

УДК 630\*165

**А.П. Царев, Н.В. Лаур**

Петрозаводский государственный университет

Царев Анатолий Петрович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Воронежский лесотехнический институт, в 1984 г. Воронежский государственный университет, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод РФ и Республики Карелия, действительный член РАЕН, профессор кафедры лесного хозяйства Петрозаводского государственного университета. Имеет более 250 опубликованных работ в области лесной генетики, селекции, сортоиспытания, экологии, плантационного лесоразведения и биоэнергетики.

E-mail: antsa\_55@yahoo.com; tsarev@psu.karelia.ru



Лаур Наталья Владимировна окончила в 1976 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесного хозяйства Петрозаводского университета. Имеет 60 опубликованных работ в области селекции и семеноводства сосны, ели, карельской березы и древесиноведения.

E-mail: laur@psu.karelia.ru



## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ И РЕПРОДУКЦИИ ЛЕСНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

Проанализировано развитие селекции и размножения лесных древесных растений за рубежом и в нашей стране. Выделены основные направления работ в данной области. Предложена гипотетическая интегральная схема селекции и репродукции. Показаны перспективные направления генетико-селекционных работ в лесном хозяйстве.

*Ключевые слова:* лесная селекция, репродукция, лесосеменные плантации, интегральная схема селекции и репродукции, перспективные направления.

Начало в той или иной степени удачных опытов по лесной селекции можно отнести к XIX в. За этот не очень большой промежуток времени, учитывая длительность онтогенеза лесных древесных растений, был накоплен столь огромный научный и практический материал. Авторы акцентировали внимание на тех разделах, которые имеют и будут иметь общее и важное практическое значение в настоящее и ближайшее время, лишь частично затрагивая возможные перспективы генетических исследований, результаты которых применимы в лесоразведении.

Селекция с момента ее зарождения, развития и выделения в самостоятельную науку традиционно развивалась и в теоретическом, и в прикладном направлениях. Первоначально ее достижения сказались на развитии сельского хозяйства (в растениеводстве и животноводстве), затем селекционные методы стали проникать и в лесное хозяйство [1, 6, 10, 12].

Параллельно с заимствованными методами из сельскохозяйственной науки в лесном деле появились и специфические методы, обусловленные длительным онтогенезом древесных растений. Успехи и неудачи стихийной интродукции растений обратили внимание на их происхождение. Начиная с середины XIX в. в Европе, а затем и в других частях света последовательно исследуется влияние происхождения лесных древесных растений на их рост и устойчивость в новых условиях.

В селекции лесных древесных растений чаще других используются методы массового и индивидуального отборов и гибридизации. В XX в. появилось понятие нетрадиционных методов селекции. К ним стали относить физические и химические способы экспериментального мутагенеза, приемы получения митотических, мейотических и зиготических полиплоидов, исследование культуры клеток и клеточных тканей. В конце XX в. на основе генетических достижений были разработаны соматогенез, трансгенез и другие методы генетической инженерии, которые постепенно стали проникать и в селекцию лесных древесных растений.

К концу XX в. в зарубежной и отечественной селекции определилось несколько перспективных направлений исследований лесных древесных растений, среди которых можно отметить следующие:

1. Программные подходы при селекции отдельных лесных древесных видов для конкретных целей. Так, А.П. Царев и сотрудники Центрального НИИ лесной генетики и селекции разработали программы селекции тополей, березы, ив; L. Wilhelmsson и B. Andersson – *Pinus sylvestris* и *Pinus contorta* ssp. *latifolia*; B. Karlsson и O. Rosvall – *Picea abies* [14 и др.].

2. Цикл исследований и работ по плюсовой селекции, включающий отбор плюсовых деревьев и насаждений, их испытание и репродукцию [1–3, 6, 10, 12, 14 и др.].

3. Выведение, испытание и отбор сортов для создания быстрорастущих, высокопродуктивных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды плантационных, мелиоративных, рекреационных и других видов насаждений. Это направление оказалось наиболее перспективным для тополей и ив [1, 6].

4. Увеличение эффективности долгосрочной селекции при сохранении генетического разнообразия [13].

5. Введение на лесосеменных плантациях повышенной доли генотипов с высокой генетической ценностью [14].

6. Плантационное лесоразведение, успех которого во многом обусловлен сортовым и селекционно улучшенным материалом [8, 9].

7. Агролесоводство, при котором сочетаются выращивание плантационных насаждений с редким размещением растений и пастьбой скота, разведением птиц, выращиванием овощных, бахчевых и других сельскохозяйственных культур. К этому направлению относится и создание защитных лесных полос из быстрорастущих растений [15].

По каждому из этих направлений получены определенные результаты, которые широко освещались в научной печати.

Научные исследования в селекции, а в лесной селекции особенно, требуют многолетних трудоемких работ с не всегда предсказуемым результатом. Для получения практически важных эффектов, как правило, необходимы долгосрочные целенаправленные финансовые вложения. Длительность исследований является наиболее уязвимым положением, поскольку в течение продолжительного периода могут смениться не только парадигмы науки, целевые установки, составы исследователей и спонсоров, но и общественный строй в целом.

И тем ценнее являются формы и сорта хвойных и лиственных лесных древесных растений, отобранные в природе и выведенные искусственным путем, отличающиеся быстротой роста, продуктивностью, устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам среды, качеством древесины и другими хозяйственно ценными признаками. Можно назвать десятки сортов и клонов тополей, ив, гнилеустойчивых форм осины, гибридов тополей, карельской березы, дуба, ясеня, вяза, ореха, лещины и др. [1, 6 и др.].

Но мало отобрать плюсовые деревья, выделить хозяйственно важные формы, вывести экономически эффективные сорта. Этот материал необходимо еще размножить без потери его ценных свойств. К настоящему времени наиболее надежным способом сохранения генетических свойств организмов является их клоновое размножение. Для выявления ценных клонов проводилось их сортоиспытание по специально разработанным методикам. Однако для многих размножающихся семенным путем пород этот способ не всегда применим и эффективен, поэтому разрабатываются другие методы, позволяющие добиваться практических результатов.

В лесном хозяйстве для этой цели было предложено создавать временные лесосеменные участки (ВЛСУ) однократного использования и постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ) многолетнего использования в существующих насаждениях (*in situ*), а также лесосеменные плантации (ЛСП), заложенные на специально подготовленных площадях (*ex situ*). Первоначально использовались лесосеменные плантации так называемого первого порядка, или поколения (ЛСП-I), которые создавались прививкой черенков, заготовленных из лучших плюсовых деревьев хвойных и лиственных пород, или сеянцами, выращенными из семян плюсовых деревьев. Шведские исследователи, развивавшие этот путь, считали, что полученные на таких плантациях семена будут в значительной степени сохранять ценные генетические качества отобранных плюсовых деревьев [12].

Помимо этой уверенности созданию таких плантаций способствовал также ряд положительных моментов: они были технологичны как при их создании, так и при заготовке семян; заготавливать шишки на них было легче, чем на зимних лесосеках; урожай семян на них был выше, чем в обычных насаждениях; эти семена были местного происхождения; на них происходило накопление ценного генофонда.

Однако как при всяком массовом отборе выделению и использованию плюсовых деревьев в ЛСП-I сопутствовал и ряд недостатков: невозможность проверки отбираемых растений по их потомству ввиду объединения в общем сборе семян наследственно ценных деревьев и таких, которые выделяются в результате положительных модификаций, вызванных лучшими условиями

роста; нельзя выделить из популяций наиболее ценные формы и реализовать их преимущества, так как их мало в общем сборе семян и они не могут оказать существенного влияния на общий результат; относительная односторонность, так как отбор идет только по материнской линии и его результаты основаны на аддитивном генетическом эффекте.

Для хотя бы частичного преодоления этих недостатков было предложено определять генетическую ценность плюсовых деревьев по их семенному потомству в испытательных культурах (ИК). Плюсовые деревья, семенное потомство которых в ИК показывало в среднем достоверное превосходство над контролем, были названы элитными. Из черенков элиты рекомендовалось создавать лесосеменные плантации второго порядка (ЛСП-II). Проблема заключалась в том, что достоверное заключение о ценности того или иного плюсового дерева, учитывая длительность онтогенеза древесных пород, могло быть получено только десятилетия спустя.

Поэтому появилась идея производить предварительную оценку вегетативного потомства плюсовых деревьев. По результатам этой оценки отбирались деревья, потомство которых подтверждало ценность их генотипа, из которых было предложено создавать прививочные семенные плантации так называемого полуторного поколения (ЛСП-1,5).

После отбора ценных генотипов в результате испытания потомств выяснилось, что не во всех случаях сочетание тех или иных пар лучших деревьев дает хорошие результаты. Отбор на общую комбинационную способность (ОКС) позволял выявить только ценность семенных (материнских) деревьев, а вклад отцовских деревьев оставался неизвестным. Поэтому потребовалось проводить исследования по изучению специфической комбинационной способности (СКС) отобранных плюсовых деревьев. Из пар деревьев, дающих высокопродуктивное потомство, возможно создание семенных плантаций третьего поколения (ЛСП-III), или биклоновых.

Наряду с этим разрабатывались и другие методы репродукции (линейные и межлинейные гибриды, клональное микроразмножение, искусственные семена и др.).

Параллельно разрабатывались методы получения и испытания сортов лесных древесных растений. В обиход вошел сельскохозяйственный термин «сортывыведение». Был опубликован ряд методик государственного сортоиспытания лиственных и хвойных пород и утверждена общая часть Методики государственного сортоиспытания лесных древесных растений [4].

В результате анализа развития селекции лесных древесных растений в разных странах и в регионах нашей страны можно предложить следующую примерную схему селекции и репродукции лесных древесных растений (см. рисунок).



Интегральная схема селекции и репродукции лесных древесных растений

В данной схеме сделана попытка представить гипотетически необходимый комплекс генетико-селекционных работ в целях получения практически важных результатов. Естественно, что в каждом конкретном регионе, сообразуясь с естественно-географическими условиями произрастания, экономико-социальными возможностями и предпочтительными лесными древесными породами, в тот или иной период развития лесного хозяйства могут быть выделены свои приоритеты.

Остановимся на достижениях так называемой плюсовой селекции. По данным ФБУ «Рослесозащита» на 1.01.2012 г. в стране имеются в наличии следующие объекты лесной селекции (табл. 1).

## Объекты селекции и семеноводства лесных древесных пород в России

Объекты <i>in situ</i>	Количество	Объекты <i>ex situ</i>	Количество
Плюсовые деревья, экз.	35 065	ЛСП, га	6 239
Плюсовые насаждения, га	15 206	В том числе повышенной генетической ценности	131
ПЛСУ, га	20 580	Архивы клонов, га	589
В том числе:			
аттестованные	16 253	Маточные плантации, га	227
семеносящие	14 952	Испытательные культуры, га	821
Из них для заготовки улучшенных семян	858	Популяционно-экологические культуры, га	31
Лесные генетические резерваты, га	205 501	Географические культуры, га	872

Рассмотрим более детально два показателя: число плюсовых деревьев и площадь лесосеменных плантаций. В разрезе отдельных лесных пород приводятся следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

## Распределение плюсовых деревьев и лесосеменных плантаций по отдельным древесным породам в России

Лесные древесные породы	Плюсовые деревья, экз.	ЛСП, га
Сосна обыкновенная	16 310	3 321
Сосна сибирская	3 002	409
Ель (род)	5 944	1 336
Лиственница (род)	3 945	713
Пихта (род)	436	2
Дуб черешчатый	3 396	335
Бук (род)	625	11
Береза (род)	405	51
Орех (род)	172	2
Прочие	830	59
<i>Всего</i>	35 065	6 239

Много или мало это по сравнению с другими странами? В нашей стране на 1.01 2011 г., по данным Федерального агентства лесного хозяйства, насчитывалось 770 621 тыс. га лесопокрытой площади. Из этого, видно, что в России одно плюсовое дерево отобрано в среднем на 21 977 га, а один гектар плантации создан на 123 517 га лесопокрытой площади.

В соседней Финляндии к 2000 г. было отобрано 13 572 плюсовых дерева [5], т. е. при лесопокрытой площади Финляндии в 20 247 тыс. га одно плюсовое дерево было отобрано на 1 492 га покрытой лесом площади. Получается, что к началу XXI в. в Финляндии интенсивность отбора плюсовых деревьев была в 15 раз выше, чем у нас в настоящее время.

В Швеции, где площади, покрытые лесом, составляют 27 134 тыс. га, интенсивность отбора плюсовых деревьев была даже выше, чем в Финляндии. К 1995 г. в Швеции было отобрано и использовано для закладки испытательных популяций около 6 000 плюсовых деревьев сосны обыкновенной, 1 300 плюсовых деревьев сосны скрученной, отобранных в Канаде, а также 24 500 плюсовых деревьев ели европейской. С учетом нескольких сот плюсовых деревьев лиственных пород (береза повислая и пушистая, ольха черная) всего в Швеции было отобрано около 32 000 плюсовых деревьев [7]. Одно дерево отбиралось на 848 га лесопокрытой площади, или в 26 раз интенсивней, чем у нас.

Что касается создания лесосеменных плантаций, то к 2010 г. в Финляндии было создано и аттестовано (после списания 655 га ЛСП-I) 2 834 га [11], т. е. 1 га ЛСП-I и ЛСП-I,5 создан на 7 144 га лесопокрытой площади с плотностью в 17 раз выше, чем в России.

В Швеции (по данным Д. Линдгрена и др. [14]) к 2008 г. числилось 1 433 га ЛСП-I и ЛСП более высокого порядка с более высокой урожайностью и генетической ценностью [14]. Один гектар ЛСП в этой стране приходится на 18 935 га лесопокрытой площади, т. е. плотность ЛСП здесь в 6,5 раз выше, чем в России. Эта цифра несколько ниже, чем в Финляндии, но надо учитывать тот факт, что шведы много импортируют семян ели из Белоруссии и Прибалтики, поскольку насаждения, созданные из них в Швеции, превосходят по продуктивности насаждения из местных семян.

Таким образом, сопоставление полученных результатов селекции в соседних северных странах и в России не в нашу пользу, и нам необходимо усиливать эту работу, если мы хотим быть конкурентоспособными в области лесовосстановления.

Выведенные и отселектированные растения могут значительно поднять экономическую эффективность лесоразведения. Конкретные цифры могут быть разными, и в публикациях разных авторов они имеют значительный разброс. Для ориентирования можно привести результаты шведских исследователей (Д. Линдгрена и др.) [14]. По их данным использование семян плюсовых деревьев в насаждениях дало генетический выигрыш в 6 %. Более значительные результаты будут получены при использовании испытанных по потомству плюсовых деревьев. Исследования по таким оценкам были проведены во многих районах страны. Они показали, что генетический выигрыш при создании насаждений из семян от испытанных деревьев для сосны обыкновенной (по оценке в 24 пунктах) может составлять от 10,0 до 25,0 % (в среднем 14,4 %), для ели европейской (по оценке в 10 пунктах) – от 10,0 до 24,0 % (в среднем 16,3 %).

#### Выводы

Лесная селекция прошла сложный путь развития от полной неприемлемости до уровня фундаментальной и практически важной прикладной науки. Заимствованные и разработанные для лесных древесных растений классические методы позволили достичь определенных хозяйственно ценных результатов.

К настоящему времени наибольший интерес в научном плане представляют исследования по интенсификации селекционного процесса, увеличению продуктивности при сохранении генетического разнообразия, повышению доли генотипов с высокой генетической ценностью на лесосеменных плантациях, выведению и отбору сортов для создания быстрорастущих, высокопродуктивных, устойчивых к неблагоприятным условиям среды плантационных, мелиоративных, рекреационных и других видов насаждений.

В производстве, особенно в зарубежной практике, широко используется плантационное лесоразведение с использованием сортового и отселектированного посадочного материала и агролесоводственные подходы, в том числе использование быстрорастущих растений для повышения экономической эффективности полезащитного лесоразведения.

Из методов репродукции в производственных целях в настоящее время широко используются ЛСП-I. Однако для повышения эффективности лесосеменного дела необходимо создание ЛСП-I,5, ЛСП-II, ЛСП-III и отделений вегетативной репродукции лучших сортов лесных древесных растений. Наряду с этими методами в отечественных лабораториях исследуются, а в зарубежной практике не только изучаются, но и довольно широко используются методы клонального микроразмножения, получения и использования соматических гибридов, трансгенных организмов и искусственных семян.

Изучение экономической эффективности использования селекционно улучшенного и сортового материала показало перспективность дальнейших селекционных работ с лесными древесными растениями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбенский А.В. Селекция древесных пород и семеноводство. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1959. 306 с.
2. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Селекционная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной методами многомерного анализа // Лесн. журн. 2012. № 2. С. 58–64. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Вересин М.М. Лесное семеноводство. М.: Гослесбумиздат, 1963. 158 с.
4. Методика государственного сортоиспытания лесных пород (общая часть). М.: Гос. комиссия по сортоиспытанию с/х культур при Мин-ве сельск. хоз-ва СССР, 1981. 44 с.

5. Туртиайнен М., Юнтунен А. Заготовка и переработка семян. АО «Форелия», Лесн. служба Финляндии (перевод серии пленок). 2000. 60 с.
6. Яблоков А.С. Селекция древесных пород. М.: Сельхозиздат, 1962. 433 с.
7. Breeding Programmes in Sweden // Arbetsrapport N 302. Uppsala: Scog Forsk, 1995. 25 P.
8. Carle J., Holmgren P. Wood from Planted Forests: A Global Outlook 2005–2030 / Journal Forest Products. 2008. Vol. 58, N 12. P. 6–18.
9. Del Lungo A. Ball J., Carle J. Global planted forests thematic study. Results and analysis // Planted Forests and Trees Working Papers. Working Paper FP/38. Rome, Italy: FAO, 2006. 168 p.
10. Larsen C.S. Genetics in Silviculture. London: Oliver and Boyd, 1956. 224 p.
11. Leinonen K. Control Activities of Forest Reproductive Material in Finland. Mode access: [www.evira.fi/.../forest.../kari\\_leinonen.pdf](http://www.evira.fi/.../forest.../kari_leinonen.pdf)
12. Lindquist B. Forstgenetik in schwedischen Waldbaupraxis. Radebene und Berlin: Neumann Verlag, 1954. 156 S.
13. Rosvall O. Enhancing Gain from Long-Term Forest Tree Breeding while Conserving Genetics Diversity: Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. Umea, 1999. 65 p.
14. Seed orchards: Proceeding from a conference at Umea. Sweden, September 26–28, 2007 / Editor Dag Lindgren. Umea, 2008. 255 p.
15. Sinclair F.L. Agroforestry // Encyclopedia of Forest Sciences. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier Ltd, 2004. P. 27–32.

Поступила 04.10.12

**A.P. Tsarev, N.V. Laur**  
Petrozavodsk State University

#### **Promising Trends of Breeding and Reproduction of Woody Plants**

The article presents a brief analysis of breeding and reproduction of woody plants both in Russia and abroad. Key development trends in this area are singled out; a hypothetical integral plan of breeding and reproduction is suggested; short-term promising trends of genetic breeding in forest management are introduced.

*Key words:* forest tree breeding, reproduction, seed orchards, integral plan of breeding and reproduction, promising trends.