

УДК 630.165.6: 630.232
DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.09

Программа селекции сосны и ели по прямым и коррелирующим признакам в Пермском крае

М. В. Rogozin – Пермский государственный национальный исследовательский университет, профессор, доктор биологических наук, Пермь, Российская Федерация, rog-mikhail@yandex.ru

Приведены сведения о частной селекции двух лесных пород в Пермском крае, изложенные в монографиях автора. Рассмотрены законы развития древостоев, которые позволяют решить проблему типов роста у деревьев путем управления развитием тест-культур. Установлено, что эпигенетика определяет наследуемость роста, в связи с этим отбор плюсовых деревьев необходимо осуществлять в насаждениях – аналогах плантационных культур. Определены хеомаркеры в хвое лучших семей. На основе новой парадигмы представлена 10-летняя программа селекции для сосны и ели.

Ключевые слова: законы развития древостоев, наследуемость, эпигенетика, химический состав хвои.

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.2.09>
Рогозин, М. В. Программа селекции сосны и ели по прямым и коррелирующим признакам в Пермском крае [Электронный ресурс] / М. В. Рогозин // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2018. – № 2. – С. 85–95. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

Селекция – это эволюция, направляемая человеком. Для лесных пород программы селекции оказались наиболее сложными; они могут привести к превращению естественных лесных экосистем в искусственные. Неизбежность такого процесса обусловлена необходимостью предотвращения смены пород после рубки коренных лесов. Поэтому следует ожидать возрастание интереса к лесным культурам и селекции древесных пород. Это, в свою очередь, требует разработки специальных программ, в которых необходимо учесть накопленный опыт в области лесной селекции, а также использовать новые достижения лесной науки [1–4].

Цель исследований – показать новые подходы и методы в лесной селекции. Для обоснования программы селекции сосны и ели в одном лесосеменном районе на примере Пермского края приведен краткий обзор публикаций автора.

Решаемые задачи. В статье представлены результаты изучения роста, развития и эволюции лесных экосистем. Отмечены наиболее важные результаты, касающиеся исследований онтогенеза, выращивания культур, селекции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели финской (*Picea × fennica* (Regel) Kom.), которые получены при участии автора.

Для решения поставленных задач необходимо иметь общее представление о законах развития лесных экосистем и методах воздействия на них. Нами была рассмотрена самая простая модель – одновозрастный однопородный древостой. Для таких древостоев установлены 3 закона развития:

✓ закон естественного отбора (изреживания насаждений), введенный в лесоводство Г. Ф. Морозовым [5, с. 268]: «...благодаря борьбе за существование в лесу действует закон естественного отбора и происходит постепенное изреживание леса», согласно которому при рубках ухода деревья подразделяют на лучшие, вспомогательные и нежелательные;

✓ основная закономерность морфогенеза одноярусных древостоев, открытая Г. С. Разиным в 1979 г. Это закон, согласно которому древостой один раз в жизни достигает предельных полноты,

прироста и запаса, после чего эти показатели снижаются тем быстрее, чем выше была начальная густота [3];

✓ ранговый закон роста деревьев Е. Л. Маслакова [6], установленный в 1984 г., который позволяет регулировать густоту древостоя уже в 8–10 лет с оставлением малого числа деревьев-лидеров для их максимального развития.

Сроки испытаний и типы роста потомства. Согласно законам Е. Л. Маслакова и Г. С. Разина, конкуренция определяет тип роста как отдельного дерева, так и древостоев. По закону роста Е. Л. Маслакова размеры дерева уже в самом раннем возрасте формируют его развитие и рост на годы вперед. Для совокупностей деревьев в моделях Г. С. Разина (таблицах хода роста) доказана возможность прогноза их развития по началу кривой, отражающей динамику их роста [3]. С точки зрения селекции для потомства популяций это будет возраст 4–5 лет, для семей сосны – 6 лет, а для семей ели – 8 лет [1, 2]. В культурах I категории густоты (очень редкие) действие законов выражается сильнее, поэтому ранняя диагностика наиболее точна. Знание этих законов позволило понять проблему диагностики типов роста в селекции, и проблема эта разрешилась не увеличением срока испытаний (например, до 1/2 возраста рубки), а управлением тест-культурами путем регулирования их густоты в 10–40 лет.

В целом достижения лесной селекции по данному вопросу обнадеживают. Об этом свидетельствуют исследования 525 деревьев ели финской, представляющих потомство 12 происхождений. Деревья высажены на 2-х участках: культуры плантационного типа густотой 4,0 тыс. шт./га и обычные густые культуры, созданные по раскорчеванным полосам тремя рядами с размещением 0,7×0,7 м и расстоянием между полосами от 7 до 9 м. В них было измерено 19,8 тыс. растений в возрасте 21 и 23 года.

Исследования этих тест-культур показали, что наследуемость быстроты роста у ели финской достаточно высокая, и между высотой материнского дерева и высотой потомства имеется достоверная корреляция ($r = 0,186 \pm 0,065$). Однако в силу выполаживания линии тренда

высоты потомство от высоких деревьев практически не отличалось от средних деревьев. Иными словами, здесь действует стабилизирующий отбор. Поэтому нет необходимости в отборе наиболее крупных плюсовых деревьев – достаточно отобрать просто крупные деревья, высота которых на 10% и более превышает среднюю высоту деревьев в древостое [1].

Анализ роста потомства 12-ти происхождений ели финской в возрасте 4, 8 и 21 года показал, что их рост можно прогнозировать с 4-х лет. Это позволяет тестировать потомства еще в школьном отделении, а затем высаживать в испытательные культуры только 60% лучших потомств. Происхождения-лидеры у ели превосходили происхождения-аутсайдеры по высоте до 15%, а потомство 3-х происхождений – аналогов плантационных культур (потомство культур Теплоуховых) превышало контроль по высоте в 21 год в среднем на 9,6% [1]. Это первый результат в селекции ели финской, полученный при отборе популяций по их потомству.

Близкие критерии отбора обнаружены и для семей, где срок выявления семей-лидеров (лучших семей) для ели установлен в возрасте 8 лет [1], а для семей сосны – 6 лет [2]. Семьи-лидеры у ели финской (10% общего числа семей) по данным одного урожая, испытанного в двух разных условиях, превышали контроль по высоте в 21 год в среднем на 19–21% [1].

Плюсовая селекция, проведенная в 12 популяциях (происхождениях) ели, дала положительный результат в 5-ти популяциях, нейтральный – в 5-ти, отрицательный – в 2-х. Для предотвращения нейтральных и отрицательных результатов необходимо провести испытания происхождений, т.е. селекцию популяций, предваряющую массовый отбор (плюсовую селекцию), о чем давно предупреждали лесные селекционеры [1, 2].

Отбор на общую комбинационную способность (ОКС). У сосны отбор материнских особей на ОКС проведен среди 234 деревьев, растущих на постоянных лесосеменных участках (ПЛСУ). После испытания 4-х урожаев семян выделено 30 материнских деревьев с ОКС 107–119% (в

среднем 110,8% контроля). Наиболее ценный материал получен при отборе интенсивностью 3% – это 11 особей, которые сочетают высокую ОКС с выходом семян из шишек, на 40% превышающим средний показатель. Для создания лесосеменных плантаций второго порядка (ЛСП-2) у сосны можно использовать маточники с повышенными урожайностью и ростом в высоту на 10,8%.

Наследуемость быстроты роста у сосны. В проведенных 13 опытах испытано 910 потомств из 4-х популяций сосны обыкновенной в возрасте 3–18 лет, при этом использованы семена от 1 до 4-х урожаев с каждого дерева. Всего обследовано 41,7 тыс. выращенных растений [2]. По результатам этих испытаний впервые в России корректно рассчитаны коэффициенты наследуемости для сосны. Связь высоты материнского дерева и средней высоты деревьев в семье характеризуется средним коэффициентом корреляции 0,08. По опытам он изменялся от -0,12 до +0,31. В 3–6 лет коэффициент составлял $0,12 \pm 0,04$, а в 7–18 лет его значение снизилось до $0,02 \pm 0,04$, что фактически означает «нулевую» наследуемость и действие стабилизирующего отбора. По этой причине в Пермском крае для сосны плюсовая селекция может оказаться неэффективной. Подобные результаты получены в Республике Коми, где, по данным А. А. Туркина [по 2, с. 43], в 9-летнем потомстве от 129 плюсовых деревьев сосны в одном из опытов средняя высота деревьев была на 12,7% меньше, чем в контроле. В ряде регионов в испытательных культурах отсутствовал контроль, поэтому нет сведений о том, была ли там успешной плюсовая селекция.

Нам удалось найти причину, по которой наследуемость роста у сосны становится «отрицательной» [4]. Для этого изучен рост 123 деревьев сосны обыкновенной на семенном участке в возрасте 26 лет и затем в 55 лет в типе лесорастительных условий В₂, а также рост их потомства в тест-культурах в условиях В₂ и А₂. Наследуемость оценивали по корреляции диаметров ствола материнских деревьев в 55 лет с высотой их семей в возрасте 3–18 лет. При совпадении типа условий местопроизрастания наследуемость оказалась

положительной ($r = 0,152 \pm 0,092$), а при несопадении – отрицательной ($r = -0,097 \pm 0,094$). Связи слабые, но различия между ними достоверны. Это говорит о том, что для появления эффекта плюсовой селекции условия местопроизрастания родительских и дочерних фитоценозов должны быть идентичны. Возможно, их несовпадение вызывает дополнительное снижение и без того низкой наследуемости у сосны и появление отрицательных эффектов.

Коррелятивная селекция. Ее результаты показали, что здесь для лесной селекции открываются самые широкие перспективы. Так, в популяции сосны обыкновенной выход семян из шишек формирует дискретные группы деревьев: низко-, средне- и высокоурожайные. В них было изучено качество 984 образцов семян. Оказалось, что материнские деревья с высоким выходом семян дают семена с повышенной всхожестью и меньшим временем прорастания, т.е. с высоким жизненным потенциалом. Масса семени заметно влияла на высоту деревьев в семьях. В возрасте 3–12 лет в потомствах материнских деревьев с тяжелыми семенами число лучших семей было в 2,0–3,4 раза больше, чем в потомствах деревьев с легкими семенами. Однако к 18-ти годам по частоте лучших семей получили 20%-е преимущество материнские деревья с семенами средней массы. Поэтому в целом до 12 лет наблюдается тенденция к движущему отбору и преимуществу потомства от материнских деревьев с тяжелыми семенами. В сомкнутых 18-летних культурах преимущество получают потомства из семян средней массы, т.е. начинает действовать стабилизирующий отбор по массе семени [2].

По окраске семена сосны были разделены на градации: черные, темные, пестрые, коричневые и светлые. Во всех градациях наблюдались разные частоты лучших семей, но стабильное преимущество показали пестрые семена, у которых в 8 опытах из 11 частота составляла 129–227% нормы. Наиболее изменчивыми были потомства от светлых семян с частотой лучших семей от 0 до 400%. Семена с темной окраской прорастали медленнее, чем пестрые и коричневые, а время

прорастания светлых семян в разные годы изменялось от самого длительного (2,4 сут) до самого короткого (1,13 сут). Вероятно, деревья со светлыми семенами играют роль подвижного элемента в генофонде и влияют на адаптацию сосны при ее расселении на юг и север, что подтверждается другими исследованиями [2].

У ели среди косвенных признаков сильное влияние на потомство оказал сбег ствола, отражающий историю конкурентного давления фитоценоза на материнское дерево. Упрощенный расчет сбega по высоте и диаметру плюсового дерева позволил установить, что при его значениях 1,2–1,3 см/м лучших семей с высотами от 115% оказывалось больше в 1,5–2,4 раза у потомства плюсовых деревьев, чем у деревьев с меньшими или большими значениями сбega.

Конкуренция оказывала влияние на потомство и на уровне фитоценоза. Сравнение роста потомства в густых и редких тест-культурах показало, что на их рост в значительной степени влияла густота родительских популяций (культуры Ф. А. Теплоухова, созданные в начале XX в.). Установлено, что потомство плюсовых деревьев, полученное из густых родительских культур, успешнее росло в густых тест-культурах, а потомство от более редких родительских культур – в редких тест-культурах. Различие между ними по высоте составляло 15–21%. Из этого двойного влияния конкуренции (на геном родителей и на рост дочерних культур) следует, что у потомства существует эпигенетическая «память» об условиях роста материнского дерева, и именно в этих условиях оно растет лучше. Выдвинуто предположение о том, что если конкуренция в родительских и дочерних фитоценозах влияет на наследуемость, то отбор исходного материала в лесной селекции нужно осуществлять при точном совпадении не только почвенных, но и фитоценологических условий в родительских и дочерних популяциях. В связи с этим селекцию ели (и, возможно, сосны) следует проводить в насаждениях, сформировавшихся при малой начальной густоте, например менее 2,0 тыс. шт./га, т.е. в аналогах плантационных культур. Можно использовать и отдельные плюсовые де-

ревья со средним сбегом ствола по всей высоте 1,2–1,3 см/м.

При анализе шишек и семян ели выявлено увеличение их размеров в культурах Ф. А. Теплоухова, в связи с этим высказано предположение, что при закладке этих культур в начале XX в. использовали семена популяций с преобладанием фенотипов ели европейской, с более крупными шишками. В естественных же фитоценозах у плюсовых деревьев отмечалось больше признаков ели сибирской, шишки и семена были меньших размеров. В результате обнаружены отличия в их эволюции: в потомстве культур получали преимущество потомства материнских особей с более крупными семенами, тогда как в естественных насаждениях 6 лучших семей неожиданно были получены из самых мелких семян [1].

Селекция по химическому составу хвои. Нами проведен анализ химического состава хвои у 107 деревьев ели финской из семей с контрастным типом роста в густых и редких тест-культурах, а также проанализировано такое же число образцов почвы вблизи каждого дерева [7]. Установлено, что у ели существуют два типа семей – лучше растущие в плантационных (редких) культурах и лучше растущие в обычных густых культурах. Они могут быть выявлены селекцией по хеомаркерам. Возможность такой селекции базируется на данных анализа по 12 микро- и макроэлементам и на том, что химический состав хвои оказался практически не зависим от состава почвы. Об этом свидетельствуют достоверные корреляции между содержанием этих элементов в хвое и почве вблизи каждого из 107 деревьев. В этом случае комплекс элементов хвои дерева, как представителя какой-либо семьи, проявляет себя как физиологически обусловленный хеопризнак. Этот признак корреляционно и достоверно влиял на рост семей и на другом (втором) участке тест-культур, где хвою не отбирали на анализ и ее состав был неизвестен. Тем не менее химический состав хвои, определенный на «родном» участке, оказывал влияние на рост семей и на другом участке, хотя и несколько по-иному, что объясняется их физиологической реакцией на большую гус-

тоту во вторых тест-культурах. Хемотипы лучших семей различались – в редких культурах зольность и суммарное содержание элементов в хвое были достоверно ниже, чем в густых тест-культурах.

Эти результаты подтвердили основную идею эпигенетики о том, что генотипы по-разному реализуют себя в зависимости от предлагаемых условий. Установлено, что если семьи отбирать по зольности хвои 5,3% и менее в сочетании с отбором плюсовых деревьев со средним сбегом ствола 1,2–1,3 см/м, то частота появления лучших семей может быть увеличена в 3 раза и более. На эти результаты получен патент [8], исключительное право которого состоит в том, что для селекции используют такие семьи, хвоя которых в возрасте деревьев от 3 лет и старше входит в число 30% образцов с минимальным содержанием золы. Технический результат – увеличение в 3 раза частоты появления быстрорастущих семей с высотой, на 10–34% превышающей высоту деревьев в контроле после процедуры отбора по зольности.

Частота появления лучших семей может быть увеличена еще больше при дополнительном отборе по 2–3 хеомаркерам, которые позволяют опознать от 33 до 83% лучших семей. Причем сочетания хеомаркеров различны для естественных и искусственных популяций.

Установлено, что ель финская представляет собой естественный гибрид ели европейской и ели сибирской, и потомства ее популяций с преобладанием признаков ели европейской (лесных культур Ф. А. Теплоухова) имели хвою с меньшей зольностью. Концентрация химических элементов в ней также была достоверно меньше, чем в хвое естественных популяций. Из этого следует, что морфология, отличающая фенотипы и генотипы, связана с химическим составом хвои, который, в свою очередь, формирует их отличия в физиологии и позволяет успешно расти и в редких, и в густых культурах. Таким образом, хемотипы потомств имеют хороший потенциал для инноваций, и хеомаркеры хвои могут оказаться более информативными для лесной селекции, чем данные ДНК-анализов [7].



Итоги лесной селекции хвойных пород в России за последние 30 лет сводятся к следующему. Испытания потомства плюсовых деревьев в 9 регионах показали, что эффект плюсовой селекции у хвойных пород оказался близок к нулевому значению. Поэтому для каждой новой популяции это направление работ остается гипотезой, нуждающейся в проверке, т.е. нужны испытания потомства плюсовых деревьев. Между тем индивидуальный отбор (отбор материнских особей по их потомству) позволяет получить высокий результат такой селекции (до 20–33% по высоте деревьев в семьях). Однако необходимо осуществить поиск таких популяций, где наблюдается наследуемость роста. Ее может и не быть, так как у потомства есть некая «генетическая память» об условиях местопроизрастания материнских особей, и наилучшее потомство дают популяции, условия развития которых практически полностью совпадают с условиями развития дочерних культур [1–4, 7, 8].

Опираясь на положения новой парадигмы лесоводства, предложенной нами [9], для рассматриваемого лесосеменного района разработана программа селекции нового поколения, в которой применяются 3 системы селекции: селекция популяций, массовый отбор и индивидуальный отбор. Программа включает 10 позиций [10]:

1. Отбор ценопопуляций, эдафические условия которых совпадают с условиями выращивания плантационных культур.

2. Поиск плюсовых насаждений в возрасте 40–60 лет с известной историей динамики густоты, совпадающей с будущим развитием плантационных культур, т. е. это должны быть одновозрастные фитоценозы с малой изначальной густотой и наивысшей продуктивностью в указанном возрасте.

3. Сбор семян с 30–50 случайных деревьев в отобранных ценопопуляциях (10 и более), а также на объектах генетико-селекционного комплекса с закладкой «экспрессных» испытательных культур и оценкой скорости роста потомства в возрасте 4–8 лет.

4. Отбор по результатам первых испытаний 60% лучших ценопопуляций для выделения плюсовых деревьев.

5. Выделение 500–1 000 плюсовых деревьев с высокой урожайностью в лучших по потомству ценопопуляциях.

6. Закладка испытательных культур (ИК) рядовыми делянками сначала семенами одного урожая семян; выборку на один вариант опыта (семью, потомство) снижают до 20–30 измеряемых растений с общим числом вариантов 500 и более.

7. Проведение первых измерений в 4–5-летних ИК и отбор 50–60% лучших по росту семей, закладка ИК семенами второго и третьего урожая от лучших по росту потомств плюсовых деревьев.

8. Обобщение результатов по всем ИК и выборка не менее 70 материнских деревьев-кандидатов в сорт, которая осуществляется по началу траектории роста их потомства в 6–8-летнем возрасте с надежностью 60–70%. При дальнейших оценках в возрасте старше 20 лет первоначальная надежность выделения кандидатов в сорт, равная 70%, обеспечит получение около 50 лучших маточников.

9. Закладка лесосеменных плантаций высокого порядка (ЛСП-2), а также создание архива из 70 клонов – кандидатов в сорт.

10. Закладка государственных сортоиспытаний кандидатами в сорт в виде ИК с прямоугольными делянками и числом растений на вариант 150 и более (длительные испытания на продуктивность).

В случае использования плюсовых деревьев из разных лесорастительных условий, например соседних по эдафической сетке типов, эффект от их применения в семеноводстве скорее всего будет снижен. Однако его можно повысить путем отбора генотипов с разными адаптивными стратегиями – левых и правых изоморф плюсовых деревьев по диссимметрии, со строго определенной их частотой, определяемой законами развития биологических систем, в частности частотами «золотой пропорции» 0,62/0,38. При этом уровень наблюдаемой гетерозиготности у этих

форм существенно зависит от увлажнения эдатопа и густоты ценопопуляции [11].

Программа предусматривает научное сопровождение и испытания многих сотен потомств. Только тогда можно обнаружить слабые связи, вскрывающие тренды корреляций и наследования быстроты роста.

Исследования более 1,8 тыс. семей сосны и ели позволили сделать вывод, что в селекции хвойных пород существует правило, приводящее к успеху: условия развития материнских и дочерних насаждений должны совпадать, особенно почва и первоначальная густота. Почвенные условия учитывали и ранее, однако густоте насаждения внимания не уделяли, поэтому потомства росли хуже, чем ожидалось. Стресс густоты, обычный для естественных фитоценозов, при плантационном выращивании практически отсутствует и появляется только к возрасту рубки. Вследствие этого физиология деревьев в плантационных культурах отличается от их развития в обычных культурах и естественных лесах, поэтому селекция и семеноводство для плантационного выращивания должны иметь специфичный характер.

Выполнение работ по всем пунктам программы займет 15 лет, в том числе по первым 8-ми позициям – не менее 10 лет. Этот период можно разделить на 3 этапа:

✓ этап 1 (продолжительность 2 года) – отбор 10–20 популяций-аналогов и сбор семян в них, а также от кандидатов в плюсовые деревья;

✓ этап 2 (продолжительность 4 года) – испытание потомств популяций в школе или культурах в разных условиях, измерение высоты в возрасте 4 года, выбор лучших и стабильных по росту потомств популяций;

✓ этап 3 – создание ЛСП-1 (точнее, ЛСП-1,5) вегетативным и семенным потомствами лучших популяций. Параллельно в них проводят отбор 500–1 000 плюсовых деревьев, собирают и высевают их семена.

Если в регионе существует селекционный центр и нет необходимости в капитальных затратах, то операционные затраты на программу селекции для одной породы (проектные изыска-

ния, отбор плюсовых деревьев и насаждений, закладка испытательных культур, измерения в них и научное сопровождение работ) можно оценить в 40–45 млн руб. на 10 лет, или 4–5 млн руб. в год. Такая работа вполне по силам группе селекционеров из 4–6 чел.

Для создания лесных культур сосны обыкновенной, ели финской и сибирской на площади до 10 тыс. га ежегодно эту программу можно реализовать в Пермском крае, Республике Удмуртия и Кировской обл.

Использование улучшенных семян, собираемых в лучших по потомству ценопопуляциях-аналогах (или на ЛСП-1,5, созданных семенами этих лучших ценопопуляций), позволит увеличить высоту культур этих пород на 9–10% в I классе возраста. Работы по программе после первого 10-летнего периода могут быть направлены далее на отбор на ОКС.

В Швеции, по данным А. П. Царева [12], программы лесной селекции XXI в. включают исследования по молекулярной генетике и биотехнологии. Однако эти направления рассматривают там как вспомогательные к основным методам – отбору и гибридизации. Расходы на большинство программ (стратегий селекции) в марте 2013 г. составляли около 2 млн шведских крон в год (около 9,5 млн руб.). В настоящее время стоимость одной программы можно оценить примерно в 18 млн руб. в год. Существует 7 таких программ с периодом проведения работ от 21 до 36 лет. В рамках этих программ потомство 300–500 деревьев испытывали на 2–4 участках (около 25 тыс. растений), проводили скрещивания между 50 лучшими материнскими деревьями и многие другие работы. Отмечается, что программы должны состоять из комбинаций альтернативных стратегий. В насаждениях, выращенных из семян, полученных на ЛСП-2, к концу XXI в. производство древесины на единицу площади может увеличиться на 10% [12].

В настоящее время Россия по реализации программ лесной селекции сильно отстает от Швеции; однако если использовать описанные выше возможности селекции по прямым и косвенным признакам, а также хемомаркеры хвои,

то при централизованном финансировании работ можно сократить отставание и выйти к 2030–2040 гг. на сравнимые результаты при меньших затратах.

Программа лесной селекции нового поколения для лесосеменного района основана на признании эпигенетического влияния материнских популяций. Вследствие этого отбор плюсовых насаждений и деревьев необходимо осуществлять в насаждениях – аналогах плантационных культур

при совпадении почвенных условий и густоты выращивания. Сроки выделения кандидатов в сорт-популяцию резко сокращаются при использовании ранних оценок, коррелятивной селекции и хеомаркеров хвои, способных, например, у ели финской опознавать до 83% лучших семей. Программа предусматривает получение первых результатов для инновации уже через 10 лет с повышением интенсивности роста дочерних культур на 9–10% в первые 20 лет жизни.

Список использованной литературы

1. Рогозин, М. В. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели : моногр. / М. В. Рогозин, Г. С. Разин. – Пермь : ПГНИУ, 2012. – 210 с.
2. Рогозин, М. В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания [Электронный ресурс] : моногр. / М. В. Рогозин. – Пермь : ПГНИУ, 2013. – 200 с. – Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20423303>
3. Рогозин, М. В. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы [Электронный ресурс] : моногр. / М. В. Рогозин, Г. С. Разин ; под ред. М. В. Рогозина. – Пермь : ПГНИУ, 2015. – 277 с. – Режим доступа: URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>
4. Рогозин, М. В. Причины отрицательной наследуемости у сосны обыкновенной // Междунар. журн. прикладных и фундамент. исслед. – 2016. – № 5–8. – С. 755–759.
5. Морозов, Г. Ф. Учение о лесе : моногр. – изд. 7-е / Г. Ф. Морозов ; под ред. В. Г. Нестерова. – М. : Гослесбумиздат, 1949. – 453 с.
6. Маслаков, Е. Л. Формирование сосновых молодняков : моногр. / Е. Л. Маслаков. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – 168 с.
7. Селекция ели финской (*Picea × fennica* (Regel) Kom.): диссимметрия и хеомаркеры [Электронный ресурс] : моногр. / М. В. Рогозин, А. М. Голиков, А. В. Жекин, С. С. Комаров, Н. В. Жекина ; под общ. ред. М. В. Рогозина. – Пермь : ПГНИУ, 2017. – 120 с. Сетевое электронное издание. Регистр. номер 0521700080. – Режим доступа: <https://elis.psu.ru/node/440266>.
8. Способ повышения встречаемости быстрорастущих семей ели финской: пат. 2597201. РФ: МПК A01G23/00 A01H1/04 / М. В. Рогозин, А. В. Жекин, С. С. Комаров, Н. В. Жекина ; заявитель и патентообладатель Пермский гос. нац. исслед. ун-т – № 2015105649 ; заявл. 18.02.2015; опубл. 27.08.2016. – Бюлл. 24.
9. Рогозин, М. В. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции / М. В. Рогозин // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 4. – С. 94–98.
10. Рогозин, М. В. Программа селекции хвойных в лесосеменном районе / М. В. Рогозин // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 5. – С. 99–106.
11. Голиков, А. М. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных / А. М. Голиков. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 162 с.
12. Царев, А. П. Программы лесной селекции в России и за рубежом : моногр. / А. П. Царев. – М. : МГУЛ, 2013. – 164 с.

References

1. Rogozin, M. V. Lesnye kul'tury Teplouhovykh v imenii Stroganovykh na Urale: istoriya, zakony razvitiya, selekciya eli : monogr. / M. V. Rogozin, G. S. Razin. – Perm' : PGNIU, 2012. – 210 s.
2. Rogozin, M. V. Seleksiya sosny obyknovenoj dlya plantacionnogo vyrashchivaniya [Elektronnyj resurs] : monogr. / M. V. Rogozin. – Perm' : PGNIU, 2013. – 200 s. – Rezhim dostupa: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20423303>
3. Rogozin, M. V. Razvitie drevostoev. Modeli, zakony, gipotezy [Elektronnyj resurs] : monogr. / M. V. Rogozin, G. S. Razin ; pod red. M. V. Rogozina. – Perm' : PGNIU, 2015. – 277 s. – Rezhim dostupa: URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>
4. Rogozin, M. V. Prichiny otricatel'noj nasleduemosti u sosny obyknovenoj // Mezhdunar. zhurn. prikladnyh i fundament. issled. – 2016. – № 5–8. – S. 755–759.

5. Morozov, G. F. Uchenie o lese : monogr. – izd. 7-e. / G. F. Morozov ; pod red. V. G. Nesterova. – M. : Goslesbumizdat, 1949. – 453 s.
6. Maslakov, E. L. Formirovanie osnovnykh molodnyakov : monogr. / E. L. Maslakov. – M. : Lesn. prom-st', 1984. – 168 s.
7. Selekcija eli finskoj (*Picea × fennica* (Regel) Kom.): dissimetriya i hemomarkery [Elektronnyj resurs] : monogr. / M. V. Rogozin, A. M. Golikov, A. V. Zhekin, S. S. Komarov, N. V. Zhekina ; pod obshch. red. M. V. Rogozina. – Perm' : PGNIU, 2017. – 120 s. Setevoe ehlektronnoe izdanie. Registr. nomer 0521700080. – Rezhim dostupa: <https://elis.psu.ru/node/440266>.
8. Sposob povysheniya vstrechaemosti bystrorastushchih semej eli finskoj: pat. 2597201. RF: MPK A01G23/00 A01H1/04 / M. V. Rogozin, A. V. Zhekin, S. S. Komarov, N. V. Zhekina ; zayavitel' i patentoobladatel' Permskij gos. nac. issled. un-t – № 2015105649 ; zayavl. 18.02.2015; opubl. 27.08.2016. – Byull. 24.
9. Rogozin, M. V. Staraya i novaya paradigmy v lesovodstve i lesnoj selekcii / M. V. Rogozin // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 4. – S. 94–98.
10. Rogozin, M. V. Programma selekcii hvojnykh v lesosemennom rajone / M. V. Rogozin // Sibirskij lesnoj zhurnal. – 2016. – № 5. – S. 99–106.
11. Golikov, A. M. Ehkologo-dissimmetricheskij podhod v genetike i selekcii vidov hvojnykh / A. M. Golikov. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 162 s.
12. Carev, A. P. Programmy lesnoj selekcii v Rossii i za rubezhom : monogr. / A. P. Carev. – M. : MGUL, 2013. – 164 s.

The New Generation Forest Selection Program

M.V. Rogozin – Perm State National Research University, Professor,
Doctor of Biological Sciences, Perm, Russian Federation, rog-mikhail@yandex.ru

Keywords. Tree stand, the laws of development, epigenetics, selection of conifers, biochemistry.

The aim of the work – to tell about the new methods of forest selection. New knowledge on the development and selection of forest ecosystems, including the author's results, is presented; their integration is a method of investigation. The laws in the development of stands are considered; Their registration in breeding solves the problem of growth types by controlling the development of test cultures by the regulation of their density [1]. The selection of Finnish spruce [2] and Scots pine [3] with the study of offspring from 1.435 trees showed that there is an epigenetic influence of the parent populations, and the differences in height between their offspring reach 15–21%. Differences in growth were influenced both by the density of the parental populations and by the density in the test cultures themselves. This kind of influence presupposes that the offspring have a genetic «memory» about the conditions in which their mothers developed, and in them it grows better. Therefore, the selection of the source material should be carried out in stands similar to plantations in which it is planned to grow offspring. In both cases, the conditions must be very exactly the same, especially the density at an early age. Signs related to the physiology of the tree can also be used. For example, taper tree trunk, which «records» the history of competitive pressure on it. With its values at spruce 1.2–1.3 cm / m, plus-trees produced offspring, where the best families with heights from 115% turned out to be 1.5–2.4 times more. You can use the chemical composition of the needles; It turned out to be practically independent of the composition of the soil, which showed an inaccurate correlation between the content of the elements in the needles and in the soil near the trees. In this case, the complex of elements of the tree needles manifests itself as a chemo-sign, and it influenced the growth of families. It was found out that if the families are selected by the ash content of the needles of 5.3% or less and combine it with the selection of trees for the escape of the trunk, the frequency of the best families increases 3 times or more. A patent was obtained for these results, which is characterized by the use of such families, whose needles at the age of 3 years and older are among the 30% of samples with a minimum ash content. Moreover, chemo markers were identified, recognizing up to 83% of the best families [4]. A 10-year selection program with a 4-fold cost reduction. Its cost is approximately 45 million rubles.

References

1. Rogozin, M. V. Development of stands. Models, laws, hypotheses [Electronic resource]: monogr. / M. V. Rogozin, G. S. Razin ; ed. M.V. Rogozin. – Perm : PGNIU, 2015. – 277 p. – URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>
2. Rogozin, M. V. Teplouhovskie forest cultures in the Stroganov estate in the Urals: history, laws of development, fir breeding / M. V. Rogozin, G. S. Razin – Perm : PGNIU, 2012. – 210 p.
3. Rogozin, M. V. Selection of Scots pine for plantation cultivation [Electronic resource] : monogr. / M. V. Rogozin. – Perm : PGNIU, 2013. – 200 p. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20423303>
4. Rogozin, M. V. Selection of Finnish spruce (*Picea × fennica* (Regel) Kom.): dissymmetry and chemomarkers [Electronic resource]: monograph / A. M. Golikov, A. V. Zhekin, S. S. Komarov, N. V. Zhekina ; ed. M. V. Rogozin. – Perm : PGNIU, 2017. – 120 s- The monograph is registered as a web-based electronic publication. Register. number 0521700080.