

Т.И. Великоридько, Л.А. Калафат

## ПОПУЛЯЦИОННО-ФЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРЕВЬЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

*Pinus sylvestris* L., индекс формы шишки, гетерозиготность

Для выяснения генотипического состава популяций у древесных пород в качестве фенотризнаков используют устойчивые морфотризнаки с низкой изменчивостью под действием факторов среды [8, 11]. У хвойных строение коры ствола, типы ветвления побегов, форма шишек и семенных чешуй, окраска семян могут определяться генетическими особенностями растений. Относительные расчетные показатели (индексы), которые характеризуют, например, форму, пропорцию или другие особенности органов растений или их частей, имеют меньшую изменчивость, чем исходные признаки или лучшие дифференцирующие свойства [5]. Для хвойных пород известны исследования формы шишки в связи с вопросами популяционной и внутривидовой изменчивости и систематики [9, 10, 12].

Индекс формы шишки (ИФШ) сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), который слабо изменяется в метамерах формы кроны дерева, характеризует конкретное дерево и остается стабильным на протяжении всей его жизни или длительного периода онтогенеза, не зависит от экологических условий и от географического положения насаждений [3].

Цель нашей работы – идентификация и анализ распределений шишек и деревьев *P. sylvestris* по классам ИФШ в условиях техногенного загрязнения на юго-востоке Украины и определение генетической структуры в группах деревьев, различающихся по ИФШ.

Изменчивость размеров шишек *P. sylvestris* изучали в трех субпопуляциях на 79 промаркированных деревьях, повторность всех измерений и оценок – была десятикратной. Пробные площади А, Б, Г удалены соответственно на 300 м, 2 и 15 км от химических комбинатов по производству азотных удобрений ПО “Азот” и завода “Стеклопластик” г. Северодонецка Луганской области. Леса представляют чистые сосняки остаточных боров Кременского леса, IV класса возраста. Многолетние исследования (1988 – 1990 гг. [6], 1995 – 1997 гг.) индивидуальной изменчивости размеров шишек *P. sylvestris* позволили выделить деревья и объединить их в группы, стабильно различающиеся из года в год по форме шишек. У каждой шишки измеряли длину (L) и наибольший диаметр (D). Индекс формы каждой шишки (D/L) и средний индекс каждого дерева определяли по методике С.А. Мамаева [7]. Выделение классов по индексу формы шишки (ИФШ) способствует вполне однозначной оценке деревьев. Любое дерево по ИФШ всегда может быть отнесено только к одному из трех классов. Поэтому эти индексы могут рассматриваться нами как фены. Метод изучения популяционной структуры *P. sylvestris* по ИФШ по существу является частным вариантом метода морфофизиологических маркеров [8].

Изучение генетического разнообразия *P. sylvestris* проводили методом электрофоретического анализа изоферментов в полиакриламидном геле. Ферменты экстрагировали из гаплоидных эндоспермов семян, гистохимическое проявление зон активности ферментов проводили по стандартным методикам [4].

Для оценки уровня генетического разнообразия использовали следующие показатели: процент полиморфных локусов при 99%-ном критерии ( $P_{99}$ ), среднее число аллелей на локус ( $A$ ), средние показатели наблюдаемой ( $H_O$ ) и ожидаемой ( $H_E$ ) гетерозиготностей. Структуру и степень генетического разнообразия исследовали, используя коэффициент инбридинга  $F$ - статистики Райта ( $F_{IS}$ ) и генетическую дистанцию М. Нея ( $D_N$ ) [13]. Сходство аллельного и генотипического состава в группах растений и межвыборочную гетерогенность частот аллелей и генотипов оценивали по критерию  $\chi^2$ .

Согласно методике С.А. Мамаева, деревья *P. sylvestris* группировали на три класса по ИФШ:  $\leq 0,45$  – деревья с узкоконусовидными шишками (УК) и  $0,46 - 0,54$  – с конусовидными шишками (К),  $\geq 0,55$  – с широко-конусовидными шишками (ШК) [2, 7]. В популяциях *P. sylvestris* на песчаных террасах реки Северский Донец доминировали деревья с К и ШК формой шишек и только у двух из 79 деревьев шишки были УК. Исследования линейных размеров шишек показали, что лишь у 51 дерева (64,6%) фенотипический признак ИФШ был относительно стабилен и изменялся по годам в пределах одного класса. У 28 деревьев (35,4%) изменения показателей этого признака колебались между двумя классами. Наиболее стабильными были деревья с ШК формой шишек, 58,8% которых в отдельные годы имели К форму шишек [1]. В зоне острого воздействия поллютантов отсутствовали деревья с формой шишки УК, но здесь преобладали деревья ШК формой шишки в сравнении с зонами, более удаленными от источника загрязнения. Пробная площадь Б отличалась от двух других большей частотой встречаемости шишек и деревьев классов К и УК (табл. 1). Эти отличия могут быть связаны, скорее всего, с генетической субпопуляционной мозаичностью исследуемых древостоев [6] чем с эффектом воздействия эмиссий химкомбинатов. Изучаемая нами популяция *P. sylvestris* на крайней границе естественного ее распространения на юго-востоке Украины отличалась по структуре фенотипов от восточно-европейских популяций этого вида (Архангельская, Кировская области, Удмуртия) [3].

Таблица 1. Частота встречаемости шишек и деревьев *Pinus sylvestris* L. разных классов индекса формы шишек на юго-востоке Украины

| Пробная площадь           | Количество, шт. |          | Частота встречаемости шишек и деревьев по ИФШ |          |                                |          |                                     |          |
|---------------------------|-----------------|----------|---|----------|--------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|
|                           | шишек           | деревьев | узкоконусо-видные ( $\leq 0,45$ )             |          | конусовидные ( $0,46 - 0,54$ ) |          | ширококонусо-видные ( $\geq 0,55$ ) |          |
|                           |                 |          | шишек   | деревьев | шишек                          | деревьев | шишек                               | деревьев |
| А                         | 2740            | 29       | 0,025   | 0        | 0,582                          | 0,602    | 0,393                               | 0,398    |
| Б                         | 2407            | 26       | 0,123   | 0,094    | 0,673                          | 0,691    | 0,204                               | 0,215    |
| Г                         | 1928            | 24       | 0,092   | 0,081    | 0,632                          | 0,629    | 0,276                               | 0,290    |
| Всего по пробным площадям | 7075            | 79       | 0,080   | 0,058    | 0,629                          | 0,641    | 0,291                               | 0,301    |

Примечание. А – пробная площадь, удаленная на 300 м, Б – на 2 км, Г – на 15 км от химических комбинатов по производству азотных удобрений ПО “Азот“ и завода “Стеклопластик“ г. Северодонецка Луганской области.

Размеры шишек (соответственно ИФШ) и количество семян в них уменьшались по мере угнетения деревьев природными факторами. Согласно нашим наблюдениям, острые воздействия эмиссий химкомбинатов не вызывали заметных изменений в морфометрии женских шишек *P. sylvestris*, за исключением лет с неблагоприятными погодными условиями (1991 г.), и форма шишек в изучаемых популяциях оставалась стабильной. Средняя длина шишек *P. sylvestris* в исследуемой нами популяции в загрязненных районах, в общем, была больше (лимиты 33 – 43 мм), чем в центре ареала (33 – 36 мм) [6].

Для сравнительных генетических исследований были отобраны по 17 растений трех категорий, отличающихся по индексу формы шишки. В результате проведенных исследований 9 ферментных систем, контролируемых 22 локусами, получены данные о генотипическом разнообразии, структуре и степени дифференциации субпопуляций *P. sylvestris*. Доля полиморфных локусов у деревьев, различающихся по ИФШ, колебалась в пределах 57,1 – 66,7%, ожидаемая гетерозиготность изменялась от 0,231 до 0,242, наблюдаемая – от 0,210 до 0,244. Установлено, что в среднем для трех выборок деревьев коэффициент инбридинга указывал на 5,6% избыток гетерозигот в классе ШК, и небольшой – 2,6% их недостаток в классе УК. Наиболее сильный дефицит гетерозигот, вызванный инбридингом, наблюдался в классе К ( $F_{IS} = 0,132$ ) (табл.2). Генетическая дистанция  $D_N$  между выборками, рассчитанная по частотам аллелей, включенных в анализ ген-ферментных локусов, варьировала от 0,009 до 0,012, что указывает на небольшую дифференциацию этих выборок. Достоверной межвыборочной гетерогенности по критерию  $\chi^2$  для отдельных локусов по частотам аллелей и частотам генотипов не обнаружено.

Таким образом, индекс формы шишки *P. sylvestris* можно применять как количественный показатель при фенетическом подходе к решению популяционных задач. Значительная часть общей фенотипической изменчивости признака обусловлена генетическими причинами, но по отдельному индексу выявить истинную популяционную структуру вида невозможно. Установлено, что в пределах определенных районов частные распределения деревьев по изучаемым индексным фенам отличаются стабильностью и специфичностью.

1. Великоридько Т.И. Устойчивость и изменчивость сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 – Днепропетровск, 2002. – 182 с.
2. Видякин А.И. Изменчивость формы шишек в популяциях сосны обыкновенной на востоке европейской части СССР // Лесоведение. – 1991. – № 3. – С. 45 – 52.
3. Видякин А.И. Индексная оценка признаков популяционной структуры сосны обыкновенной // Лесоведение. – 1991. – № 1. – С. 57 – 62.
4. Гончаренко Г.Г., Падутов В.Е., Потенко В.В. Руководство по исследованию хвойных видов методом электрофоретического анализа изоферментов. – Гомель: Б.и., 1989. – 162 с.
5. Животовский Л.А. Интеграция полигенных систем в популяциях. – М.: Наука, 1984. – 183 с.
6. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. – Киев: Наук. думка, 1996. – 238 с.
7. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). – М.: Наука, 1972. – 284 с.
8. Мамаев А.В., Махнев А.К. Изучение популяционной структуры древесных растений с помощью метода морфофизиологических маркеров // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 140 – 150.
9. Мамаев А.В. Махнев А.К. Основные принципы и актуальные проблемы в области охраны генетического фонда древесных пород // Всесоюз. совещ. по лесн. генетике, селекции, семеноводству. – Петрозаводск: Б.и., 1983. – С. 22 – 23.

10. Мамаев С.А., Махнев А.К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержание в лесных экосистемах // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С. 3 – 10.
11. Милютин Л.И. Исследование популяций лиственницы методами фенетики // Фенетика популяций. – М.: Наука, 1982. – С. 255 – 260.
12. Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. – М.: Наука, 1964. – 192 с.
13. Nei M. Genetic distance between populations // Amer. Naturalist. – 1972. – Vol. 106. – P. 283 – 292.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 15.05.2007

УДК 581.15:582.475.4:581.141

Т.И. Великоридько, Л.А. Калафат

ПОПУЛЯЦИОННО-ФЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕРЕВЬЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Приведены результаты идентификации и анализа распределений шишек и деревьев *Pinus sylvestris* L. из субпопуляций остаточных боров Кременского леса Луганской области, различающихся по показателям индекса формы шишки (ИФШ) в условиях воздействия азотсодержащих поллютантов и основные показатели генетического полиморфизма в этих группах деревьев методом изоферментного анализа. Установлено, что в популяциях *P. sylvestris* на песчаных террасах реки Северский Донец доминировали деревья с конусовидной и широко-конусовидной формой шишек. В зоне острого воздействия поллютантов отсутствовали деревья с узкоконусовидными шишками и преобладали – с ширококонусовидной формой шишки. Фенопризнак ИФШ был относительно стабилен и изменялся по годам в пределах одного класса.

UDC 581.15:582.475.4:581.141

POPULATION-AND-PHENETIC PECULIARITIES OF *PINUS SYLVESTRIS* L. TREES UNDER TECHNOGENIC POLLUTION OF THE UKRAINIAN SOUTH-EAST.

T.I. Velikorid'ko, L.A. Kalafat

Donetsk Botanical Gardens, Nat. Acad. of Sci. of Ukraine

The article gives results on identification and distribution analysis of *Pinus Sylvestris* L. cones which differ by cone shape index (CSI) and trees from Kremensky residual forest subpopulations (Lugansk region) under effect of nitrogen-containing pollutants as well as on basic genetic polymorphism indices in these tree groups. It was revealed that in *Pinus Sylvestris* L. populations, which are situated on Seversky Donets river sandies, trees with cone-shaped and widely cone-shaped cones dominated. In acute pollutants exposure zone trees with narrowly cone-shaped cones were absent while those widely cone-shaped ones prevailed. Phenetic feature of CSI was quite stable and varied during three consecutive years within one class.