

АНАТОЛИЙ ПЕТРОВИЧ ЦАРЁВ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесного хозяйства лесинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
tsarev@psu.karelia.ru

НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА ЛАУР

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства лесинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
laur@psu.karelia.ru

ВАДИМ АНАТОЛЬЕВИЧ ЦАРЁВ

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры управления производством экономического факультета, Воронежская государственная лесотехническая академия (Воронеж, Российская Федерация)
vadbat@comch.ru

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ СЕЛЕКЦИИ*

Рассмотрены результаты испытания семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной и гибридов осины. Показано, что потомство отдельных деревьев сосны обыкновенной в возрасте 17–19 лет значительно превышало по объему стволов контроль. Использование гибридного материала осины позволило получить насаждения, в 2–3 раза превышающие запасы контрольных посадок. Лучшие варианты гибридов показали рекордные запасы здоровой стволовой древесины (267–508 м³/га в возрасте 29 лет).

Ключевые слова: лесная селекция, экономическая эффективность, плюсовые деревья, сосна обыкновенная, гибриды осины

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В значительной степени повышение продуктивности лесных насаждений обязано достижениям лесной генетики и селекции. Начиная с 1920-х годов исследуются генетические особенности лесных древесных растений. В нашей стране это направление сначала развивалось по инициативе отдельных исследователей [1], [2], [4], [9], [13] и др. На государственном уровне оно получило поддержку с 1930-х годов. Сейчас уже никто не оспаривает, что при создании плантационных насаждений, предназначенных для ускоренного выращивания древесины, невозможно существенно поднять уровень продуктивности без использования селекционно улучшенного и сортового репродуктивного материала. Использование такого материала также повышает эффективность защитных лесных полос и специализированных насаждений (на выращивание декоративной древесины, получение таннидов, прута для лозоплетения и др.). Во всех этих случаях невозможно получить эффективные результаты, используя случайный несортный материал.

Однако систематические работы с лесными породами в этом направлении в разных регионах нашей страны не всегда находятся на должной высоте. Многие современные лесопромышленники, которые обязаны кроме рубки заниматься и лесовосстановлением, часто прибегают к дешевому и удобному способу – облесению вырубки от стелы леса. Однако это может привести к тому, что

на месте сосны и ели вырастут не всегда здоровые осина и береза. Пренебрежение возможностями повышения продуктивности лесов за счет использования достижений лесной генетики и селекции обрекает людей на дефицит лесоматериалов.

Цель настоящей работы заключается в обобщении некоторых результатов, полученных при использовании генетико-селекционных подходов в лесном хозяйстве, что позволит выбрать наиболее эффективный путь лесовосстановления и лесопользования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы, представленные и проанализированные в настоящей работе, получены на опытных объектах *Pinus sylvestris* L., заложенных в Карелии, и на коллекции гибридов *Populus tremula* L., заложенных в Центральном Черноземье. Полевые наблюдения за ростом потомства от плюсовых деревьев сосны обыкновенной были проведены на трех участках испытательных культур (поля 10, 12, 13, каждое площадью в 1 га), заложенных по методу бесповторностного для плюсовых деревьев опыта под руководством Ф. А. Чепика в бывшем Заозерском лесничестве Петрозаводского лесхоза. Тип леса черничниковый. Бонитет насаждений II–III. Ко времени наблюдений возраст растений достигал 17–19 лет. По фактически измеренным высотам и диаметрам определялись объемы видовых цилиндров, а затем и объемы стволов потомств при среднем

коэффициенте формы. Видовое число для данных условий и возраста растений сосны обыкновенной равно 0,53 в соответствии с таблицами хода роста А. В. Тюрина [10]. Для статистической обработки данных измерений использовались стандартные процедуры [8].

Экономический эффект рассчитывался на основе сопоставления продуктивности плюсовых деревьев или отдельных гибридных семей по сравнению с контролем. В качестве контроля для исследуемых плюсовых деревьев принималась величина средней совокупности роста растений по каждому отдельно взятому полю. Превышение выражалось в разности абсолютных величин ($\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$) или в относительных (%).

Наблюдения за ростом гибридов осины, полученных В. П. Петрухновым, были проведены на территории Семилукского селекционного питомника Воронежской области. Возраст насаждений – 29 лет, условия произрастания D_{1-2} . Участок площадью 0,93 га заложен оригинатором весной 1982 года гибридными сеянцами при размещении 2×5 м. Всего были высажены 1093 сеянца от 9 гибридных семей, полученных от гибридизации на срезанных ветвях в вегетационных боксах в контролируемых условиях. Выгонка пыльцы также осуществлялась на срезанных ветвях, что позволило совместить сроки цветения разных форм гибридов и чистоту опылений [5]. На участке вначале ежегодно, а затем периодически проводилось определение сохранности растений, замеры высот и окружности ствола, а также степень их повреждения болезнями. В качестве контроля к гибридам использовалось полусибсовое потомство местной осины, произрастающей в Учебно-опытном лесхозе Воронежской государственной лесотехнической академии. Объемы стволов определялись по таблицам А. В. Тюрина [10].

Запас насаждений гибридных семей осины находился путем суммирования фактических объемов всех деревьев на делянках и перевода полученных запасов на делянках в запас на единицу площади (1 га). При этом использовалась следующая формула:

$$W = W' \times 10000 / S, \quad (1)$$

где W – расчетный запас стволовой древесины, $\text{м}^3/\text{га}$; W' – фактический запас стволовой древесины на делянках, м^3 ; S – площадь делянки, занимаемой одной гибридной семьей, м^2 ; 10 000 – площадь одного гектара, м^2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной

Сосна обыкновенная является полиморфным видом. Из большого количества форм, описанных Л. Ф. Правдиным [6], 31 выделен по форме кроны и ствола, 9 – по строению корки, 21 – по раз-

мерам и окраске хвои, 12 – по окраске стробилов и строению шишек, 3 – по качеству древесины, 5 – по цвету семян. Дальнейшие уточнения формового разнообразия сделаны П. И. Молотковым и И. Н. Патлаем [17]. Однако эти классификации не исчерпывают всего многообразия форм сосны обыкновенной. Каждый древостой состоит из множества деревьев, различающихся морфологическими, анатомическими, физиологическими и другими признаками. Среди них встречаются формы, обладающие ценными свойствами, которые могут стать объектом отбора.

Долгое время селекция сосны обыкновенной развивалась по пути отбора плюсовых деревьев без их генетической оценки. Однако далеко не все плюсовые деревья передают свои хозяйственно ценные признаки потомству. Это объясняется очень высоким уровнем гетерозиготности по количественным признакам, а также тем, что эти признаки находятся под сильным влиянием окружающей среды. Создание продуктивных насаждений посадочным материалом, выращенным из семян, полученных на лесосеменных плантациях, где сосредоточены клоны плюсовых деревьев, остается главным направлением разведения сосны обыкновенной. Вместе с тем требуются исследования по оценке плюсовых деревьев, испытанных по потомству. Такие испытания и проводятся в Петрозаводском центральном лесничестве. В настоящей работе анализируются данные, полученные на отмеченных выше трех полях (10, 12, 13). Некоторые результаты наблюдений для примера приведены в табл. 1.

Превышение у достоверно лучше растущих потомств отдельных плюсовых деревьев над контролем варьировало на разных полях. Так, на поле № 12 превышение объемов стволов потомств лучших плюсовых деревьев над контролем составляло 20–25 %. На поле № 13 превышение варьировало от 17 до 114 %, на поле № 10 – 30–75 %. Такие огромные превышения могли быть также вызваны варьированием среды, несвоевременными рубками ухода и отсутствием повторений опыта для потомств отдельных плюсовых деревьев. В связи с этим данные исследования должны быть продолжены для уточнения их результатов. Еще больший эффект выявлен при сравнении средних величин объемов стволов у пяти лучших и пяти худших потомств на каждом поле (табл. 2). Приведенные данные показывают, что рост потомства от лучших плюсовых деревьев превышает рост потомства от худших деревьев в 2 раза.

Анализ вышеприведенных данных позволяет заключить, что использование селекционно улучшенного материала сосны обыкновенной значительно увеличивает продуктивность создаваемых насаждений и их экономический эффект.

Таблица 1

Средние показатели роста 19-летнего потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной на испытательных культурах Петрозаводского центрального лесничества (поле № 10)

№ ПД	Кол-во исследованных потомков	Высота, м		Диаметр, см		Объем ствола, $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$	Процент к контролю
		$\bar{X} \pm s\bar{x}$	Достоверность различий*	$\bar{X} \pm s\bar{x}$	Достоверность различий*		
158	113	$6,80 \pm 0,07$	±	$11,75 \pm 0,14$	+	39,1	175
681	113	$6,95 \pm 0,06$	+	$10,00 \pm 0,07$	+	28,9	130
1101	105	$6,35 \pm 0,10$	–	$7,20 \pm 0,18$	–	13,7	61
1078	107	$5,65 \pm 0,08$	–	$7,75 \pm 0,10$	–	14,1	63
453	119	$6,15 \pm 0,11$	–	$8,70 \pm 0,23$	±	19,4	87
450	119	$7,30 \pm 0,11$	+	$8,65 \pm 0,16$	±	22,7	102
155	137	$6,75 \pm 0,15$	±	$8,95 \pm 0,11$	±	22,5	101
835	59	$6,80 \pm 0,13$	±	$8,40 \pm 0,32$	±	20,0	85
375	51	$6,70 \pm 0,25$	±	$9,40 \pm 0,93$	±	24,6	110
448	111	$6,65 \pm 0,10$	±	$7,55 \pm 0,26$	–	15,8	70
1074	86	$6,80 \pm 0,04$	+	$9,05 \pm 0,05$	±	23,2	104
329	95	$6,15 \pm 0,15$	–	$9,40 \pm 0,32$	±	22,6	101
1062	99	$6,40 \pm 0,13$	±	$9,50 \pm 0,37$	±	24,0	108
371	42	$6,45 \pm 0,44$	±	$9,10 \pm 0,65$	±	22,2	99
Среднее – контроль	$\Sigma = 1356$	$6,56 \pm 0,03$		$8,96 \pm 0,08$		22,3	100

Примечание: + – достоверно лучше контроля при $\alpha_{0,05}$; – – достоверно хуже контроля при $\alpha_{0,05}$; ± – достоверные отличия от контроля при $\alpha_{0,05}$ отсутствуют.

Таблица 2

Преимущество потомков лучших плюсовых деревьев сосны обыкновенной над потомками худших в испытательных культурах Петрозаводского центрального лесничества

№ поля	Возраст, лет	Средний объем стволов потомков 5 лучших плюсовых деревьев, $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$	Средний объем стволов потомков 5 худших плюсовых деревьев, $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$	Увеличение роста потомков лучших плюсовых деревьев по сравнению с худшими, %
12	17	26,0	11,3	230
13	17	18,3	7,5	244
10	19	28,0	19,4	144
В среднем	≈18			206

Исследование гибридного потомства осины

Осина является одной из лесообразующих пород в России. По занимаемой площади она стоит на 3–4-м месте, уступая лиственнице, сосне, ели, а в отдельных местах и березе. Древесина осины – лучшее сырье для спичечной промышленности, широко используется для изготовления фанеры, является ценным сырьем для ЦБП, идет на производство тары, применяется в химической промышленности при производстве полимеров, в топливном хозяйстве, а также в качестве кормовых добавок в животноводстве (веточный корм) и как лекарственное сырье. Несмотря на высокие технологические свойства и широкое применение осинового древесины в народном хозяйстве, ее использование ограничено из-за массового (до 60–90 %) повреждения стволов (к возрасту спелости) сердцевинной гнилью, вызываемого грибом *Phellinus tremula* Bond. et Boris. (*Fomes ignarius* Fr.), и связанного с этим низкого выхода деловой древесины. Поэтому селекция осины в основном направлена на отбор устойчивых к фитопатогенам форм и выведение на их основе высокорезистентных гибридов. Селекцией осины в нашей стране занималась целая

плеяда ученых (А. С. Яблоков, М. М. Вересин, С. П. Иванников, В. Т. Бакулин, Л. Е. Михайлов, Р. П. Царёва, В. П. Петрухнов и др.).

Результаты изучения гибридного потомства осины приведены в табл. 3. Как видно из данных, сохранность гибридного потомства осины, полученного В. П. Петрухновым, варьировала по семьям от 41,1 до 81,8 %, а в целом по участку составила 52,2 %. Средняя высота семей изменялась от 15,6 до 20,1 м, средний диаметр – от 18,4 до 28 см, объем ствола – от 0,25 до 0,60 м^3 , запас древесины с учетом сохранности – от 88 до 508 $\text{м}^3/\text{га}$. Достоверно лучший рост гибридного потомства отмечался в 4 семьях: Осина $X_2 \times$ Осина ВГЛТА, Осина американская \times Осина ВГЛТА, Осина обоянская \times Тополь сереющий и у сложных гибридов из семьи Тополь Яблокова \times Тополь сереющий. Средняя высота гибридов в отмеченных семьях в 29 лет составляла 18,5–20,1 м, средний диаметр – 24,3–28 см, средний объем ствола – 0,42–0,60 м^3 .

Наибольший запас древесины (508 $\text{м}^3/\text{га}$) и самая высокая сохранность (80 %) в 29-летнем возрасте выявлены у гибридного потомства при скрещивании местных осин (Осина $X_2 \times$ Осина

ВГЛТА) – ранг 1. На втором и третьем месте по запасу древесины (ранг 2 и 3) находились семьи Осина американская × Тополь Болле и Осина американская × Осина ВГЛТА, то есть потомства гибридов, полученные при отдаленной гибридизации (331 и 267 м³/га). Запас контрольного варианта в этом возрасте составил 171 м³/га.

Таким образом, при использовании гибридной осины можно получать высокопродуктивные здоровые насаждения, превышающие контроль в 1,5–3 раза. Но самое главное, что при достаточно больших, а в ряде случаев даже рекордных запасах древесины осины в данном возрасте оставалась здоровой.

Произведенные расчеты показывают высокий экономический эффект получаемой древесины в искусственных насаждениях. Так, в октябре 2011–апреле 2012 года стоимость одного кубометра осинового деловой древесины (круглый лес с доставкой) в Европейской России составляла 1100–1500 руб. [3], [7]. Учитывая, что затраты на создание гибридных и контрольных насаждений были примерно равными, прием одинаковую минимальную стоимость древесины в 1100 руб./м³ на участках гибридной осины

и контроля. Стоимость древесины, получаемой с одного гектара леса в 29-летнем возрасте, составляла для гибридов 293,7–558,8 тыс. руб., тогда как на контрольном насаждении только 188,1 тыс. руб./га, то есть потенциальное превышение выручки при продаже леса с 1 га может составить 105,6–370,7 тыс. руб. в пользу гибридной осины. Это говорит о перспективности генетико-селекционных работ для повышения продуктивности насаждений для этой породы.

В целом результаты исследований показали фактическое положительное влияние на продуктивность создаваемых насаждений и высокую экономическую эффективность использования селекционно улучшенного и сортового материала. В экономически развитых странах это влияние стараются использовать при выращивании промышленных плантаций и большинства обычных лесных культур. В первую очередь это относится к быстрорастущим породам: тополь, ива, эвкалипт и др. Но в последние десятилетия эти подходы стали использоваться и при создании основных лесобразующих пород, таких как сосна обыкновенная, сосна скрученная, сосна Банкса и др. [11], [12], [14], [15], [16].

Таблица 3

Средние показатели роста гибридных семей осины на Семилукской коллекции в возрасте 29 лет

Гибридные семьи	Высажено, шт.	Сохранность, %	Показатели роста		Объем ствола, м³		Площадь под семьей, м²	Запас древесины, м³/га	Ранг по запасу древесины
			Высота, м	Диаметр, м	м³	ранг			
Ос. америк. × Ос. ВГЛТА	147	49,7	18,5	24,3	0,42	4	1150	267	3
Ос. Давида × Ос. ВГЛТА	168	41,1	16,8	21,2	0,29	8	1300	156	9
Ос. Давида × Т. Болле	89	44,9	16,3	20,3	0,26	10	810	129	10
Ос. Х ₁ × Ос. ВГЛТА	148	81,8	17,5	22,4	0,34	6	1550	266	4
Ос. Х ₂ × Ос. ВГЛТА	50	80,0	19,2	25,9	0,50	2	390	508	1
Ос. америк. × Т. Болле	32	43,8	18,0	23,3	0,38	5	160	331	2
Т. сереющий × Ос. ВГЛТА	150	43,3	17,0	21,6	0,31	7	1010	199	7
Т. Яблокова × Т. сереющий	60	46,7	18,6	24,3	0,42	3	580	204	6
Ос. Обоянская × Т. сереющий	40	42,5	20,1	28,0	0,60	1	460	223	5
Ос. ВГЛТА (полусибсы, контроль)	136	54,4	16,7	20,9	0,28	9	1230	171	8
Итого	1093	52,2							

ВЫВОДЫ

По результатам оценки продуктивности потомств плюсовых деревьев сосны обыкновенной, использование селекционно улучшенного материала, полученного даже в результате простых отборов, может значительно увеличить продуктивность создаваемых искусственных насаждений. Полевые эксперименты показали, что в равных условиях рост потомства сосны обыкновенной II класса возраста от лучших плюсовых деревьев может превышать рост потомств от худших деревьев в 2 раза. Средние показатели объема стволов потомств перспективных плюсовых деревьев превышали контроль на 17–114 %. Данные показатели, возможно, вызваны не только селекционным преимуществом потомств плюсовых деревьев, но и факторами

среды, в связи с чем их следует рассматривать как предварительные. Использование гибридного посадочного материала осины позволило получить насаждения, в 2–3 раза превышающие запасы контрольных насаждений. Лучшие варианты гибридов осины показали рекордные запасы стволовой древесины для 3-го класса возраста (267–508 м³/га в возрасте 29 лет), а получаемая в этом случае древесина была здоровой, не пораженной сердцевинной гнилью. Превышение стоимости стволовой круглой древесины на участках, созданных из лучших гибридов осины, может составить 106–371 тыс. руб. на одном гектаре в возрасте 29 лет. Представленные данные показывают экономическую эффективность использования затрат на генетико-селекционные исследования в лесном хозяйстве.

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития (ПСР) ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбенский А. В. Селекция древесных пород и семеноводство. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1959. 306 с.
2. Вересин М. М. Селекционный отбор быстрорастущих форм древесных пород при лесовыращивании // Научные записки Воронежского лесохозяйственного института. Том IX. Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1946. С. 74–103.
3. Интернет-форумы лесной отрасли [Электронный ресурс]. Режим доступа: forums.wood.ru
4. Кобранов Н. П. Селекция дуба. М.: Новая деревня, 1925. 37 с.
5. Петрухнов В. П. Гибридизация осины в ЦЧО // Гибридизация лесных древесных пород: Сб. науч. тр. Воронеж: Центральный научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции, 1988. С. 101–106.
6. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М.: Наука, 1964. 191 с.
7. Продажа леса. ОАО «Альянс групп» [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.alliance-group.ru
8. Снедекор Дж. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1961. 503 с.
9. Сукачев В. Н. Проблема преодоления времени в лесоводстве и роль селекции лесных древесных пород в ее разрешении // Селекция и интродукция быстрорастущих древесных пород. 1934. № 1. С. 15–25.
10. Тюрин А. В., Воропанов П. В., Науменко И. М. Лесная вспомогательная книжка (по таксации леса) / Под ред. А. В. Тюрина. 2-е изд. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1956. 532 с.
11. Царев А. П. Мировой опыт плантационного лесовыращивания // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2010. № 6 (111). С. 42–48.
12. Царев А. П., Царева Р. П., Царев В. А. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата // Информационный вестник ВОГиС. 2010. Т. 14. № 2. С. 255–264.
13. Яблоков А. С. Селекция древесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 487 с.
14. ABARE and Jaakko Pöyry. Global outlook for plantations. Canberra: Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics. ABARE project 1601, 1999. 99 p.
15. Carle J. (in cooperation with Andrade G., Lei Chen, Millanes M., Lungo A. D., Tetu P.). Synthesis of Country Progress Reports – Activities Related to Poplar and Willow Cultivation and Utilization, 2004 through 2007 // Poplars, Willows and People's Wellbeing. 23rd Session of International Poplar Commission Beijing, China, 27–30 October 2008.
16. Giertych M., Matyas C. Genetics of Scots Pine / Developments in Plant Genetics and Breeding 3. Amsterdam: Elsevier, 1991. P. 87–101.
17. Molotkov P. I., Patlaj I. N. Systematic position within the genus Pinus and intraspecific taxonomy // Genetics of Scots Pine / Developments in Plant Genetics and Breeding 3; Edited by M. Giertych and C. Matyas. Amsterdam: Elsevier, 1991. P. 31–40.