174.754 DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-31-35

Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 1. С. 31–35

ВЛИЯНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НА РОСТ И СОСТОЯНИЕ ВНУТРИВИДОВЫХ ГИБРИДОВ КЕДРА СИБИРСКОГО В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Е. В. Титов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова
Российская Федерация, 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8
E-mail: lesovod_taks@vgltu.ru

На испытательной плантации 35-летних внутривидовых гибридов кедра сибирского в Воронежской области установлено влияние местоположения растений на плантации, обусловливающего объем, густоту зеленой части кроны и влажность почвы, на их рост и физиологическое состояние. Особенно заметно оно проявилось в лесостепи в экстремально жаркое лето 2021 года. В течение 36 дней при температуре 30–36 °С в результате интенсивной транспирации, усиления дыхания и резкого снижения фотосинтеза засохли от обезвоживания кедры, произрастающие с краю насаждения и внутри его, в «окнах» полога, на большой освещенной площади, с невысокой энергией роста и с большой испаряющей поверхностью кроны. Сохранили жизнеспособность гибриды, энергично растущие в густом стоянии на постоянно затененной, достаточно увлажненной почве, с относительно небольшой по протяженности и густоте фотосинтетической поверхностью кроны.

Ключевые слова: *кедр сибирский, местоположение, площадь размещения, протяженность, объем, густота зеленой кроны, фотосинтез, дыхание, обезвоживание.*

Conifers of the boreal area. 2024, Vol. XLII, No. 1, P. 31–35

IMPACT OF LOCATION ON GROWTH AND WEALTH OF INTRA-SPECIFIC HYBRIDS OF THE SIBERIAN CEDAR IN THE CENTRAL FOREST-STEPPE

E. V. Titov

Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozova
8, Timiryazev str., Voronezh, 394087, Russian Federation
E-mail: lesovod_taks@vgltu.ru

On a test plantation of 35-year-old intraspecific hybrids of Siberian cedar in the Voronezh region, the influence of plants location on the plantation, which determines the volume, density of the green part of the crown and soil moisture, on their growth and physiological state was established. It was especially noticeable in the forest-steppe in the extremely hot summer of 2021. Within 36 days at a temperature of 30–36 °C, as a result of intensive transpiration, increased respiration and a sharp decrease in photosynthesis, the cedars dried up from dehydration, growing on the edge of the plantation and inside it, in the "windows" of the canopy, on a large illuminated area, with low growth energy and with a large evaporating surface of the crown. The hybrids remained viable, vigorously growing in dense standing on constantly shaded, sufficiently moistened soil, with a relatively small length and density of the photosynthetic surface of the crown.

Keywords: *Siberian cedar, location, area, length, volume, green crown density, photosynthesis, respiration, dehydration.*

ВВЕДЕНИЕ

Кедр сибирский – холодостойкая и влаголюбивая порода континентального климата, коренной сибиряк. В конце плиоцена – начале плейстоценового похолодания широко распространился на европейской части России и достиг французских Альп. Позднее, в среднем голоцене, в связи с потеплением и иссушением климата, распространением широколиственных лесов, порода исчезла с Русской равнины. При очередном планетарном изменении климата, с появлением современной эпохи похолодания с повышенной влажностью, на ней снова создаются благоприятные условия для возвращения кедра сибирского на европейскую землю предков. Об этом свидетельствуют успешное продвижение в европейской части страны, с севера на юг, в течение последующих 800 лет ареала ели – влаголюбивой его спутницы, и длительный, более 300 лет опыт успешной интродукции породы от подзоны северной тайги до подзоны широколиственных лесов и лесостепи. Однако на таком огромном географическом пространстве экологические условия для кедра сибирского неодинаковы.

К большинству экологических факторов он не предъявляет высоких требований. Единственной его прихотью является потребность в повышенной влажности почвы и, особенно, воздуха. Кедр сибирский –

мезофит. Лучше растет при сумме годовых осадков более 500 мм. Не встречается в районах со среднегодовой влажностью воздуха менее 60 % [4]. На европейской части России лучшие условия по влагообеспечении, температурному режиму, плодородию почвы имеются в подзоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов [8]. Климатический режим в подзоне широколиственных лесов и лесостепи для породы не везде благоприятен, во время засух – рискованный. В Воронежской области кедр сибирский выдерживает 330 мм осадков в период с апреля по октябрь при среднегодовой влажности воздуха 74 %. Здесь, в Центральной лесостепи, особенно заметно проявляется лимитирующее влияние на его рост и состояние повышенного температурного режима и недостатка влаги, ограничивающих фотосинтез и усиливающих дыхание [3].

Интенсивность физиологических процессов, накопление органического вещества в процессе фотосинтеза, интенсивность дыхания и транспирации, жизненное состояние растения во многом зависят от объема и густоты зеленой части кроны, особенно в неблагоприятных для породы климатических условиях. Ее параметры определяются местоположением дерева в насаждении. Изучению жизненного состояния внутривидовых горнотаежных гибридов кедра сибирского различного местоположения на плантации в Центральной лесостепи посвящено настоящее исследование.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В сухой лесостепи европейской части России благоприятный для кедра сибирского микроклимат с повышенной влажностью воздуха формируется на небольших вырубках и полянах, окруженных затеняющими стенами спелого леса, преимущественно из широколиственных пород с многоярусным строением полога, на богатых супесях или суглинках, подстилаемых тяжелыми глинистыми или суглинистыми горизонтами.

В таких условиях успешно росли в Воронежской области до 35-летнего возраста все внутривидовые гибриды кедра сибирского от более двадцати комбинаций скрещиваний, проведенных на 50–55-летних деревьях в среднегорье Северо-Восточного Алтая (1100 м над ур. моря) [6]. Плантация находится в Государственном природном заказнике «Воронежская нагорная дубрава» на вырубке площадью 0,35 га в свежей дубраве снытьевой. Деревья на ней имеют различное местоположение. Большая часть располагается густо: в рядах через 1,0 м, между рядами – через 1,5 м, на постоянно ими затененной поверхности почвы. Небольшое количество – в небольших, освещенных «окнах», появившихся после удаления погибших соседей. Растения в крайних рядах и последние в рядах размещаются свободно, на расстоянии 5–8 м от окружающих стен леса, на открытой, лишенной подлеска, иссушаемой площади.

В каждом местоположении объектом исследований служили 9–12 деревьев, по 3 от каждой комбинации скрещивания. На спиленных засохших гибридах детально изучали биометрию ствола и кроны.

Гибриды различного размещения, густого или свободного, развиваются при неодинаковой освещенности, влажности почвы, интенсивности испарения, внутреннего дефицита воды. Эти микроэкологические условия обусловливают основные физиологические процессы, фотосинтез, ассимиляцию и дыхание, водный режим, потерю воды при транспирации и ее возмещение, обеспечивающие рост и физиологическое состояние растений.

Худшим ростом, т. е. достоверно меньшей высотой (на 13–16 %) и диаметром (на 20 %), отличаются гибриды от всех комбинаций скрещивания, свободно растущие скраю насаждения и внутри его, в освещенных «окнах» на сравнительно большой площади размещения (36–45 м^2). Для них характерна, соответственно, средняя (С = 18–20 %) и низкая (С = 10–12 %) вариабельность по высоте. Внутри плантации, при густом стоянии деревьев на затененной, вдвое меньшей площади (18,6 м^2), кедры, в среднем, на 1,1–1,3 м выше и на 2 см толще. Они более однородны по высоте: С = 5–7 % (табл. 1).

Между основными биометрическими показателями ствола гибридов кедра сибирского и площадью их размещения установлена отрицательная корреляция: r = –0,68–0,72. Их значения выше при меньшей площади размещения – и ниже при большей. С площадью размещения высоко коррелируют параметры и густота кроны. На свободно растущих кедрах средняя протяженность зеленой кроны составляет 6,3–6,5 м, она занимает 73–80 % высоты ствола. Ширина кроны – 3,6 м. На деревьях с густым размещением эти показатели значительно ниже: протяженность зеленой кроны (4,6 м) – на 1,7–1,9 м или на 37–41 %, ширина (2,8 м) – на 0,8 м или 28 %.

Наглядно отражает неодинаковый рост 35-летних горнотаежных гибридов различного местоположения в высоту многолетняя погодичная динамика текущего прироста (рис. 1).

У всех растений признак изменяется синхронно: повышается и снижается в одни и те же годы. Это свидетельствует о преимущественном влиянии на него внешних факторов. Абсолютные значения прироста в высоту обусловлены внутренними, наследственными свойствами организма и условиями произрастания. Более энергично растут гибриды внутри насаждения. Слабее – с краю и в его «окнах». На данном этапе онтогенеза, в 10–35 лет, выделены три возрастных периода с различной энергией роста в высоту: 1 – ускоренного, 10–15 лет, 2 – очень быстрого, 16–28 лет, 3 – быстрого, 29–35 лет.

Варьирование признака в пределах организма, т. е. эндогенная изменчивость по С. А. Мамаеву [5], у гибридов различного местоположения неодинакова. Ранее было установлено, что она зависит от энергии роста гибридов [7]. Полученные данные подтверждают эту закономерность: эндогенная изменчивость прироста в высоту возрастает по мере ослабления энергии роста. В период ускоренного (19–27 см/год) и быстрого (27–37 см/год) роста данный признак варьирует на среднем уровне, снижаясь от С = 16–19 % до 14–17 %. Во время очень быстрого роста (33–48 см/год) – от среднего (С = 12–14 %) до низкого (С = 7,2 %) (табл. 2).

Значительная стабильность величины текущего прироста в высоту быстрорастущих внутривидовых

гибридов кедра сибирского свидетельствует о их генетическом гомеостазе – высокой саморегулирующей способности жизненных процессов организмов к воздействиям внешней среды [9].

В лесостепной зоне, при дефиците влаги, ограничивающим рост деревьев факторами являются максимальная температура воздуха и пониженная влажность почвы. Их решающее влияние на рост бука среди различных факторов окружающей среды установил Фритс [10] в течение двух вегетационных периодов. При высокой температуре рост снижается из-за очень высокой транспирации и обезвоживании листьев или хвои, закрывания устьиц при их усыхании и уменьшении фотосинтеза. С повышением температуры снижается поглощение CO_2 и падает скорость фотосинтеза [1; 2]. Особенно заметно его уменьшение при температурах выше критических [3].

Важное значение для роста и физиологического состояния деревьев имеют размер и плотность фотосинтетической поверхности кроны. Чем она протяженнее, шире и гуще, тем сильнее в лесостепной зоне при длительном воздействии высокой и очень высокой температуры ослабляется рост и скорее наступает гибель растения от обезвоживания. Объем зеленой поверхности кроны связан с условиями произрастания и местоположением деревьев.

Кроны деревьев, находящихся внутри насаждения, менее насыщены ветвями первого порядка. По сравнению с кедрами, растущими с краю и в «окнах» насаждения, их значительно, на 51 %, меньше и на дереве, и на одном погонном метре высоты ствола: в верхней части кроны – на 34–43 % (8 ветвей вместо 12 и 14), в средней – на 15 % (12 вместо 14) (табл. 3). Толщина ветвей в верхней части кроны у деревьев различного местоположения одинакова: 10–12 мм; в средней части у гибридов, растущих внутри насаждения и в его «окнах» – 10–15 мм, с краю насаждения – 13–20 мм.

Таблица 1
Биометрия 35-летних горнотаежных внутривидовых гибридов кедра сибирского различного местоположения

Комбинация	Высота, м	Диаметр, см	Протяженность зеленой кроны		Ширина кроны, м	Площадь размещения, м^2	Состояние в 2021 г.
			м	% от ствола			
1. Внутри насаждения, густое размещение							
$H_2xЮ_2$	9,7+0,4	12+0,3	4,6+0,4	48	2,9+0,3	20,8+1,7	благонадежные
H_3xT_{15}	9,2+0,4	13+0,3	4,6+0,4	50	2,8+0,3	18,3+1,6	
$H_{28}Eo$	10,1+0,5	13+0,4	4,9+0,5	48	3,1+0,3	18,6+1,6	
$H_{33}Eo$	9,3+0,4	11+0,3	4,1+0,3	43	2,6+0,3	16,8+1,4	
среднее	9,6+0,4	12+0,3	4,6+0,4	48	2,8+0,3	18,6+1,6	
2. В «окнах» насаждения, свободное размещение							
$H_2xЮ_2$	8,5+0,8	11+0,3	6,2+0,5	73	3,6+0,4	41,1+8,1	сухие
H_3xT_{15}	8,1+0,7	10+0,3	6,1+0,5	75	3,5+0,3	40,0+7,8	
$H_{28}Eo$	8,4+0,7	10+0,3	6,7+0,6	80	3,7+0,4	39,6+7,7	
$H_{33}Eo$	8,2+2,6	10+0,2	6,2+0,5	76	3,4+0,3	37,7+7,5	
среднее	8,3+0,7	10+0,3	6,3+0,5	76	3,6+0,3	39,6+7,7	
3. С краю насаждения, свободное размещение							
$H_2xЮ_2$	8,3+1,0	10+0,2	6,7+0,8	81	3,6+0,3	44,7+8,3	сухие
$H_{28}Eo$	8,7+1,1	10+0,3	6,4+0,7	74	3,6+0,3	40,3+8,4	
$H_{33}Eo$	8,5+1,0	10+0,3	6,5+0,8	75	3,6+0,3	35,6+7,8	
среднее	8,5+1,0	10+0,3	6,5+0,8	76	3,6+0,3	40,3+8,1	

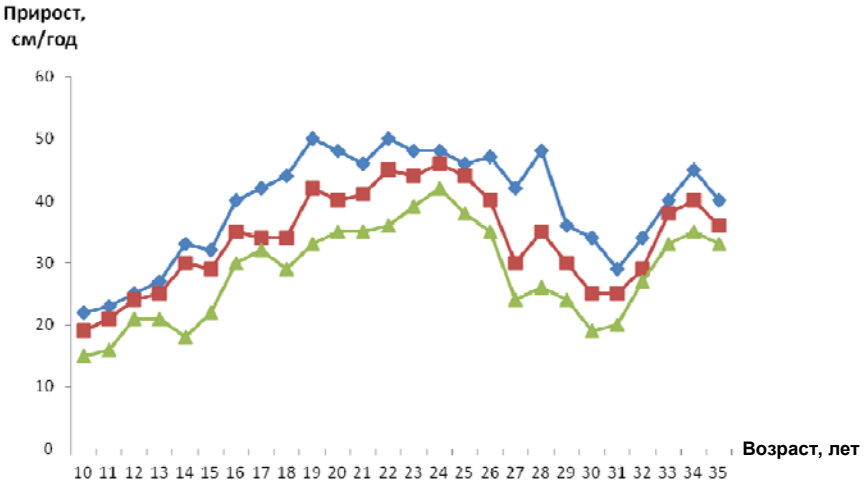

Рис. 1. Текущий годовой прирост в высоту горнотаежных гибридов кедра сибирского различного местоположения в насаждении:
Внутри насаждения — С краю — В "окнах"

Наиболее заметно проявилось влияние местоположения и связанного с ним объема фотосинтетической поверхности крон на физиологическое состояние гибридов кедра сибирского в засушливом 2021 году. В июле и августе в течение 36 дней постоянно сохранялась необычно высокая температура воздуха: 30–36 °С. Она превышала средний многолетний максимум этих месяцев на 4–9 °С. На свободно размещенных кедрах с протяженной зеленой кроной, на высохшей почве, засохла вся хвоя, и они погибли от обезвоживания. Растущие густо гибриды, с относительно небольшой по протяженности и объему зеленой кроной, благодаря возмещению потери воды на транспирацию из постоянно отененной, влажной почве, сохранили жизнеспособность и приличный годичный прирост в высоту (30–32 см) (рис. 2).

Таблица 2
Эндогенная изменчивость текущего прироста в высоту у внутривидовых гибридов кедра сибирского различного местоположения

Местоположение деревьев	Высота, м	Возраст, лет					
		10–15		16–28		29–35	
		M+m, см	C, %	M+m, см	C, %	M+m, см	C, %
Внутри насаждения	9,6+0,4	27,0+4,6	16,0	46,0+3,3	7,2	36,8+5,0	13,6
С краю насаждения	8,5+1,0	24,7+4,5	18,2	39,2+4,9	12,1	32,4+4,9	15,1
В «окнах» насаждения	8,3+0,7	18,8+3,9	19,4	33,4+4,8	14,1	27,3+5,2	16,8

Таблица 3
Показатели кроны у внутривидовых гибридов кедра сибирского различного местоположения

Местоположение	Верхняя часть, 35–28 лет			Средняя часть, 27–18 лет		
	протяженность, м	кол-во ветвей, шт.		протяженность, м	кол-во ветвей, шт.	
		общее	на 1 пог. м		общее	на 1 пог. м
Внутри насаждения	3,1	25	8,1	1,5	17	11,6
С краю насаждения	2,7	32	11,7	3,8	55	13,7
В «окнах» насаждения	2,2	30	13,8	4,1	59	14,4

Рис. 2. Физиологически ослабленные опушечные кедры сибирские засохли в лесостепи от обезвоживания в засушливом 2021 году

На просторе, при длительном освещении всей кроны при температуре выше критической (более 30 °С), у растений усиливается дыхание и быстро уменьшается фотосинтез. Это привело к замедленному росту сеянцев сосен кедровой, смолистой и ладанной [3]. Из-за потери на дыхание большого количества углеводов, которые при обычных температурах расходуются на рост, у растений резко снижается прирост. Мезофиты обладают слабой водоудерживающей способностью, поэтому при высокой, особенно критической, температуре и низкой влажности у кедра сибирского резко возрастает транспирация, внутренний дефицит воды, что приводит к обезвоживанию, снижению вегетационного роста, засыханию хвои. При отсутствии возмещения потерь воды на открытой, лишенной густого подлеска, иссушенной почве, наступает гибель растений от обезвоживания. То есть, незатененная, иссушенная почва является одной из причин гибели гибридов кедра сибирского в лесостепной зоне. На другой, 40-летней плантации внут-

ривидовых высокогорных гибридов породы в аналогичных лесорастительных условиях Государственного природного заказника, при свободном размещении (4–5 м) деревьев с протяженной и широкой кроной, площадь между которыми затенена густым подлеском из лещины, липы, кленов, в засушливом 2021 году не погибло ни одно растение от обезвоживания. Данная плантация – объект дальнейших исследований жизнеспособности кедра сибирского в рискованных природно-климатических условиях Центральной лесостепи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Центральной лесостепи, в условиях повышенного температурного режима и недостатка влаги, внутривидовые горнотаежные 35-летние гибриды кедра сибирского, располагающиеся свободно с краю плантации и в ее «окнах», с протяженной и широкой кроной, в результате снижения фотосинтеза и усиленного дыхания отличаются невысокой энергией роста. В засушливом 2021 году они все погибли от обезвоживания. Гибриды густого стояния, со значительно меньшей (на 31 %) по протяженности, плотной кроной, затеняющей и обеспечивающей сохранение влажности в почве, растут достоверно более энергично. Все они сохранили жизнеспособность в 2021 году.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бендер О. Г. Фотосинтез хвои кедра сибирского на северной границе произрастания // XII Сибирское совещание и школа молодых ученых по климато-экологическому мониторингу. Томск, 2017. С. 116–117.

2. Влияние условий произрастания сосны кедровой сибирской на процессы фотосинтеза и транспирации / А. П. Глинушкин, С. М. Хамитова, Н. А. Бабич [и др.] // Хвойные бореальной зоны. Т. XL, № 5, 2022. С. 361–368.

3. Крамер П., Козловский П. Физиология древесных растений. Москва : Гослесбумиздат, 1963. 328 с.

4. Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Козакова Н. Ф. Кедр. М. : Лесная пром-сть, 1983. 216 с.

5. Мамаев С. А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений, II. Амплитуда изменчивости // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений. Свердловск, 1969. С. 3–38.

6. Титов Е. В. Рост внутривидовых горнотаежных гибридов кедра сибирского в Воронежской области // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений ; Сиб. гос. технологич. ун-т. Красноярск, 2016. С. 107–112.

7. Титов Е. В. Эндогенная изменчивость текущего прироста у внутривидовых гибридов кедра сибирского в Центральной лесостепи // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : материалы XXI Междунар. науч. конф. Красноярск, 2018. С. 233–236.

8. Титов Е. В. Плантационное лесоводство. Воронеж : ФГБОУ ВО «ВГЛТА», 2012. 127 с.

9. Lerner Y. M. Genetic Homeostasis. N.Y. Wiley Sons, 1954.

10. Fritts H. C. An analysis of radial growth of beech in a central Ohio forest during 1954–1955, Ecology, 39, 1958. P. 705–720.

REFERENCES

1. Bender O. G. Photosynthesis of Siberian stone pine needles on the northern border of growth // XII Siberian meeting and school of young scientists on climate and environmental monitoring. Tomsk, 2017. S. 116–117.

2. Glinushkin A. P., Khamitova S. M., Babich N. A. [et al.] Influence of growing conditions of Siberian stone pine on the processes of photosynthesis and transpiration // Conifers of the boreal zone. T. XL, No. 5, 2022. S. 361–368.

3. Kramer P., Kozlovsky P. Physiology of woody plants. Moscow : Gosles-bumizdat, 1963. 328 p.

4. Krylov G. V., Talantsev N. K., Kozakova N. F. Kedr. M. : Lesnaya prom-st, 1983. 216 p.

5. Mamaev S. A. On the problems and methods of intraspecific taxonomy of woody plants, II. Amplitude of variability // Patterns of formation and differentiation of species in woody plants. Sverdlovsk, 1969. S. 3–38.

6. Titov E. V. Growth of intraspecific mountain taiga hybrids of Siberian stone pine in the Voronezh region // Fruit growing, seed production, introduction of woody plants; Sib. state technological un-t. Krasnoyarsk, 2016. S. 107–112.

7. Titov E. V. Endogenous variability of current growth in intraspecific hybrids of Siberian stone pine in the Central forest-steppe // Fruit growing, seed production, introduction of woody plants: Proceedings of the XXI Intern. scientific conf. Krasnoyarsk, 2018. S. 233–236.

8. Titov E. V. Plantation forestry. Voronezh : FGBOU VO “VGLTA”, 2012. 127 p.

9. Lerner Y. M. Genetic homeostasis. N.Y. Wiley Sons. 1954.

10. Fritts H. C. An analysis of radial growth of beech in a central Ohio forest during 1954–1955, Ecology, 39, 1958, pp. 705–720.

© Титов Е. В., 2024

Поступила в редакцию 10.04.2023
Принята к печати 22.01.2024