

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ СЕЛЕКЦИИ СОСЕН НА УСТОЙЧИВОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ В СУХОЙ СТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Морозова Е.В.¹, Иозус А.П.¹, Зеленьяк А.К.²

¹ Камышинский технологический институт (филиал) Государственного образовательного учреждения «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, Россия (403874, г. Камышин, ул. Ленина, 6А), phis@kti.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации, Волгоград, Россия (400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97, а/я 2153)

Рассматриваются различные методы селекционной работы с породой сосна в сухой степи. Отмечается, что в Нижнем Поволжье в течение 150 лет накоплен большой опыт искусственного лесоразведения различных пород, среди которых 20–30% занимает сосна, которая при произрастании в тяжелых почвенно-климатических условиях показывает хороший рост, высокую устойчивость и долговечность. В настоящее время в регионе ведется создание комплекса лесосеменных плантаций различных видов сосен. Одним из методов экспресс-оценки селекционного материала является эколого-генетический анализ линейного прироста разных видов сосен, позволяющий приблизить генетику количественных признаков к реальной ситуации селекционного отбора и определить генетическую изменчивость без смены поколений. Судя по величине коэффициента наследуемости, вычисленного методом эколого-генетического анализа, антропогенные популяции сосен обыкновенной, крымской, желтой в условиях сухой степи Нижнего Поволжья достаточно гетерогенны, а значит, устойчивы и долговечны.

Ключевые слова: селекционное разведение, сосна, устойчивость, долговечность, эколого-генетический анализ, линейный прирост, гетерогенность, генетическая изменчивость.

EXPERIENCE OF APPLICATION OF ECOLOGIC-GENETIC ANALYSIS AT SELECTION OF THE PINES ON STABILITY AND DURABILITY IN DRY STEPPE OF THE LOWER VOLGA REGION

Morozova E.V.¹, Iozus A.P.¹, Zelenyayk A.K.²

¹Reader of Kamyshin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia (403874, Kamyshin, Lenina Street, 6A), phis@kti.ru

² ALL-Russian Research Institut of Agroforest Melioration, Volgograd, Russia (400062, Volgograd, pr. Universitetskij, 97)

Considered various methods of selective work with breed of pine in the dry steppe. It is noted that in the Lower Volga region for 150 years has accumulated large experience of artificial afforestation of different species, among which 20 - 30% is pine, which when growing in heavy soil-climatic conditions shows good growth, high stability and durability. Currently in the region is conducted the creation of a complex forest seed plantations of different kinds of pines. One of the methods a rapid assessment of breeding material is ecological-genetic analysis of the linear growth of different kinds of pines, allowing to bring closer the genetics of quantitative traits to the real situation of selective selection and determine the genetic variability without generational change. Judging by the magnitude of the coefficient of heritability, calculated by the method of ecological-genetic analysis anthropogenic populations of pines ordinary, Crimean, yellow in the conditions of dry steppes of the Lower Volga region is enough heterogeneous, and hence sustainable and durable.

Keywords: selective breeding, pine, stability, durability, ecological-genetic analysis, linear increase, heterogeneity, genetic variability.

Согласно Федеральной целевой программе развития лесного семеноводства на период 2009-2020 гг. [5] в обозримом будущем постоянную лесосеменную базу составляют лесосеменные плантации, созданные из клонов или семей плюсовых деревьев, постоянные лесосеменные участки, а также плюсовые насаждения. Для организации постоянной лесосеменной базы создаются следующие объекты: «плюсовые» деревья, архивы клонов, маточные план-

тации, испытательные культуры, географические и популяционно-экологические культуры. Перечисленные селекционно-семеноводческие объекты составляют единый генетико-селекционный комплекс.

Для отбора селекционного материала постоянной лесосеменной базы по породам, популяциям, насаждениям и деревьям в Нижнем Поволжье в течение 150 лет накоплен опыт искусственного лесоразведения, испытан и используется определённый ассортимент деревьев и кустарников в различных видах насаждений в зависимости от почвенно-климатических условий и рельефа местности. В составе древесных пород 15-20% занимает сосна, используемая в качестве главной породы на песках и песчаных почвах. В регионе наиболее известны искусственные сосновые боры на Арчедино-Донском песчаном массиве, вокруг г. Камышина Волгоградской области и Обливский бор в Ростовской области. В возрасте до 80-90 лет эти самые старые насаждения имели вполне удовлетворительное состояние, а затем начали суховершинить и усыхать. В худших условиях произрастания (глубокие, малоплодородные пески) сосновые насаждения начинают засыхать значительно раньше.

В связи с этим актуальна проблема повышения устойчивости и долговечности сосны в аридных условиях. Следует отметить, что наукой и практикой решен один из главных вопросов - выбор участков для размещения лесных культур, однако мало изучен селекционный метод повышения устойчивости сосновых насаждений в засушливых областях, где он может обеспечить расширение мест выращивания этой породы и улучшение качества лесонасаждений. В задачи исследований входило изучение сравнительного роста и состояния различных видов сосен.

Комплекс исследований проводился в насаждениях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (г. Камышин, Волгоградская обл.), заложенных в период 1903 – 1908 гг. Сосны обыкновенная, крымская и жёлтая произрастают на различных участках станции, не отличающихся идеальной однородностью, что сказалось на величине показателей их роста и состояния, хотя общая тенденция прослеживалась. Так, по динамике роста в высоту сосны обыкновенная и крымская мало различались, а жёлтая в молодом возрасте значительно отставала от них. К старшему возрасту (60 – 90 лет) все три вида выравнялись по высоте, а по диаметру сосны крымская и жёлтая превышали обыкновенную. У этих видов отмечена и большая устойчивость к вредителям, что обусловлено лучшим их состоянием.

В настоящее время основным методом селекционной работы, в том числе и в сухой степи, является отбор особей по фенотипу в антропогенных и природных популяциях и их последующая генетическая оценка, причем основными критериями такой оценки в сухой степи являются устойчивость и долговечность потомства отбираемого селекционного материала. Традиционная генетика количественных признаков дает оценку генетических пара-

метров популяций как бы застывшей в определенных условиях среды в данное время, тогда как процесс отбора должен учитывать меняющиеся во времени и по местоположениям факторы среды [4].

Новым в методическом подходе к анализу популяций растений, не имеющих интеркалярных меристем, является метод эколого-генетического анализа линейного прироста. Он позволяет несколько приблизить генетику количественных признаков к реальной структуре популяций, определить генетическую изменчивость без смены поколений. Принципиальная основа метода предложена В.А. Драгавцевым [2], он же и определил его как метод экспрессивной оценки генетической дисперсии и коэффициента наследуемости.

Суть метода — в сравнительном изучении линейных годовых приростов, измеренных на каждом выбранном в насаждении дереве, и разграничении генетической и паратипической изменчивости. При резком изменении действия экофактора, каким в условиях сухой степи Нижнего Поволжья, Юго-Востока Российской Федерации в основном является частичное снятие лимита влажности во влажном году, экологическая изменчивость сохранится на том же уровне — клоны одного генотипа должны дать одинаковые годовые приросты. Но разные биотипы должны прореагировать на избыток экофактора по-разному. Поэтому в антропогенной популяции разница в изменчивости будет генотипической. Измерение приростов одного и того же дерева в более и менее благоприятные годы позволяет изучить реакцию конкретного генотипа на определенные экологические условия.

Вычисление генетической и паратипической изменчивости основано на принципиальных положениях, сформулированных Л.В. Яковлевой [6].

Линейный прирост является статистически элементарным признаком, т.е. для него обнаруживается высокая корреляция между уровнем средней величины признака и генетической дисперсией популяций, наблюдается относительное постоянство соотношений:

$$C_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\bar{x}^2} = const,$$

где C_g^2 — квадрат генетического коэффициента вариации;

σ_g^2 — генетическая дисперсия;

\bar{x}^2 — квадрат средней величины признака.

Существует простая принципиальная возможность разграничения генотипической и паратипической дисперсий.

Пусть σ_e^2 — экологическая дисперсия, \bar{x}_1 и \bar{x}_2 — средние величины приростов соответственно в менее благоприятный 1998 год и в более благоприятный 2003 год, тогда после ряда элементарных математических преобразований получим:

$$C_g^2 = \frac{\Delta\sigma^2}{\Delta\bar{x}^2}$$

По В.А. Драгавцеву, σ_e^2 остается константной в двух случаях: когда экофактор, сдвигающий среднюю величину признака, сам имеет нулевую дисперсию и когда дисперсия чувствительности особей одного генотипа к новому уровню экофактора близка к нулю. Экофакторы, меняющиеся по годам (температура, осадки), имеют собственную нулевую дисперсию, т.е. в определенный год генетически одинаковые меристемы дадут одинаковые приросты, сохраняя внутри клона константную паратипическую дисперсию. Варьирование приростов по годам может быть обусловлено не только влиянием экологических факторов, но и генетической изменчивостью растений в онтогенезе. Однако в онтогенезе экологическая дисперсия остается константной по той причине, что фактор изменения темпа роста растений в онтогенезе в клоне собственной дисперсии не имеет.

Вычислив величину приращения генотипической дисперсии:

$$\Delta\sigma_g^2 = \sigma_{g1}^2 - \sigma_{g2}^2,$$

затем можно определить:

$$\sigma_{g1}^2 = \bar{x}_1^2 C_g^2, \quad \sigma_{g2}^2 = \bar{x}_2^2 C_g^2,$$

коэффициент наследуемости в широком смысле слова в менее благоприятном H_1^2 в более благоприятном H_2^2 годах и среднее значение H^2 , как отношение средней генотипической дисперсии σ_g^2 к средней паратипической дисперсии σ_{ph}^2 .

Определив селекционный дифференциал:

$$S = \bar{x}_{отб.} - \bar{x}_{общ.},$$

где $\bar{x}_{отб.}$ – средняя величина отбираемой части популяции,

$\bar{x}_{общ.}$ – средняя величина всей популяции,

можно сделать прогноз наследственного улучшения популяций путем отбора по фенотипам:

$$P = SH^2.$$

Были измерены линейные годовые приросты сосен обыкновенной, крымской, желтой в географических культурах. Результаты, полученные при эколого-генетическом анализе изменчивости приростов разных сосен, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Эколого-генетическая характеристика линейного прироста разных видов сосен

Параметры	Сосна обыкновенная	Сосна крымская	Сосна желтая
$\Delta\sigma_g^2$	27,30	35,75	40,93
$\Delta\bar{x}^2$	2722,60	623,00	812,00
C_g^2	0,01	0,06	0,04

σ_{g1}^2	53,20	53,24	20,39
σ_{g2}^2	54,00	88,75	60,44
σ_{e1}^2	16,50	3,66	16,61
σ_{e2}^2	43,00	3,90	17,49
H_1^2	0,76	0,94	0,55
H_2^2	0,56	0,95	0,77
H^2	0,64	0,95	0,70
σ_g^2	53,60	71,00	40,42
σ_{ph}^2	83,35	74,76	57,46
P_2	8,40	19,10	14,80
P_1	7,12	10,34	6,58
\bar{P}	7,76	14,80	10,22

Из таблицы 1 видно, что коэффициент наследуемости в широком смысле слова различается у трех видов сосен: наибольшее значение у сосны крымской (0,95), несколько меньше у желтой (0,70) и самое небольшое, но все же достаточно высокое (0,64) - у обыкновенной. Таким образом, отбор по фенотипу эффективен у всех трех видов сосен, являющихся интродуцентами в сухой степи Нижнего Поволжья. Сосна обыкновенная в силу обширности своего ареала более пластична, поэтому отбор по фенотипу у нее менее эффективен, чем у генетически стабильных сосен крымской и желтой.

Ряд исследователей [1; 3] предлагают использовать коэффициент наследуемости как показатель степени гетерогенности популяций. Как известно, популяции, обладающие высоким уровнем гетерогенности, отличаются большей устойчивостью к неблагоприятным факторам среды.

Если судить по коэффициенту наследуемости в сухой степи, самый высокий уровень гетерогенности будет у сосен крымской и желтой, несколько меньше — у обыкновенной, хотя в целом гетерогенность антропогенных популяций сосен в географических культурах довольно высока, что говорит об их относительной адаптации и устойчивости в данных почвенно-климатических условиях.

В насаждениях Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ сосны крымская и желтая лучше перенесли засуху 1972–1975 гг., 2010 г., чем обыкновенная, у которой в эти годы наблюдался массовый отпад. Это объясняется тем, что сосна крымская и желтая лучше, по сравнению с обыкновенной, удерживают влагу и менее интенсивно ее транспирируют в засушливые периоды [4].

Вычисление коэффициента наследуемости позволило рассчитать три варианта улучшения насаждений при отборе по фенотипам: в лучший год P_2 , когда снимается действие лимитирующего фактора (недостатка влаги); в год, когда фактор недостатка влаги действует P_1 , и среднее значение \bar{P} . Как видно из таблицы 1, коэффициент эффективности отбора наиболее высок у сосны крымской, что можно объяснить особенностями генетического ап-

парата, который сформировался в небольшом ареале, где под действием климатических условий в генотипе отложилась способность хорошо переносить засуху, снижая в засушливые периоды транспирацию, и эффективно использовать выпадающие в виде ливней осадки.

Выводы

1. Эколого-генетический анализ линейного прироста сосен при селекционном отборе в сухой степи позволяет несколько приблизить генетику количественных признаков к реальной ситуации отбора, определить генетическую изменчивость без смены поколений.
2. Судя по величине коэффициента наследуемости, антропогенные популяции всех трех видов сосен гетерогенны и устойчивы в данных условиях среды.

Список литературы

1. Анциферов Т.И., Чемарина О.В. Использование коэффициента наследуемости при селекционной оценке микропопуляции дуба черешчатого : тезисы докладов совещания «Разработка основ систем селекции древесных пород» (Рига, 22-25 сентября 1981 г.). – Рига, 1981. - Ч. I. - С. 53-55.
2. Драговцев В.А., Лавров Л.А., Плеханова Л.Г. Эколого-генетический анализ линейного прироста сосны обыкновенной в районе Тунгусской катастрофы 1908 г. // Генетика. – 1976. - Т. 12, № 1. - С. 35-44.
3. Ефимов Ю.П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. – Воронеж : Истоки, 2010. – 253 с.
4. Иозус А.П., Зеленьяк А.К., Маттис Г.Я. Селекция и семеноводство сосны для защитного лесоразведения в Нижнем Поволжье // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2003.
5. Федеральная целевая программа развития лесного семеноводства на период 2009-2020 гг. – М. : Федеральное агентство лесного хозяйства, 2009. – 86 с.
6. Яковлева Л.В. Эколого-генетический анализ линейного прироста хвойных при отборе на быстроту роста. – Лесоведение. - 1981. - № 3. - С. 85-90.

Рецензенты:

Васильев Ю.И., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.

Рулев А.С., д.с.-х.н., заместитель директора по науке Всероссийского НИИ агролесомелиорации Российской академии наук, г. Волгоград.