

В.П. Бессчетное, Н.Н. Бессчетнова

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

Бессчетнов Владимир Петрович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Казахский ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственный институт, доктор биологических наук, профессор, декан факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Имеет более 130 печатных работ в области изучения лесных культур, селекции и интродукции древесных и кустарниковых видов, проблем эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала природных популяций и плюсовых деревьев основных лесобразующих пород. E-mail: lesfak@bk.ru



Бессчетнова Наталья Николаевна кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. Имеет 49 печатных работ в области проблем эффективности лесной селекции и совершенствования селекционного потенциала плюсовых деревьев основных лесобразующих пород, селекции сосны обыкновенной. E-mail: besschetnova1966@mail.ru



СЕЛЕКЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ МЕТОДАМИ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА

Получена комплексная сравнительная оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной по содержанию запасных веществ в тканях годичных побегов. Факторным и кластерным анализами установлена степень сходства ассортиментного состава лесосеменных плантаций и архивов клонов, созданных в Нижегородской области.

Ключевые слова: сосна обыкновенная (*Pinus Sylvestris*), плюсовые деревья, запасные вещества, евклидова дистанция, дендрограмма.

Актуальность формирования лесосеменной базы на селекционно-генетической основе [3, 5, 13, 14] усиливается в свете наметившихся тенденций перехода к интенсивным формам ведения лесного хозяйства. Лесосеменные плантации (ЛСП), созданные вегетативным потомством плюсовых деревьев основных лесобразующих пород, призваны выступить преимущественным источником семян [3, 4, 15]. Вместе с тем эффективность отбора по фенотипу, целесообразность его продолжения в традиционной форме, перспективность совершенствования схем реализации выступают предметом достаточно продолжительной дискуссии. Во многом такая ситуация вызвана недостаточным объемом объективной информации о многочисленных характеристиках плюсовых деревьев, что признается одной из проблем современной лесной селекции и определяет необходимость их активного и всестороннего изучения [5, 9, 10, 11, 13, 14, 15].

Цель работы состояла в получении многомерных сравнительных оценок плюсовых деревьев сосны обыкновенной по комплексу показателей содержания запасных веществ в тканях побегов для определения степени их статистической и гено-типической близости. Предметом исследований являлось наследственно обусловленное сходство плюсовых деревьев сосны обыкновенной по структуре содержания запасных веществ в тканях побегов. Объектом исследования служили плюсовые деревья сосны обыкновенной, вегетативное потомство которых сосредоточено в архивах клонов № 1 и № 4 и использовано в ассортименте ЛСП № 24 государственного бюджетного учреждения Нижегородской области «Семеновский спец-семлесхоз».

© Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., 2012

Первичная единица выборки в опыте представлена временными препаратами поперечных срезов из средней части годичного прироста, которые после окрашивания и фиксации анализировались с помощью микроскопа Микмед-2. Наличие крахмала, жиров и сахаров оценивалось дифференцировано по учетным зонам каждой из тканей, привлеченных для анализа. В качестве контроля визирования использовались неокрашенные срезы. Сроки взятия проб приурочены к характерным фенологическим состояниям растений: период покоя (первый срок учета), выход из состояния покоя (второй срок учета), начало образования поздней ксилемы (третий срок учета), переход в состояние покоя (четвертый срок учета). Крахмал выявляли цветной реакцией на раствор Люголя, водорастворимые сахара обнаруживали реакцией

Молиша с а-нафтолом, жиры фиксировались реакцией на Судан-III [2, 12]. Их содержание оценивали в условных баллах по предложенной нами шкале [1].

В единый многомерный комплекс включались показатели содержания запасных веществ в разные сроки наблюдений. Обеспечивалось наличие одинакового набора анализируемых признаков у каждого из объектов многомерного комплекса сравнения: не имеющие хотя бы одной из характеристик исключались [6, 7, 8]. Весовые коэффициенты переменных не вводились, исходя из представлений об идентификационной равноценности признаков. Поправки на неравномерность комплексов не применялись в силу одинаковой численности первоначальных значений каждого параметра у всех многомерных объектов. Нами учитывалось то, что результаты группировки в кластеры в значительной степени зависят от метода агломерации и от того, какие признаки и в каком количестве привлечены. При этом исходное число анализируемых параметров может быть достаточно большим при слабой корреляционной зависимости между ними [6, 7, 8]. Решение задачи редукции числа переменных методом главных компонент выполнено в ходе факторного анализа [7] с применением программного комплекса STATISTICA v. 6.0. В результате признаки, корреляции между которыми выражены в наибольшей степени, объединялись в один комплексный фактор. Между сформированными факторами корреляция мала. В реализованной схеме эффективность независимых факторов определялась превышением их начальных собственных значений 1. Доля общей дисперсии, обусловленная их действием, была 94,69%, что выше критического 70-процентного порога [7]. Для нахождения однозначного решения применен метод ортогонального вращения (метод ва-римакса), в расчетах были использованы стандартизированные значения исходных признаков [7].

Сформированные в процессе факторного преобразования комплексные независимые переменные образовали собственный блок многомерных характеристик сравниваемых объектов. Так весь набор исходных анализируемых признаков, насчитывающий 44 показателя, был представлен блоком, содержащим только 10 главных компонент - параметров, представленных нормированными величинами. Они послужили основой проведения кластерного анализа и построения дендро-грамм [6, 7, 8]. Процедура кластеризации представлена в табл. 1.

Материалы таблицы 1 отражают последовательность этапов объединения плюсовых деревьев в кластеры, соответствующую этому величину евклидовой дистанции и адекватное ей значение расстояния, выраженное (преобразованное) в масштабных единицах 25-разрядной шкалы, принятой для графического представления дендрограмм.

Дендрограммы, построенные по сформированным в процессе факторного анализа главным компонентам (рис. 1), принципиально не отличались от анало-

Таблица 1

**Схема осуществления кластеризации 36 плюсовых деревьев
по оценкам содержания запасных веществ (10 главных компонент)
с использованием квадрата евклидова расстояния**

Этап	Шаги агломерации		Коэффициенты		Этап появления кластера		
	Объединение		Дистан- ция	Мас- штаб	Первого		Следу- ющего
	Кластер 1	Кластер 2			Кластер 1	Кластер 2	
1	5	6	3,559	2,900	0	0	11
2	29	30	4,503	3,600	0	0	10
3	2	14	5,570	4,500	0	0	9
4	13	32	5,793	4,600	0	0	14
5	4	7	5,886	4,700	0	0	22
6	12	33	6,161	4,900	0	0	8
7	1	22	7,225	5,800	0	0	13
8	9	12	7,501	6,000	0	6	14
9	2	35	7,696	6,200	3	0	15
10	27	29	7,758	6,200	0	2	16
11	5	24	7,779	6,200	1	0	20
12	16	28	9,410	7,500	0	0	19
13	1	19	9,894	7,900	7	0	20
14	9	13	10,020	8,000	8	4	23
15	2	23	10,417	8,400	9	0	16
16	2	27	10,940	8,800	15	10	24
17	18	34	11,292	9,100	0	0	23
18	8	20	11,758	9,400	0	0	25
19	16	21	11,896	9,500	12	0	25
20	1	5	12,739	10,200	13	11	26
21	31	36	13,553	10,900	0	0	28
22	4	17	14,512	11,600	5	0	27
23	9	18	14,702	11,800	14	17	24
24	2	9	15,844	12,700	16	23	26
25	8	16	16,300	13,100	18	19	29
26	1	2	16,700	13,400	20	24	28
27	4	25	17,431	14,000	22	0	30
28	1	31	17,782	14,300	26	21	29
29	1	8	18,775	15,100	28	25	30
30	1	4	21,065	16,900	29	27	31
31	1	11	24,608	19,700	30	0	32
32	1	10	24,782	19,900	31	0	33
33	1	3	27,276	21,900	32	0	34
34	1	15	28,513	22,900	33	0	35
35	1	26	31,164	25,000	34	0	0

гичных графических фигур, полученных на основе полного набора нормированных исходных признаков (рис. 2).

В значительной мере близки по своей структуре были и дендрограммы, полученные как на основе вычисления линейного евклидова расстояния, так и квадрата евклидова расстояния. Обнаруживаемые между ними различия невелики и не принципиальны.

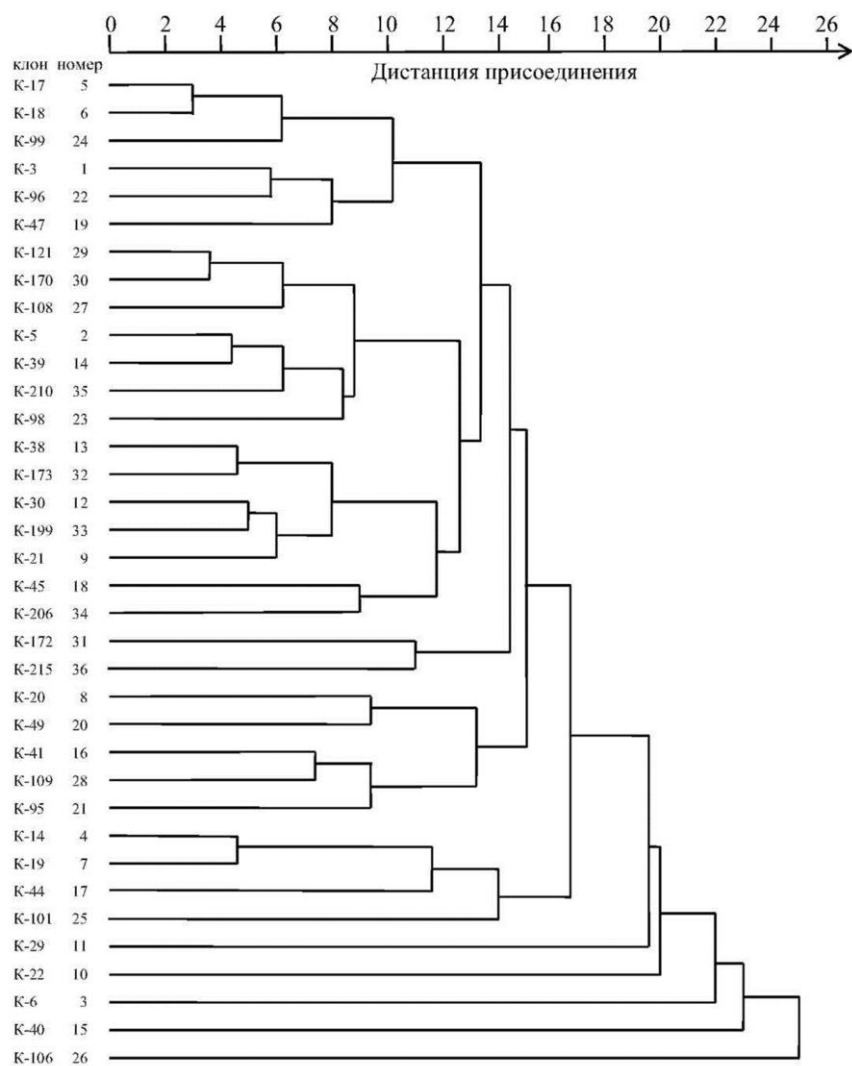


Рис. 1. Дендрограмма сходства ассортимента плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 по оценкам содержания запасных веществ (10 главных компонент): агломерация по квадрату евклидова расстояния

В дендрограмме, построенной по результатам преобразования в ходе факторного анализа 44 исходных независимых переменных в 10 главных компонент (см. рис. 1), удастся заметить ряд хорошо оформленных группировок – кластеров. В верхней части расположен достаточно крупный макрокластер, содержащий в своем составе 20 из 36 анализируемых плюсовых деревьев. Уровень его окончательного оформления составляет 13,4 масштабных единицы. В него входят 4 хорошо очерченных разновеликих микрокластера, плотность агломерации в каждом из которых близка к 10 масштабным единицам. К первому отнесены 6 объектов (К-17, К-18, К-99, К-3, К-96, К-47) с начальным и конечным порогами примыкания 2,9 и 10,2 единицы соот-

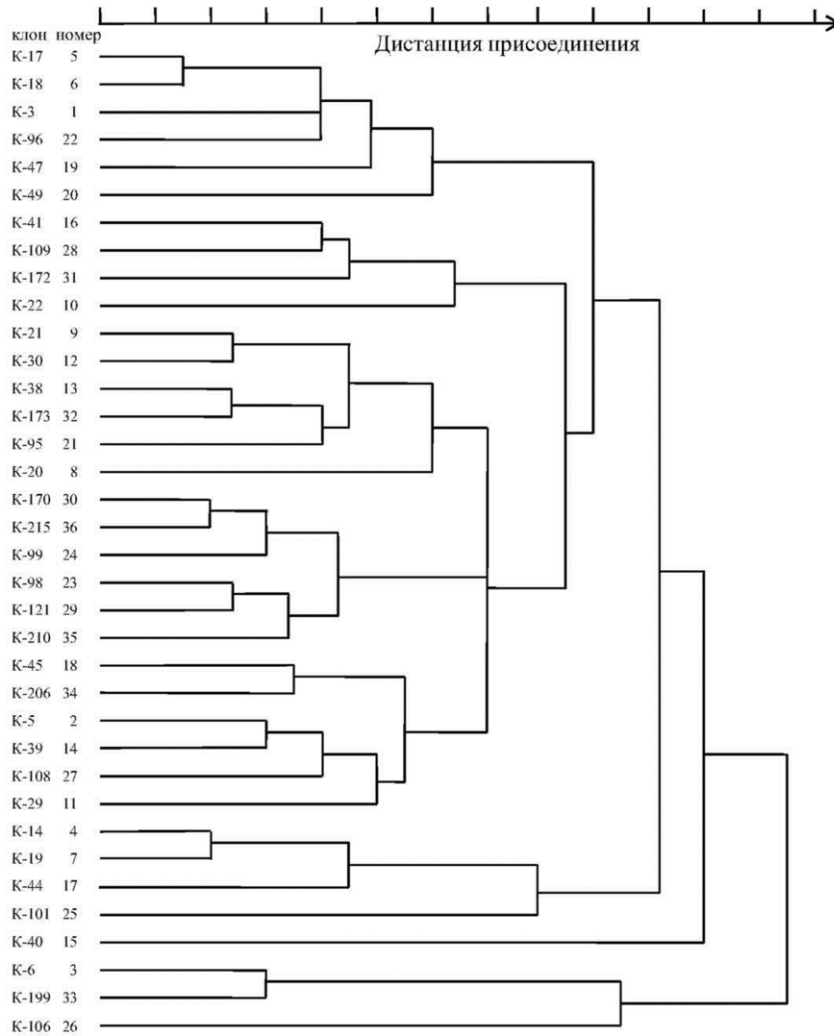


Рис. 2. Дендрограмма статистической близости ассортимента плюсовых деревьев в составе ЛСП № 24 по оценкам содержания запасных веществ (44 исходных нормированных признака): агломерация по квадрату евклидова расстояния

ветственно. Вторая группировка из 7 объектов (К-121, К-170, К-108, К-5, К-39, К-210, К-98) несколько плотнее: её уровни кластеризации от 3,6 до 8,8 единиц. Третья содержит в своем составе 5 элементов (К-38, К-173, К-30, К-199, К-21), пределы объединения которых достигали величин 4,6–8,0 единиц. Четвертый микрокластер образовался на уровне 9,1 единицы только из двух плюсовых деревьев (К-45, К-206). Оставшиеся плюсовые деревья входят в состав неплотных и меньших по численности кластеров, которые завешают формирование иерархической системы на основании сходства. Некоторые из них (К-29, К-22, К-6, К-40, К-106) наиболее удалены от остальных по комплексу своих характеристик и, не входя в какой-либо из кластеров, последовательно присоединяются к ранее сформированному ядру на максимальных уровнях: 19,7–25,0.

Полученная информация дифференцирует комплекс анализируемых плюсовых деревьев, представленных на ЛСП № 24, с позиций «наиболее близкие - наиболее удаленные» по всему набору их характеристик.

Установленная степень близости между ними по характеристикам состава запасных веществ в тканях побегов позволяет выявить группы наиболее сходных между собой образцов. К таковым могут быть отнесены, прежде всего, плюсовые деревья К-17 и К-18, К-121 и К-170, К-5 и К-39, К-14 и К-19, К-38 и К-173, а также К-30 и К-199. Их уровень первичного объединения не превышает 5 при диапазоне значений для всей процедуры кластеризации 25 масштабных единиц. При этом плюсовые деревья, вошедшие в первый микрокластер, заметно отличаются от тех, которые составили второй и третий: объединение происходит на уровне, близком к 14 единицам. В итоге весь ассортимент анализируемых плюсовых деревьев может быть представлен их группировками, различным образом удаленными одна от другой по установленному набору признаков. Аналогичные материалы были получены и на других объектах исследования. Повторение опытов в разные годы подтвердило устойчивость наблюдаемых тенденций.

В заключение можно отметить, что исследованный комплекс плюсовых деревьев сосны обыкновенной неоднороден по содержанию запасных веществ в тканях побегов. Степень несовпадения их характеристик неодинакова, что позволяет обозначить группы объектов, относительно близких между собой по всему набору анализируемых показателей - кластеры, притом, что между группами обнаруживаются хорошо заметные различия. Факторный анализ позволил выполнить редукцию числа показателей при принципиальном сохранении информативности данных, представленных в исходном комплексе. Результаты построения дендрограмм по сформированным факторам вполне адекватны итогам их построения по первичным данным. Кластерный анализ позволил выполнить естественную группировку ассортимента плюсовых деревьев по критериям сходства оценок содержания запасных веществ. Установлены группы плюсовых деревьев, имеющие относительно близкие характеристики по всему перечню анализируемых признаков - присутствию крахмала, жиров, сахаров, их суммарному содержанию и соотношению между ними в разные сроки учета. Выявлены объекты, являющиеся наиболее отдаленными от других в их исследованной совокупности.

Сведения о степени близости объектов позволяют обоснованно подойти к выбору компонентов родительских пар и составлению диаллельных комплексов при планировании мероприятий по гибридизации. Это может иметь отношение как к гете-розисной селекции, так и к работам по гибридологическому анализу, необходимому для оценки селекционного качества плюсовых деревьев, отобранных по фенотипу. При формировании родительских пар, близких по составу запасных веществ, в них следует включать плюсовые деревья, которые входят в один кластер. При осуществлении стратегии использования отдаленных по своим признакам родителей целесообразно ориентироваться на их принадлежность к разным кластерам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бессчетнова Н.Н.* Содержание запасных веществ и ход лигнификации в тканях побегов у вегетативного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной / Бессчетнова Н.Н. // Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения: сб. науч. стат. по матер. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию НГСХА. Нижний Новгород, 2005. С. 20-28.
2. *Гродзинский А.М.* Краткий справочник по физиологии растений / А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский. Киев: Наукова думка, 1964. 288 с.
3. *Ефимов Ю.П.* Генетико-селекционная оценка объектов постоянной лесосеменной базы / Ю.П. Ефимов // Генетика и селекция - на службе лесу: матер. междунар. науч. конф., Воронеж, 28-29 июня 1996 г. Воронеж: Изд-во НИИЛГиС, 1997. С. 298-307. *Ефимов Ю.П.* Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной / Ю.П. Ефимов. Воронеж: Истоки, 2010. 253 с.
4. *Коновалов Н.А.* Основы лесной селекции и сортового семеноводства / Н.А. Коновалов, Е.А. Пугач. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 176 с.
5. *Мандель И.Д.* Кластерный анализ / И.Д. Мандель. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.
6. *Никитин К.Е.* Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. М.: Лесн. пром-сть, 1978. 272 с.
7. *Петров С.А.* Рекомендации по использованию генетико-статистических методов в селекции лесных пород на продуктивность / С.А. Петров. Воронеж, 1984. 43 с.
8. *Петров С.А.* Система плюсовой селекции / С.А. Петров // Разработка основ систем селекции древесных пород: тез. докл. совещания. Ч. I. Рига, 1981. С. 103-105.
10. *Потылев В.Г.* Проблемы лесного селекционного семеноводства / В.Г. Потылев // Лесоохозяйственная информация. 1997. № 3. С. 14-30.

11. *Правдин Л.Ф.* Научные основы организации устойчивой лесосеменной базы / Л.Ф. Правдин, В.П. Яркин // Научные основы селекции хвойных древесных пород. М.: Наука, 1978. С. 125-142.
12. *Прозина Н.М.* Ботаническая микротехника / Н.М. Прозина. М.: Высш. шк., 1960. 205 с.
13. *Рутковский И.В.* Состояние лесного семеноводства и перспективы его развития / И.В. Рутковский // Пятый всероссийский съезд лесоводов (25-27 февраля 2003 г.). М.: ВНИИЛМ, 2003. С. 190-194.
14. *Сахаров В.И.* Методы оценки эколого-генетической структуры популяций древесных видов для выбора модели селекции / В.И. Сахаров. Алматы, 2006. 384 с.
15. *Царев А.П.* Вопросы и проблемы плюсовой селекции / А.П. Царев, Н.В. Лаур // Лесной вестник. 2006. № 5. С. 118-123.

Поступила 2.02.11

V.P. Beschetnov, N.N. Beschetnova
Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy

Scots pine elite trees selective estimation by means of multivariate analysis method

A comprehensive comparative estimation of the Scots pine (*Pinus sylvestris*) plus trees regarding the reserve substances content in annual sprouts fabrics has been obtained. Degree of resemblance between assortment composition of the seed plantations and the clones archives in the Nizhniy Novgorod area is ascertained.

Key words: scots pine (*Pinus Sylvestris*), elite trees, reserve substances, euclidean distance, dendrogram.