

Л.А. Калафат, Т.И. Великоридько, С.Н. Тунда, Г.Е. Фоменко

## ОСОБЕННОСТИ ГЕНОТИПИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. ВО ВЛАЖНЫХ И СУХИХ БОРАХ УКРАИНЫ

сосна обыкновенная, популяция, генотипическая структура, полиморфизм, дифференциация

Сохранение и воспроизводство генофонда ценных лесообразующих пород в Украине связано с необходимостью исследований их генетической изменчивости. Выяснение закономерностей формирования генетической структуры популяций сосны в разных природно-климатических условиях дает возможность целенаправленного отбора популяций и отдельных деревьев, перспективных для последующего регионального лесоразведения применительно к конкретным условиям местообитаний [1]. В последние годы начато активное изучение генетического разнообразия основной лесообразующей породы в Украине — сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [2, 3, 7, 8, 9]. Исследования полиморфизма сосны обыкновенной представляет особый интерес в Украине в связи с тем, что этот вид произрастает в разных лесорастительных условиях: на границе своего ареала на юге, в засушливой степной зоне и в Украинском Полесье, условия которого более благоприятны по гидротермическим показателям. Широкий ареал распространения сосны обыкновенной на Евразийском пространстве связан с огромным запасом генетической изменчивости этого вида [3], а также со способностью формировать адаптированные популяционные структуры в разных эколого-географических зонах [12]. Изучение эволюционно сложившихся генетических структур популяций вида в разных местообитаниях раскрывает возможности познания и управления их адаптационным потенциалом [8].

Целью нашей работы было выяснение при помощи изоферментных генетических маркеров особенностей структуры двух географически удаленных популяций сосны обыкновенной из двух лесорастительных зон Украины, значительно различающихся по гидротермическим показателям.

Для этого были выбраны две популяции сосны обыкновенной во влажном и сухом борах. Пробная площадь Львов-Брюховичи (ЛБ), была заложена в Брюховическом лесничестве (Львовская область), находится в сосняках, относящихся к среднеевропейским лесам с кустарничко-травяным покровом [10]. Этот район относится к Ростоцко-Опольской физико-географической области, входящей в состав Украинского Полесья, характеризуется среднегодовой температурой 7,5 °С и количеством осадков 650 мм, коэффициентом увлажнения — 2,6–2,8 и продолжительностью вегетационного периода 210 дней. Почвы представлены серыми и темно-серыми лесными оподзоленными черноземами. Пробная площадь Изюм-Харьков (ИХ), была заложена в районе г. Изюма (Харьковская область), относится к степной зоне, находится в чистых сосняках на второй боровой террасе р. Северский Донец [10]. Для этого района исследований среднегодовое количество осадков составляет 350–450 мм, коэффициент увлажнения — 0,8–1,2. Годовая сумма температур выше +10 °С в этом районе на 600–1000° больше, чем в Украинском Полесье. Для боровых террас этого района характерны древне-аллювиальные песчаные и супесчаные отложения, обладающие высокой водопроницаемостью и теплопроводностью, с частым летним пересыханием верхних горизонтов.

На пробных площадях для изучения генетического полиморфизма сосны обыкновенной собирали семенной материал не менее чем с 20 деревьев IV и большего класса возраста. Для анализа генетической изменчивости использовали 10 ферментных систем, контролируемых 23 локусами, в том числе 18 полиморфными. Электрофоретический метод анализа этих ферментов описан нами ранее [6]. При анализе уровня генетической изменчивости использовали стандартные методы и показатели, применяемые в популяционно-генетических исследованиях: частота аллелей, индекс фиксации Райта [5]. Сходство генетического состава при сравнении изучаемых пробных площадей оценивали с помощью показателя сходства  $\gamma$  по Л.А.Животовскому, межвыборочная гетерогенность частот аллелей и генотипов оценивалась по критерию  $\chi^2$  [4].

Таблица. Представленность генотипов и аллелей в популяциях сосны обыкновенной в различных лесорастительных условиях Украины

Локус	Количество				Генотипы, представленные в популяциях (частоты)		Аллели, представленные в популяциях (частоты)	
	генотипов		аллелей		ЛБ	ИХ	ЛБ	ИХ
	ЛБ*	ИХ*	ЛБ	ИХ				
Got-1	1	2	1	2	—	1,10/1,00 (0,043)	—	1,10 (0,022)
Got-2	4	4	3	3	1,00/null (0,053)	1,20/1,00 (0,043)	Null (0,026)	1,20 (0,22)
Mdh-3	4	4	4	3	1,15/1,00 (0,050)	0,86/0,86 (0,043)	1,15 (0,025)	—
Me-3	5	5	4	4	1,10/null (0,056)	1,00/0,94 (0,048)	1,10 (0,028)	0,94 (0,024)
Dia-1	3	4	2	4	0,90/0,90 (0,167)	1,15/null (0,043)	—	null (0,022)
Dia-2	1	3	1	3	—	1,15/1,00 (0,043)	—	1,15 (0,043)
					—	1,10/0,90 (0,043)	—	0,90 (0,022)
Dia-4	1	2	1	2	—	1,10/1,00 (0,087)	—	1,10 (0,043)
					—	1,00/0,89 (0,130)	—	0,89 (0,065)
Adh-1	4	4	3	4	1,02/1,02 (0,100)	1,05/1,00 (0,043)	—	1,05 (0,024)
Adh-2	3	2	3	2	1,10/1,00 (0,100)	—	1,10 (0,050)	—
Acp	3	4	—	—	—	0,94/0,94 (0,182)	—	—
Lap-1	5	2	4	2	1,05/1,00 (0,188)	—	1,05 (0,094)	—
					1,00/0,97 (0,125)	—	0,97 (0,062)	—
					0,95/0,95 (0,062)	—	—	—

Сокращение в таблице: ЛБ – Львов-Брюховичи, ИХ – Изкм-Харьков.

По числу генотипов и аллелей полиморфные локусы сравниваемых популяций практически не различались. В популяции ЛБ количество различающихся генотипов было – 34, а количество аллелей – 26, в популяции ИХ – 36 и 29 соответственно (таблица). Генотипов, представленных только в популяции ЛБ, насчитывалось 9, а в популяции ИХ – 11. Эти генотипы, обнаруженные только в одной популяции сосны обыкновенной, относятся к редким. Аллелей, представленных только в популяции ЛБ – 6, а только в популяции ИХ – 9.

Индекс фиксации Райта ( $f$ ) указывал на избыток гетерозигот в обеих популяциях ( $f < 0$ ) по восьми локусам, а на недостаток ( $f > 0$ ) – по двум локусам. По семи локусам (Got-1, Got-3, Me-3, Dia-1, Dia-2, Dia-4 и Adh-1) выявлен недостаток гетерозигот в популяции ЛБ и избыток по этим же локусам – в популяции ИХ, а по локусу Acp – наоборот. В среднем по 23 локусам избыток гетерозигот отмечен в обеих популяциях и составил 1,3% – в популяции ЛБ и 3,6% – в популяции ИХ. Этот дополнительный анализ генетической изменчивости сравниваемых популяций показывает, что уровень аллозимной изменчивости популяции на границе ареала степной зоны был несколько выше, чем в популяции Украинского Полесья, что подтверждает исследования, проводимые нами ранее [2].

Показатель сходства генетического состава ( $r$ ) между двумя популяциями равен 0,938, минимальное значение установлено для локуса Lap-1 – 0,785. Достоверные различия выявлены для четырех локусов (Dia-1, Dia-4, Adh-1, Acp) по 5% критерию, по двум локусам (Lap-1, Gdh) по 1% критерию. Достоверная гетерогенность между популяциями по частотам аллелей не установлена, а по частотам генотипов выявлена только по одному локусу (Me-2) из 18 полиморфных локусов.

Полученные данные подтверждают, что большая изменчивость в маргинальной популяции может быть связана с более жесткими условиями существования, которые способствуют отбору гетерозигот. Это увеличивает адаптивный потенциал популяции за счет высокого генетического разнообразия, что характеризуется большим аллельным полиморфизмом, связанным с большей долей редких аллелей [8, 10]. Данные других авторов также свидетельствуют о значительном влиянии экологических условий на степень генетического разнообразия популяций сосны обыкновенной [13, 14].

Таким образом, определенные генотипические различия популяций сосны обыкновенной в степной зоне и Украинском Полесье могут обуславливаться существенными различиями в эколого-ценотических условиях данных местообитаний, однако невысокая степень этих различий между географически удаленными популяциями еще раз подтверждает высокую экологическую пластичность изучаемого вида, которая не способствует выраженной дифференциации популяций.

- 1 Алтухов Ю.П., Гафаров Н.Н., Крутовский К.В., Духарев В.А. Аллозимный полиморфизм в природной популяции ели европейской *Picea abies* (L.) Karst. Сообщение I. Системы полиморфизма и механизмы их генного контроля // Генетика. – 1986. – 22, № 8. – С. 2135–2151.
- 2 Бутильська Л.О. Популяційно-генетичне вивчення *Pinus sylvestris* L. західного та південно-східного регіонів України // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 3. – С. 291–294.
- 3 Гончаренко Г.Г., Силин А.Е., Падуров В.Е. Исследование генетической структуры и уровня дифференциации у *Pinus sylvestris* L. в центральных и крайних популяциях Восточной Европы и Сибири // Генетика. – 1993. – 29, № 12. – С. 2019–2037.
- 4 Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общ. биол. – 1979. – 40, № 4. – С. 587–602.
- 5 Животовский Л.А. Популяционная биометрия. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
- 6 Калафат Л.А. Нарушение сегрегации аллелей полиморфных локусов у сосны обыкновенной в лесонасаждениях Украины. // Интродукция и акклиматизация растений. – 1998. – Вып. 30. – С.179–183.
- 7 Коршиков И.И., Духарев В.А., Котова А.А. и др. Аллозимный полиморфизм локусов GOT, GDH и SOD у сосны обыкновенной в условиях техногенно загрязненной среды // Цитология и генетика. – 1991. – 25, № 6. – С. 60–64.
- 8 Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. – Киев: Наук. думка, 1996. – 238 с.
- 9 Коршиков И.И., Великоридько Т.И., Фоменко Г.Е., Скидан Е.М. Влияние промышленных эмиссий на сосну обыкновенную на юго-востоке Украины // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку. Матер. третьої міжнар. конференції, 3–5 вересня 1998 р. – Донецьк, 1998. – С. 258–263.
- 10 Крутовский К.В., Политов Д.В., Алтухов Ю.П., Милотин Л.И., Кузнецова Г.В., Ирашников А.И., Воробьев Н.А. Генетическая изменчивость сибирской кедровой сосны *Pinus sibirica* Du Tour. Сообщение IV. Генетическое разнообразие и степень генетической дифференциации между популяциями // Генетика. – 1989. – 25, № 11. – С. 2009–2032.
- 11 Мякушко В.К. Сосновые леса равнинной части УССР. – Киев: Наук. думка, 1978. – 256 с.
- 12 Правдин Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. – М.: Наука, 1964. – 190 с.
- 13 Шигапов З.Х., Бахтиярова Р.М., Янбаев Ю.А. Генетическая изменчивость и дифференциация природных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Генетика. – 1995. – 31, № 10. – С. 1386–1393.
- 14 Prus-Glowacki W., Nowak-Bzowy R. Genetic structure of a naturally regenerating Scots pine population tolerant for high pollution neare zine smelter // Water, Air and Soil. Pollut. – 1992. – 62, № 3–4. – P. 249–259.

ЛЕС НАН України

Получено 18.02.2000

УДК 575.5:634.946:581.13(477.60)

Особенности генотипической структуры *Pinus sylvestris* L. во влажных и сухих борах Украины / Л.А.Калафат, Т.И.Великоридько, С.Н.Тунда, Г.Е.Фоменко // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 64–66.

Выявлены особенности генотипической структуры двух географически удаленных (Украинское Полесье и степная зона) популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих в разных лесорастительных условиях Украины, с использованием 18 полиморфных изоферментных локусов. Только в одном локусе установлена достоверная гетерогенность по частотам генотипов. Выявлено большее аллельное разнообразие популяции в степной зоне по сравнению с популяцией в Украинском Полесье, но не обнаружено их выраженной генетической дифференциации.

Табл. 1. Библиогр.: 14.

Peculiarities of *Pinus sylvestris* L. genotypic structure in humid and dry pine forests of Ukraine / L.A.Kalafat, T.I.Velikoridko, S.A.Tunda, G.E.Fhomenko // Industrial botany. – 2001. – V. 1. – P. 64–66.

Peculiarities of genotypic structure of two geographically remote (Ukrainian Polessiye and the steppe zone) populations of *Pinus sylvestris* L., grown in different forest conditions of Ukraine, have been revealed using 18 polymorphic isozymous loci. Only in one locus the authentic heterogeneity by genotypes frequencies has been detected. The bigger allele diversity has been revealed in the population of the steppe zone, than in the one from Ukrainian Polessiye, but strongly pronounced differentiation has not been found.