PROMISING MEDICINAL PLANTS INTRODUCED INTO THE MIDDLE URALS

Key words: medicinal plants; plant introduction; Middle Urals.

Authors' personal details

Evgeniya Vasfilova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Herbaceous Plant Introduction Laboratory, Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620144, Yekaterinburg, 8 Marta st., 202A, e-mail: euvas@mail.ru.

Increasing the raw material base and expanding the range of cultivated medicinal plants for obtaining medicinal raw materials with an array of pharmacological effects is critical for the Ural region. The study aimed to analyse some medicinal plants' introduction into the Botanical garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg) in terms of their prospects for growth in the Middle Urals. The following six indicators were used to establish the species' introduction potential: seed propagation and self-seeding; natural vegetative reproduction; plant development capacity (the plant height, size of shoots and leaves); resistance to pests and diseases; winter hardiness; life extent under introduction. The analysis showed a high potential for the cultivation of the following medicinal plants in the region: Chamisso arnica (*Arnica chamissonis* Less.), densely flowered mullein (*Verbascum densiflorum* Bertol.), Maral root (*Rhaponticum*

carthamoides (Willd.) Iljin), Greek valerian (*Polemonium caeruleum* L.). The plants are used as a raw material for the preparation of various dosage forms; for example, the Maral root is also used to produce soft drinks. The species demonstrate stable fruitification. Densely flowered mullein and Greek valerian show abundant self-seeding, Chamisso arnica has useful vegetative reproduction features. The plants are winter hardy, resistant to pests and diseases, and accumulate substantial phytomass. Cultivation of unofficial plants such as *Bupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm., flea thyme (*Thymus pulegioides* L.) is also of interest. The aboveground part of these plants can be used for infusions and biologically active additives. The thyme flea can also be used in the food industry and flower growing. The species are reported promising for cultivation in the local environmental conditions.

© Васфилова Е.С.

УДК 577.21+582.632.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-32-36

Б. Деген, Ю. А. Янбаев, Р.Ю. Янбаев, С.Ю. Бахтина, А.А. Габитова, А.А. Тагирова

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Ключевые слова: дуб черешчатый; рефугиум; популяция; генетическая изменчивость.

Введение. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) относится к древесным растениям, наиболее важным в экономическом и экологическом отношениях. В условиях России состояние его насаждений в последние столетия существенно ухудшилось из-за неблагоприятных климатических факторов, сельскохозяйственного освоения лесной и лесостепной зон [2], нерациональных вырубок, энтомологических и фитопатологических причин [1]. Для выявления генетических последствий этого процесса актуальной и практически важной научной задачей

является изучение генофонда популяций и выявление уровня их генетической изменчивости, определяющего потенциал для адаптации и выживаемости вида в целом [6]. Быстрое развитие молекулярно-генетических методов и особенно появление технологий секвенирования ДНК нового поколения [11] позволяют осуществлять эту работу на принципиально новом уровне. Недавно для исследования дуба черешчатого по всему ареалу вида был разработан новый набор локусов однонуклеотидных полиморфизмов [7], который применен в настоящем исследовании.

Геоботанические и палеографические данные [1–5] доказывают, что в российской части ареала внутри- и межпопуляционное генетическое разнообразие дуба черешчатого может определяться множественностью и разновозрастностью рефугиумов, в которых вид сохранился в периоды климатических похолоданий. В таких ледниковых убежищах географическая изоляция фрагментов ареала, существенное сокращение численности и плотности популяций могут привести к обеднению генофонда [9], в разной степени выраженному в отдельных рефугиумах. Впоследствии при расширении ареала из-за потепления климата различия популяций разного происхождения в уровне генетического разнообразия могут быть нивелированы, в том числе из-за смыкания ранее разрозненных фрагментов и благодаря эффективности генетически реализованного потока пыльцы на данные состояния [8, 13, 14]. Однако в России этот сценарий для дуба черешчатого до сих пор не верифицирован с применением современных молекулярно-генетических маркеров.

Целью данной работы является сравнение генетической изменчивости популяций дуба черешчатого разного происхождения с применением набора 95 локусов однонуклеотидных полиморфизмов [7]. Задачами исследования служили определение гетерозиготности и коэффициента инбридинга насаждений, которые могли распространиться в голоцене из разных рефугиумов европейской части России.

Материал и методы. Исследованные выборки дуба черешчатого подразделены на 3 группы. Они представляют дубравы, распространившиеся из разных рефугиумов позднего плейстоцена и голоцена [1–5], в том числе расположенных на южной окраине Среднерусской возвышенности и Донецкого кряжа (примерами являются выборки из Орловской, Воронежской, Липецкой и Пензенской областей), на Общем Сырте и Южном Урале (выборки из Республики Башкортостан, Удмуртской Республики, Республики Марий Эл, Оренбургской области) и на юге Приволжской возвышенности (выборки из Волгоградской и Самарской областей).

Методика молекулярно-генетического анализа была детально представлена ранее [6]. В настоящей работе использованы 95 локусов однонуклеотидных полиморфизмов, разработанных нами [7] с применением технологии секвенирования ДНК нового поколения [12]. Каждую выборку представляют по 10 деревьев репродуктивного возраста, отобранных в древостоях на расстоянии не менее 50 км для предотвращения влияния на результаты исследований семейной кластеризации. Статистический анализ полу-

ченных результатов проведен с применением одних из наиболее информативных показателей генетической изменчивости популяций [10] – наблюдаемой (H_O) и ожидаемой (H_E) гетерозиготности. Определен индекс фиксации или коэфффициент инбридинга F_{IS} [12]. Вычисления осуществлялись с использованием программы GDA_NT (Б. Деген, неопубл.).

Результаты исследования. Вычисленные величины параметров H_O , H_E и F_{IS} для отдельных популяций приведены в таблице 1. В среднем для 12 выборок наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность составили значения $0,272 + 0,004$ и $0,253 + 0,005$ соответственно. Из-за того, что распределение гетерозиготности отличалось от биномиального, нами также определены медианы. Установлено, что они ($0,278$ и $0,256$ для H_O и H_E соответственно) близки к средним величинам гетерозиготности, различия статистически недостоверны. Анализ данных таблицы 1 показывает, что гетерозиготность каждой популяции сравнительно близка к значениям H_O и H_E , средним для всех 12 изученных популяций. По этой причине коэффициент вариации составил относительно небольшие величины ($5,4$ и $6,3$ % для H_O и H_E соответственно). В подавляющем большинстве выборок (в 11 из 12) выявлен отрицательный коэффициент инбридинга, что может свидетельствовать об отсутствии дефицита гетерозиготных особей, возникшем из-за родственного скрещивания. Лишь в выборке Писч получено положительное, но близкое к нулю значение параметра F_{IS} .

Те же данные показаны в таблице 2 с разделением на группы популяций, происхождение которых связывается с разными рефугиумами дуба черешчатого, выделенными на основе геоботанических и палеографических исследований [1–5]. Средние значения показателей H_O и H_E в них очень близки и статистически недостоверны. Разброс показателей гетерозиготности в пределах группы II несколько больше (но статистически недостоверно), чем в двух других, что подтверждается коэффициентами вариации. Во всех группах ожидаемая гетерозиготность выше, чем наблюдаемая, из-за чего значения коэффициента инбридинга отрицательны. Величины средней гетерозиготности близки к медианам.

На варианте с подзимним посевом в первой половине вегетации (всходы – кущение) произошло заметное снижение ЧПФ, тогда как на варианте с весенним сроком линия стабильно стремится вверх. Среднее значение ЧПФ на контрольном варианте составило $7,6 \text{ г/м}^2$ в сутки, на 23 % превысив показатель опытного варианта. Однако более высокая урожайность зерна была получена при подзимнем посеве. Это говорит о

том, что рост урожайности на опытном варианте происходил за счёт увеличения фотосинтетиче-

ского потенциала в результате удлинения вегетационного периода.

Таблица 1 Гетерозиготность и индекс фиксации в выборках дуба черешчатого

Выборка	Гетерозиготность		Индекс фиксации (Fis)
	наблюдаемая (H _o)	ожидаемая (H _e)	
Boguchar ¹	0,260	0,245	-0,039
Orel ²	0,291	0,272	-0,067
Lipetsk ³	0,281	0,262	-0,063
Penza ⁴	0,277	0,256	-0,065
Ilisch ⁵	0,246	0,247	0,006
Udm 2 ⁶	0,262	0,256	-0,028
Mar ⁷	0,253	0,228	-0,096
Orenburg 1 ⁸	0,284	0,259	-0,076
Kamyshin ⁹	0,279	0,272	-0,027
Volgograd ⁹	0,281	0,253	-0,101
Samara 2 ¹⁰	0,289	0,262	-0,085
Tolyatti ¹⁰	0,264	0,219	-0,166

¹Воронежская, ²Орловская, ³Липецкая и ⁴Пензенская области (группа I);

⁵Республика Башкортостан, ⁶Удмуртская Республика, ⁷Республика Марий Эл и ⁸Оренбургская область (группа II);

⁹Волгоградская и ¹⁰Самарская области (группа III).

Таблица 2 Статистические показатели гетерозиготности в группах популяций дуба черешчатого

Группа выборок	В среднем	Медиана	Пределы изменения	Коэффициент вариации
Наблюдаемая гетерозиготность				
I	0,277 ± 0,006	0,279	0,260–0,291	4,7
II	0,261 ± 0,008	0,257	0,246–0,284	6,3
III	0,278 ± 0,005	0,280	0,264–0,289	3,8
Ожидаемая гетерозиготность				
I	0,259 ± 0,006	0,259	0,245–0,272	4,4
II	0,248 ± 0,007	0,251	0,228–0,259	5,6
III	0,251 ± 0,012	0,257	0,219–0,272	3,8

В настоящее время неизвестно, насколько существенно сузился генофонд популяций дуба черешчатого в период его отступления в ледниковые убежища в ходе географической изоляции рефугиумов, снижения численности и плотности популяций, действия дрейфа генов в рефугиумах [9]. Выявленный нами феномен близости генетической изменчивости в группах популяций разного происхождения позволяет ответить на этот вопрос отрицательно. В то же время существует другое его объяснение: в результате встречи волн миграции в голоцене из разных ледниковых убежищ могло произойти «смешение» генофондов, что также может обу-

словить выявленное нами относительное сходство уровней генетической изменчивости современных популяций.

Выводы. Сходство генетической изменчивости популяций дуба черешчатого разного происхождения свидетельствует о том, что наблюдающееся в настоящее время ухудшение состояния дубрав, по-разному выраженное в регионах России, еще не привело к деградации генофонда популяций и снижению их генетической изменчивости.

Исследование проведено за счет гранта Российского научного фонда № 19-16-00084.

Библиографический список

1. Бугаев, В.А. Дубравы лесостепи [Текст] / В.А. Бугаев, А.Л. Мусиевский, В.В. Царалунга. Воронеж, 2013. 217 с.
2. Кожаринов, А.В. Распространение дубовых лесов на территории Восточной Европы за последние 13 тысяч лет [Текст] / А.В. Кожаринов, П.В. Борисов // Лесоведение. 2012. № 5. С. 22–28.
3. Нейштадт, М.И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене [Текст] / М.И. Нейштадт. М.: АН СССР, 1957. 403 с.

4. Семериков, Л.Ф. Популяционная структура древесных растений (на примере дуба Европейской части СССР и Кавказа) [Текст] / Л.Ф. Семериков. М.: Наука, 1986. 140 с.
5. Смирнова, О.В. Формирование и развитие восточноевропейских лесов в голоцене [Текст] / О.В. Смирнова, С.А. Турубанова // Самарская Лука. 2002. № 12. С. 5–19.
6. Янбаев, Ю.А. Полиморфизм локусов SNP в российских популяциях дуба черешчатого [Текст] / Ю.А. Янбаев, С.Ю. Бахтина,

Р.Ю. Янбаев, Б. Деген, А.А. Габитова, А.А. Тагирова // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 51–55.

7. Blanc-Jolivet C., Bakhtina S., Yanbaev R. et al. Development of new SNPs loci on *Quercus robur* and *Quercus petraea* for genetic studies covering the whole species' distribution range. Conservation Genetics Resources. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12686-020-01141-z>.

8. Bushbom J., Yanbaev Y., Degen B. Efficient long-distance gene flow into an isolated relict oak stand. Journal of Heredity. 2011. V. 102 (4). P. 464–472.

9. Hewitt G.M. Some genetic consequences of ice ages and their role in divergence and speciation. Biol. J. Linn. Soc. 1996. V. 58. P. 247–276.

10. Nei M. Molecular Evolutionary Genetics. Columbia University Press. 1987. 512 p.

11. Peterson B.K., Weber J.N., Kay E.H. et al. Double Digest RADseq: An inexpensive method for

de novo SNP discovery and genotyping in model and non-model species. Plos One. 2012. V. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037135>.

12. Weir B.S., Cockerham C.C. Estimating F-statistic for the analysis of population structure. J. Evolution. 1984. Vol. 38. P. 1358–1370.

13. Мартынова, М.В. Влияние сезона рубки на формирование высокопродуктивных липовых насаждений [Текст] / М.В. Мартынова, Р.Р. Султанова, С.В. Мартынова // Современная наука – агропромышленному производству. Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 135-летию первого среднего учебного заведения Зауралья – Александровского реального училища и 55-летию ГАУ Северного Зауралья. 2014. С. 45–48.

14. Султанова, Р.Р. Формирование нектарных липняков [Текст] / Р.Р. Султанова, Р.М. Муштафин, К.М. Габдрахимов. Уфа, 2001. 72 с.

Сведения об авторах

1. **Деген Бернд**, доктор наук, профессор, директор Института лесной генетики Института фон Тюнен, Германия, г. Гроссгансдорф, Сикер Ландштрассе-2, e-mail: Bernd.Degen@thuenen.de.

2. **Янбаев Юлай Аглямич**, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории генетических ресурсов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Yanbaev_ua@mail.ru.

3. **Янбаев Руслан Юлаевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетических ресурсов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Ruslan.Yanbaev@list.ru.

4. **Бахтина Светлана Юрьевна**, инженер лаборатории генетических ресурсов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Svetlana.Bakhtina@inbox.ru.

5. **Габитова Айгуль Айдаровна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: abigabi@yandex.ru.

6. **Тагирова Альбина Алековна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО Башкирский государственный университет, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, e-mail: albom@inbox.ru.

Приведены результаты сравнительного анализа генетической изменчивости 95 локусов однонуклеотидных полиморфизмов в 12 выборках дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) российской части ареала вида. Популяции, происхождение которых, возможно, – из ледниковых рефугиумов на юге Среднерусской возвышенности и Донецкого кряжа, Приволжской возвышенности, Общего

сырта и Южного Урала, обладают сравнительно близкими значениями наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности (изменения в пределах $H_o = 0,246 \dots 0,291$ и $H_e = 0,219 \dots 0,272$ соответственно). Значения коэффициента инбридинга варьируются от $F_{IS} = -0,166$ до $F_{IS} = +0,006$. Полученные результаты обсуждаются в связи с историей расселения вида в европейской части России.

B. Degen, Yu. Yanbaev, R. Yanbaev, S. Bakhtina, A. Gabitova, A. Tagirova

GENETIC VARIATION OF THE PEDUNCULATE OAK IN NATURAL POPULATIONS OF DIFFERENT ORIGIN

Key words: *pedunculate oak; refugium; population; genetic variation.*

Authors' personal details

1. **Bernd Degen**, Doctor of Science, Professor, Director of the Thuenen institute of forest genetics, Germany, Grosshansdorf, Sieker Landstrasse-2, e-mail: Bernd.Degen@thuenen.de.

2. **Yulai Yanbaev**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Genetic Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, e-mail: Yanbaev_ua@mail.ru.

3. **Ruslan Yanbaev**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Genetic Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, e-mail: Ruslan.Yanbaev@list.ru.

4. **Svetlana Bakhtina**, engineer of the Laboratory of Genetic Resources, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya Str., 34, e-mail: Svetlana.Bakhtina@inbox.ru.

5. **Aygul Gabitova**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of ecology and life safety, Bashkir State University, Ufa, Zaki Validi Str., 32, e-mail: abigabi@yandex.ru.

6. **Albina Tagirova**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of ecology and life safety, Bashkir State University, Ufa, Zaki Validi Str., 32, e-mail: albom@inbox.ru.

The study compared the genetic variation of 95 loci of single-nucleotide polymorphisms in 12 samples of the pedunculate oak (*Quercus robur* L.) found within the species' distribution range of Russia. Populations that may originate from glacial refugia in the South of the Central Russian upland and the Donets Ridge, the Volga upland, the Obshchy Syrt, and the

Southern Urals have relatively similar values of the observed and expected heterozygosity (variations range within $H_o = 0,246-0,291$ and $H_E = 0,219-0,272$, respectively). The inbreeding coefficient ranges from $F_{IS} = -0,166$ to $F_{IS} = +0,006$. The obtained results are discussed in connection with the history of the species' distribution in European part of Russia.

© Деген Б., Янбаев Ю. А., Янбаев Р.Ю., Бахтина С.Ю., Габитова А.А., Тагирова А.А.

УДК 633.854.434

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-56-4-36-40

Д.Р. Исламгулов, Г.Г. Бикбаева

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНОПЛЕВОДСТВА

Ключевые слова: конопля посевная; коноплеводство; посевная площадь; волокно; масло; ко-стра; жмых.

Введение. Отрасль коноплеводства с давних времен относилась к числу одной из ведущих отраслей аграрного сектора многих регионов Центральной России. В плане производства органического вещества на единицу посевной площади конопля лидирует наряду с другими пропашными культурами. До недавнего времени конопля занимала площади до 900 тыс. га [1].

На производственные посевы до 1960-х годов выделялся почти миллион гектаров, в то время как экспорт пеньки и конопляного масла входил в перечень важнейших статей валютных доходов государства [2].

До 1990 г. под коноплю выделялось около 10 % сельскохозяйственных площадей, что давало прибыль до 50 %. По данным ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», доходы с 1 га конопли составляют 250–380 тыс. руб., в то время как доход с 1 га пшеницы (при урожайности 50 ц/га) достигает 50–70 тыс. руб. Промышленным производством технической культуры занимались колхозы и совхозы, в том числе на юге России. В целом же

на территории страны действовали 90 пенькозаводов, а посевные площади конопли составляли 1 млн га [2].

Цель исследований данной работы заключалась в оценке состояния отрасли коноплеводства, а также перспектив ее развития с помощью государственных программ поддержки.

Результаты исследования. Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) – однолетнее двудомное травянистое растение. Всходы имеют две зеленых семядоли и пару слабо развитых зеленых листочков. Мясистые семядольные листья наполнены запасами питательных веществ, за счет которых первое время живет и питается молодое растение. Различают двустороннее направление возделывания конопли: семенное и прядильное (зеленцовое) [3]. Из конопли можно изготовить до 25 тысяч видов продукции. При двусторонней культуре получают урожай волокна и семян; при семенном направлении – главным образом семена; при прядильном направлении, дающим большую массу стеблей (зеленца), преследуют цель получить только волокно [4].