

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАСТЕРНОГО И ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ОПИСАНИИ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ЕЛИ ПО ФОРМЕ СЕМЕННОЙ ЧЕШУИ

Для изучения структуры популяции ели на Урале был применен кластерный и дискриминантный анализ, математическое выражение формы семенной чешуи. Исследованы 23 популяции. Подтверждено, что в основном они представлены елью сибирской. Определен процент европейских елей в каждой из популяций.

Форма семенной чешуи — это основной диагностический признак при определении ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и ели сибирской (*P. obovata* Ledeb.). Обобщенно можно сказать, что форма семенной чешуи у ели европейской более вытянутая и ромбическая, а у ели сибирской — более округлая. Между ними есть масса переходных форм, которые трудно однозначно отнести к той или другой типичной форме. Большинство проведенных исследований не выходит за рамки визуальной оценки формы семенных чешуй, хотя и делались попытки объективного ее описания [Данилов, 1943; Правдин, 1975; Попов, 1999]. Все авторы, изучавшие этот признак, отмечали большую его изменчивость, а выделяемые классы или типы считали условными. Именно это, а также значительная экологическая обусловленность других признаков ели затрудняет определение структуры популяций.

Интересным, на наш взгляд, оказался опыт применения определенной последовательности математических подходов, начиная с описания формы семенной чешуи по коэффициентам сужения (C_n) и вытянутости (C_p) [Попов, 1999], выделения близких групп условных популяций с помощью кластерного анализа (евклидово расстояние), определения частот особей с «европейской» или «сибирской» формой чешуи с помощью дискриминантного анализа и заканчивая применением стандартных методов сравнения и проверки достоверности выборочных долей [Лакин, 1980].

Суть предлагаемого подхода в том, чтобы использовать коэффициенты C_n и C_p в качестве двух показателей при составлении дендрограммы по евклидовым расстояниям и для расчета дискриминантной функции, значение которой и будет тем единственным обобщенным показателем, учитывающим незначительные морфологические отличия групп елей по форме семенной чешуи. При этом различия между группами становятся наиболее выраженными, а трансгрессия между их распределениями — наименьшей [Ивантер, Коросов, 1992].

Алгоритм действий при определении структуры популяций с использованием предложенной системы следующий: 1. Сбор полевого материала в природных популяциях. 2. Получение проекций семенных чешуй. 3. Обмер проекций по показателям наибольшей ширины (d_{\max}) (рис. 1); расстоянию от верхнего конца чешуи до линии, отмечающей наибольшую ширину (h); ширине чешуи на расстоянии $0,1 d_{\max}$ от верхней части (d') 4. Расчет коэффициентов $C_n = d' : d_{\max} \cdot 100$ и $C_p = h : d_{\max} \cdot 100$. 5. Статистическая обработка данных для получения средних значений коэффициентов C_n и C_p . 6. Построение дендрограммы по евклидовым расстояниям связи средних показателей C_n и C_p разных популяций — для определения наиболее «близких» популяций и наиболее «отдаленных» групп популяций. 7. Определение выборок, которые могут быть использованы в качестве типичных, характеризующих две «крайние» формы — ель европейскую и ель сибирскую. 8. Расчет дискриминантного уравнения по этим двум «крайним» выборкам. 9. Использование рассчитанной функции для «сортировки» остальных выборок по их средним значениям показателей C_n и C_p — для определения принадлежности той или иной популяции к одной из «крайних» форм. 10. «Сортировка» внутри каждой группы (выборки) — для определения процента особей внутри популяции с европейской или сибирской формой чешуи. 11. Соотнесение результатов кластерного и дискриминантного анализа; проведение расчетов, подтверждающих достоверность объективного существования выделенных групп популяций по показателю формы семенной чешуи.

Покажем результат применения такого подхода при определении структуры популяций ели на Урале. Экспериментальный материал по уральским популяциям был собран в 23 пунктах на территории Урала. По каждому пункту для получения средних значений и «сортировки» данных по дискриминантному уравнению была проведена обработка материала на компьютере по программам «STATAN-1996» [Гашев, 1998] и «STATAN-2001»; кластерный анализ и составление дендрограммы — по программе STATISTICA for Windows, Release 4.3.

Проведение кластерного анализа по двум признакам (средним показателям C_n и C_p каждой условной популяции) показал наличие трех крупных кластеров среди исследованных 23 выборок (рис. 2). Каждому кластеру были даны условные названия: «пермская» группа (Пермь, Березники-1 и 2, Комариха, Щучье Озеро, Уинское, Арибашево); «промежуточная» (Аскино, Красный Ключ,

Чусовой-1 и 2, Аша, Ныроб, Нязепетровск, Кузино); «тугулымская» (Гремячинск-1 и 2, Кытлым, Екатеринбург, Дружинино, Теплая Гора, Висим, Тугулым). Данные кластерного анализа подтверждаются дискриминантным.

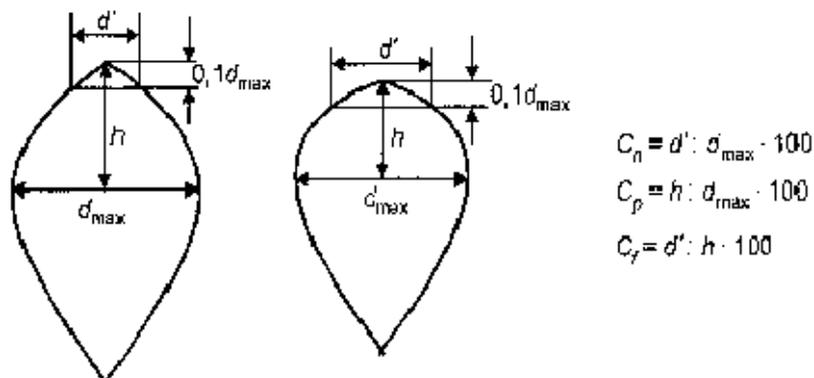


Рис. 1. Схема измерения проекции семенных чешуй ели (по: [Попов, 1999])

В качестве выборок, по которым рассчитывались коэффициенты дискриминантного уравнения, были взяты по 100 особей из Беловежской пуши (как представители типичной европейской ели) и Витимского заповедника (представляющих типичную ель сибирскую). С помощью прикладной компьютерной программы «STATAN-2001» получено следующее дискриминантное уравнение:

$$Z = (-0,000429)*X_1 + (0,000038)*X_2 - (-0,017485).$$

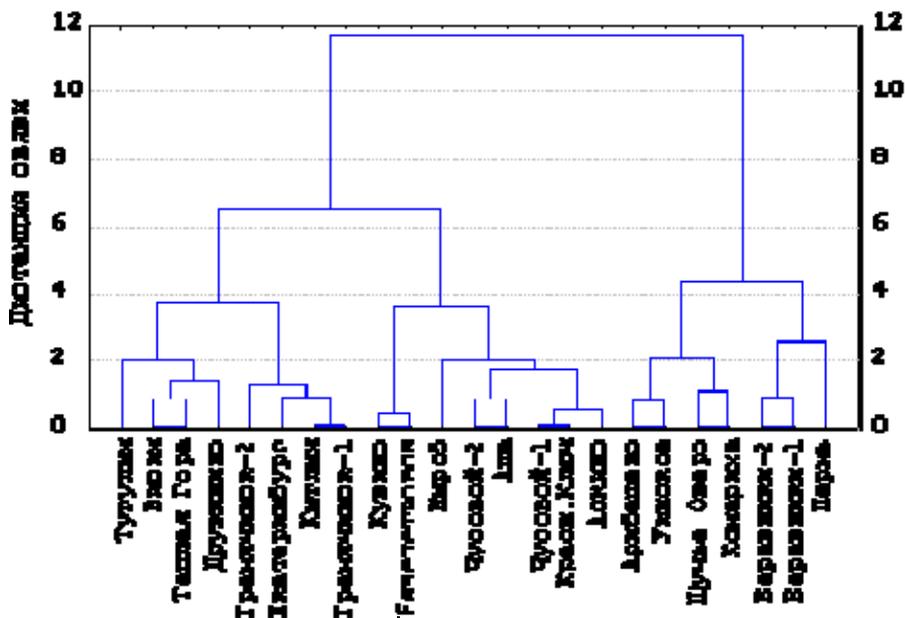


Рис. 2. Дендрограмма (по евклидовым расстояниям) популяций ели на Урале по признакам формы семенной чешуи (C_n и C_p)

Дискриминантный анализ (сортировка) средних значений C_n и C_p , характеризующих каждую из 23 популяций, показал, что исследованные уральские популяции ели следует относить к ели сибирской. Однако аналогичная «сортировка» не средних, а индивидуальных показателей C_n и C_p (по 100 особей в каждом из 23 пунктов) позволила определить процентное соотношение деревьев с

«европейской» и «сибирской» формой семенной чешуи внутри каждой условной популяции. Так, выборки из Перми и Березников-1 состояли на 18 % из особей «европейского» типа; из Арибашево и Щучьего Озера — на 17 %, из Комарихи — на 16 %, из Березников-2, Уинского — на 15 %, из Чусового-1 — на 12 %, из Чусового-2 и Нязепетровска — на 11 %, Нырба и Красного Ключа — на 9 %, Аскино — 8 %, из Аши и Кузино — на 6 %, Екатеринбурга, Висима, Гремячинска-1 — 4 %, Дружинино, Кытлыма, Теплой Горы — 3 %, Гремячинска-2 и Тугулыма — 1 %.

Таким образом, «пермская» группа состоит из популяций, имеющих от 18 до 15 % особей с европейской формой семенной чешуи; «промежуточная» группа имеет в своем составе от 12 до 6 % особей с европейской формой семенной чешуи; «тугулымская» — от 1 до 4 %. Различия всех трех групп по частоте встречаемости «европейской» и «сибирской» формы чешуи оказались достоверными при $P < 0,001$. Проверка достоверности осуществлялась путем применения стандартной методики сравнения выборочных долей [Лакин, 1980] объединенных выборок в каждом из трех кластеров.

Как видим, применение кластерного и дискриминантного анализа по двум показателям C_n и C_p не только констатирует неоднородность елей на исследованной территории, но и дает возможность в математической форме описать ее структуру и подтверждает существование объективных границ между группами популяций ели на Урале.

ЛИТЕРАТУРА

Гашев С. Н. Статистический анализ для биологов (Пакет программ «STATAN-1996»). Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 1998. 51 с.

Данилов Д. Н. Изменчивость семенных чешуй *Picea excelsa* // Ботан. журн. 1943. Т. 28, № 5. С. 191–195.

Ивантер Э. В., Коросов А. В. Основы биометрии. Петрозаводск, 1992. 163 с.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1980. 293 с.

Полов П. П. Ель на востоке Европы и в Западной Сибири. Новосибирск, 1999. 169 с.

Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. М.: Наука, 1975. 176 с.

ИПОС СО РАН,
г. Тюмень

N. A. Gasheva

EXPERIENCE OF APPLYING CLUSTER AND DISCRIMINANT ANALYSIS UNDER DESCRIBING STRUCTURE OF SPRUCE POPULATIONS WITH RESPECT TO SHAPE OF SEED SCALES

In order to study structure of spruce populations in the Urals, cluster and discriminant analysis being applied, as well as mathematical expression with respect to shape of seed scales. Subject to investigation, being 23 populations. It has been confirmed that those are basically represented by Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.). In each of the populations percent of common spruce (*Picea excelsa*) being determined.