

УДК 575.123:634.956.2

И. И. КОРШИКОВ*

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ
В СЕМЕНОВОДСТВЕ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Проведен сравнительный анализ генетической изменчивости растений и зародышей их семян в природных популяциях и насаждениях *Pinus sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* и *Abies alba* с использованием 10 полиморфных аллозимных локусов. Показано, что наблюдаемая гетерозиготность зародышей составила 50,3–76,7 % от таковой материнских растений. У зародышей семян исследуемых видов обнаружен значительный избыток гомозигот. В популяциях имеются растения, гетерозиготность которых близка к гетерозиготности зародышей. Такие деревья, отличающиеся высокими биометрическими показателями, в первую очередь необходимо использовать при создании постоянной лесосеменной базы видов древесных растений.

К л ю ч е в ы е с л о в а : хвойные породы, зародыши семян, генетический полиморфизм, семеноводство.

Вступление. Более полувека назад наука и практика пришли к заключению, что в лесном селекционном семеноводстве актуальна проблема сохранения генетического разнообразия при создании объектов постоянной лесосеменной базы [18]. Искусственный направленный отбор, как, например, при плюсовой селекции, которую считают основным современным методом улучшения древесных пород [10], связан с потерей генетической изменчивости, свойственной природным популяциям [3, 21]. Мнение о плюсовой селекции неоднозначно. Возможно, это связано с тем, что большинство испытательных культур закладывалось в 80-е годы XX века часто без использования популяционно-генетических подходов, которые в то время активно разрабатывались. Сейчас уже очевидно, что создание устойчивых насаждений возможно в том случае, когда они не уступают либо превосходят по уровню генетического разнообразия исходные естественные популяции [7, 9, 17, 24]. По этой причине эффективное выполнение селекционных программ и анализ объектов лесосеменной базы невозможны без генетического обеспечения. Например, в Беларуси с 2006 г. начата планомерная работа по генетической инвентаризации лесосеменных и архивно-маточных плантаций, где заготавливаются черенки плюсовых деревьев с использованием методов изоферментного и ДНК-анализа [4].

В анализе генетической изменчивости популяций и насаждений растений используют два основных показателя – аллельное разнообразие и уровень гетерозиготности. Гетерозиготность живых организмов – один из основных критериев их генетической изменчивости. Для оценки здоровья популяции гетерозиготность как совокупный молекулярный маркер наиболее подходит, так как отражает соотношение гомо- и гетерозигот [3]. Это соотношение очень важно для лесного семеноводства, так как в природных популяциях, например хвойных, гетерозиготность взрослых деревьев часто выше, чем у зародышей [2, 19, 20]. Это связано с тем, что большинство хвойных имеют смешанную систему скрещивания с преобладанием перекрестного опыления и определенной долей самоопыления. В нативных популяциях хвойных с ненарушенной структурой доля самоопыления, как правило, не превышает 10 %, хотя так бывает далеко не всегда [2, 22]. В результате самоопыления, а также в локалитетах популяции с семейной структурой образуются семена с высокой долей инбридинга. Потомство с высокой долей гомозиготных генотипов уступает по жизненным потенциям и продуктивности потомству, полученному от перекрестного опыления с большим количеством гетерозиготных генотипов [5].

Цель нашей работы – выяснить отличия в гетерозиготности материнских деревьев и зародышей их семян в природных популяциях и насаждениях четырех видов хвойных.

Материалы и методы. Объектами исследований служили три популяции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Кременецком холмогорье и Малом Полесье (Суражская

* © И. И. Коршиков, 2014

Дача, Заречье, Бор). Возраст растений составил 130–140 лет. В этом же районе были изучены три насаждения *P. sylvestris* (гора Божа, гора Замкова, Белокриницкое лесничество). Возраст растений – 12–40 лет, семена были собраны в один год. В Украинских Карпатах в один год были исследованы 4 популяции пихты белой (*Abies alba* Mill.) (Самборская, Бредулецкая, Говерлянская, Делятинская), возраст деревьев – 100–180 лет. В Крыму в районе пгт Никита изучена популяция сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don), возраст деревьев – около 80 лет, использовали семена двух смежных лет. В Донецкой области объектом исследований была популяция сосны меловой (*Pinus sylvestris* L. var. *cretacea* Kalenicz. ex Kom.) с возрастом деревьев 40–80 лет. Детальное описание местонахождения этих популяций приведено в ранее опубликованных работах [2, 7, 8, 22]. Шишки собирали с каждого дерева отдельно для последующего определения материнского генотипа и зародышей семян. Количество исследованных деревьев и зародышей их семян приведено в табл. 1.

Таблица 1

Значения основных показателей генетического полиморфизма случайных выборок растений и зародышей их семян у четырех видов хвойных Украины

Вид, происхождение древостоев	Деревья, зародыши	Объем выборки, шт.	Доля полиморфных локусов P_{99}	Среднее число аллелей на локус	Средняя гетерозиготность		Индекс фиксации Райта F
					ожидаемая H_E	наблюдаемая H_O	
<i>Pinus sylvestris</i> , природные популяции	деревья	154	0,900	2,800	$0,277 \pm 0,010$	$0,288 \pm 0,011$	-0,040
	зародыши	1075	0,900	2,700	$0,271 \pm 0,004$	$0,169 \pm 0,003$	0,376
<i>P. sylvestris</i> , насаждения	деревья	55	1,000	2,400	$0,330 \pm 0,019$	$0,358 \pm 0,018$	-0,085
	зародыши	385	1,000	2,400	$0,339 \pm 0,007$	$0,180 \pm 0,006$	0,469
<i>P. pallasiana</i> , природная популяция	деревья	21	0,800	2,200	$0,192 \pm 0,024$	$0,176 \pm 0,023$	0,084
	зародыши	168	0,600	2,300	$0,165 \pm 0,008$	$0,135 \pm 0,007$	0,182
<i>P. sylvestris</i> var. <i>cretacea</i> , природная популяция	деревья	29	0,900	2,800	$0,318 \pm 0,025$	$0,307 \pm 0,025$	0,034
	зародыши	267	0,900	3,000	$0,309 \pm 0,009$	$0,202 \pm 0,008$	0,346
<i>Abies alba</i> , природные популяции	деревья	146	0,847	2,691	$0,284 \pm 0,010$	$0,274 \pm 0,010$	0,035
	зародыши	725	0,828	2,810	$0,280 \pm 0,005$	$0,190 \pm 0,004$	0,321

Молекулярно-генетическими маркерами для растений и зародышей семян у *P. sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* были изоферменты шести ферментных систем: лейцинаминопептидазы (LAP, К.Ф. 3.4.11.1), кислой фосфатазы (ACP, К.Ф. 3.1.3.2), глутаматдегидрогеназы (GDH, К.Ф. 1.4.1.2), глутаматоксалоацетаттрансаминазы (GOT, К.Ф. 2.6.1.1), малатдегидрогеназы (MDH, К.Ф. 1.1.1.37), супероксиддисмутазы (SOD, К.Ф. 1.15.1.1). Для *A. alba* использовали изоферменты GOT, ACP, алкогольдегидрогеназы (ADH, К.Ф. 1.1.1.1.) и эстеразы (EST, К.Ф. 3.1.1.1). Электрофоретическое разделение ферментов, экстрагируемых отдельно из мегагаметофитов и зародышей 5–8 семян каждого растения, проводили параллельно в вертикальных пластинках 7,5 %-ного полиакриламидного геля [2, 22]. В результате этого удалось идентифицировать аллели 10 изоферментных локусов для каждого исследуемого вида. Статистическую обработку популяционно-генетических показателей проводили по программе BIOSYS-1 [25].

Результаты и обсуждение. В трех природных популяциях *P. sylvestris* средняя наблюдаемая (H_O) гетерозиготность зародышей составила 54,5–65,4 % гетерозиготности материнских растений. При этом в двух популяциях отмечен избыток гетерозигот в 3–11 %,

а в третьей – незначительный их дефицит в 2,2 %. В популяционных выборках зародышей дефицит гетерозигот был значительным – 35,3–41,3 %. Сходное распределение гомо- и гетерозиготных генотипов отмечено и в трех искусственных насаждениях *P. sylvestris*. Гетерозиготность зародышей равнялась 38,8–59,3 % гетерозиготности материнских растений. Для выборок деревьев выявлен избыток гетерозигот в 14–19 %, а в одном насаждении их недостаток в 4,4 %. У зародышей был значительный дефицит гетерозигот в 35,2–55,3 %.

Подобные соотношения в гетерозиготности растений и зародышей семян установлены для четырех популяций *A. alba*. Средняя популяционная гетерозиготность зародышей составляла 54,2–76,8 % гетерозиготности материнских деревьев. Две популяции имели небольшой избыток гетерозигот в 1,1–5,9 %, а две – их недостаток в 1,2–3,4 %. Зародыши семян характеризовались во всех четырех популяциях значительным недостатком гетерозигот в 25,6–35,2 %.

По доле полиморфных локусов в общих выборках деревьев и зародышей семян виды мало отличались, исключая *P. pallasiana* (табл. 1). В целом у исследуемых видов по анализируемым 10 изоферментным локусам выявлен высокий уровень изменчивости: у деревьев 90–100 %, а у зародышей 60–100 % локусов полиморфны. Мало отличались деревья и зародыши по такому показателю, как среднее число аллелей на локус.

У трех видов – *A. alba*, *P. pallasiana* и *P. sylvestris* var. *cretacea* количество аллелей у зародышей было больше, чем у растений. Это связано с заметно большим (5–9 раз) объемом анализируемой выборки зародышей и эффектом отцовской пыльцы, приносящей аллели, которые редко представлены во взрослой части популяции. По главному показателю – средней наблюдаемой гетерозиготности – зародыши явно уступали растениям. У зародышей семян искусственных насаждений *P. sylvestris* она составляла 50,3 %, популяций – 58,7 % гетерозиготности материнских растений. По остальным видам это соотношение было таким: *P. sylvestris* var. *cretacea* – 65,8 %, *P. pallasiana* – 76,7 %, *A. alba* – 69,3 %. У одних и тех же растений *P. pallasiana* исследования гетерозиготности семян проводили и в урожае последующего года, и она оказалась более низкой – 61,9 %. Это говорит о том, что генетические характеристики семян лесных древесных растений зависят от пыльцевого режима, на который реально влияют погодные условия (ветер, влажность, температура), скорее всего, в период опыления семян.

Пониженная наблюдаемая гетерозиготность зародышей семян в сравнении с ожидаемой и высокие положительные значения индекса фиксации Райта говорят, что в совокупном урожае всех четырех видов увеличивается доля гомозиготных инбредных генотипов. Такие генотипы в природных популяциях отсекаются естественным отбором, о чем свидетельствует заметно более высокая гетерозиготность растений во взрослой части популяции. Элиминация гомозиготных генотипов происходит на ранних стадиях онтогенеза. Так, например, у 1,5-летних сеянцев *P. sylvestris* уровень гетерозиготности был близок к материнским растениям [23].

В мультилокусных генотипах 154 деревьев *P. sylvestris* природных популяций количество гетерозиготных локусов варьировало от 1 до 6. По этому показателю растения были объединены в шесть отдельных групп, и для каждой из них выяснена средняя гетерозиготность зародышей (табл. 2). За исключением группы деревьев с одним гетерозиготным локусом, во всех остальных пяти группах гетерозиготность зародышей была меньше, чем у материнских растений. Дефицит гетерозигот у зародышей этих шести групп варьировал от 31,1 до 40,8 %. Наибольшее снижение гетерозиготности зародышей установлено для высокогетерозиготных деревьев (5–6 локусов), оно составляло 60,4–62,3 %. У среднегетерозиготных растений (3–4 локуса) этот показатель был 37,7–54,2 %. Зародыши каждой из шести групп деревьев *P. sylvestris* имели заметно меньшую гетерозиготность (на 21,5–52,1 %) по сравнению со средней для всех растений. Однако в этих группах есть

деревья, гетерозиготность зародышей которых близка к средней для всей совокупности растений. Такие деревья перспективны для селекционного отбора.

Таблица 2

Распределение количества зародышей и их средней гетерозиготности в зависимости от количества полиморфных локусов у материнских растений объединенной выборки из реликтовых популяций *Pinus sylvestris* L. Кременецкого холмогорья и Малого Полесья

гетерозиготных локусов у материнских деревьев	материнских деревьев	Количество							зародышей (общее)	Средняя гетерозиготность выборок зародышей		Значение коэффициента инбридинга F_{IS}
		гетерозиготных локусов (0–5) у зародышей и их выборочное число						наблюдаемая H_O		ожидаемая H_E		
		0	1	2	3	4	5					
1 (0,100)	29	39	74	62	17	5	1	198	0,138 ± 0,022	0,212 ± 0,023	0,349	
2 (0,200)	35	56	79	67	35	6	1	244	0,142 ± 0,022	0,240 ± 0,023	0,408	
3 (0,300)	39	32	77	85	58	19	3	274	0,187 ± 0,021	0,276 ± 0,022	0,322	
4 (0,400)	32	26	73	63	45	13	5	225	0,183 ± 0,022	0,289 ± 0,023	0,367	
5 (0,500)	14	16	18	29	28	7	2	100	0,198 ± 0,023	0,328 ± 0,024	0,396	
6 (0,600)	5	1	10	8	11	2	2	34	0,226 ± 0,023	0,328 ± 0,024	0,311	
Итого	154	170	331	314	194	52	14	1075	0,179 ± 0,022	0,279 ± 0,023	0,358	

Подобная описанной у *P. sylvestris* картина гетерозиготности зародышей в разных по количеству гетерозигот мультилокусных генотипах отмечена и у *A. alba* (табл. 3).

Таблица 3

Распределение количества зародышей и их средней гетерозиготности в зависимости от количества полиморфных локусов у материнских растений в совокупной выборке деревьев четырех популяций *Abies alba* Mill. Украинских Карпат

гетерозиготных локусов у материнских деревьев	материнских деревьев	Количество									зародышей (общее)	Средняя гетерозиготность выборок зародышей		Значение коэффициента инбридинга F_{IS}
		гетерозиготных локусов (0–7) у зародышей и их выборочное число								наблюдаемая H_O		ожидаемая H_E		
		0	1	2	3	4	5	6	7					
0 (0,000)	3	12	2	1	0	0	0	0	0	15	0,027 ± 0,013	0,061 ± 0,017	0,557	
1 (0,100)	21	18	26	37	16	5	0	0	0	102	0,169 ± 0,011	0,249 ± 0,012	0,321	
2 (0,200)	43	39	75	55	34	8	2	0	0	213	0,155 ± 0,008	0,244 ± 0,008	0,365	
3 (0,300)	42	20	49	75	48	16	2	0	0	210	0,196 ± 0,008	0,288 ± 0,009	0,319	
4 (0,400)	22	17	19	29	33	8	2	2	0	110	0,209 ± 0,012	0,288 ± 0,012	0,274	
5 (0,500)	13	1	6	21	19	15	1	2	0	65	0,280 ± 0,016	0,359 ± 0,016	0,220	
6 (0,600)	2	0	0	1	4	2	2	0	1	10	0,390 ± 0,044	0,372 ± 0,045	-0,048	
Итого	146	107	177	219	154	54	9	4	1	725	0,190 ± 0,040	0,280 ± 0,005	0,321	

У этого вида выявлено три гомозиготных дерева по 10 исследуемым локусам, а остальные 143 дерева имели от одного до шести гетерозиготных локуса. У трех гомозиготных деревьев очень небольшая часть зародышей семян была гетерозиготной. Это свидетельствует о том, что семенное потомство этих деревьев фактически наследует материнский генотип. Гетерозиготность зародышей деревьев, имеющих в своих генотипах

1–2 и 3–4 гетерозиготных локуса, была заметно меньше (на 23,7–43,4 %), чем средняя гетерозиготность совокупной выборки 146 растений. У растений с пятью гетерозиготами зародыши имели гетерозиготность на уровне совокупной выборки деревьев, соответственно 0,280 и 0,274. Зародыши двух деревьев с шестью гетерозиготными локусами по значениям H_0 заметно превосходили (на 42,3 %) средний уровень гетерозиготности растений.

Наши исследования показывают, что гетерозиготность зародышей семян *P. sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* и *A. alba* в определенной степени зависит от гетерозиготности материнских генотипов. Это необходимо учитывать при формировании постоянной лесосеменной базы этих и других видов хвойных с обязательным генетическим контролем. Как показал скрининг генетического разнообразия лесосеменных плантаций *P. sylvestris* и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в Беларуси, одни плантации превышали уровень, выявленный в природных популяциях, а другие характеризовались более обедненным генофондом [6, 11]. Повышенный уровень гетерозиготности у плюсовых деревьев *P. abies* не приводит к выраженной передаче определенных наследственных свойств семенному потомству. У большинства 2–3-летних семей выявлена слабая энергия роста и повышенная вариабельность сеянцев по высоте. Плюсовые деревья с низким и средним уровнем гетерозиготности обладают наиболее высокими аддитивными свойствами, что характерно и для отдельных высокогетерозиготных деревьев [1].

Согласно требованиям государственного стандарта Беларуси, на создаваемых лесосеменных плантациях хвойных должно быть потомство не менее 50 плюсовых деревьев. Для создания ПЛСУ предлагается использовать межпопуляционные лесные культуры из расчета, что по достижению генеративного возраста начнется переопыление между деревьями и генетическая изменчивость семенного потомства должна увеличиваться. При формировании таких ПЛСУ первоначально выделяются фенотипы, которые характеризуются наилучшими таксационными, лесоводственными и селекционными показателями. Они же исследуются на генетическое разнообразие, и те из них, что имеют наивысший его уровень, получают самый высокий рейтинг [17]. Однако, как показывают результаты наших исследований, необходим анализ генетической изменчивости не только материнских растений, включая и плюсовые деревья, но и их потомства. Этот анализ доступен уже на стадии зародышей семян. Среди селекционной группы деревьев нужно предварительно выделить те из них, которые дают высокогетерозиготное семенное потомство. Именно эти деревья, которые могут обладать разным уровнем гетерозиготности, а также деревья-опылители, легко обнаруживаемые при анализе материнских и отцовских гаплотипов в зародышах семян, необходимо использовать для создания ПЛСУ. Для того, чтобы определить индивидуальную гетерозиготность растений, нет необходимости проводить анализ 18–20 локусов в соответствии с международными стандартами. Нами установлены маркерные 2–3 локуса, с помощью которых можно в любом древостое вида выделить деревья, дающие высокогетерозиготные семена [12–16]. Применение маркерных локусов существенно упрощает и удешевляет поиск растений, необходимых для создания ПЛСУ с высоким генетическим разнообразием семенного потомства.

Выводы. Зародыши семян *P. sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* и *A. alba* из природных популяций и насаждений этих видов имеют значительно меньший уровень гетерозиготности, чем материнские растения. Однако встречаются отдельные растения, семенное потомство которых по уровню гетерозиготности мало им уступает. Разработаны и запатентованы генетические методы выделения таких растений с использованием в анализе 2–3 маркерных локусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев Э. А. Влияние уровня гетерозиготности на репродуктивную и наследственную неравноценность плюсовых деревьев ели европейской / Э. А. Авдеев, А. М. Голиков // Современное состояние, проблемы и

перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе : матер. междунар. науч.-практ. конф., 8–10 сентября 2009 г., Гомель. – Гомель : Ин-т леса НАН Беларуси, 2009. – С. 19–23.

2. Аллозимная изменчивость зародышей семян и система скрещивания в реликтовых популяциях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Кременецкого холмогорья и Малого Полесья / И. И. Коршиков, Л. А. Калафат, А. Н. Лисничук [и др.]. – Генетика. – 2011. – Т. 47, № 47. – С. 937–944.

3. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях : учеб. пособие / Ю. П. Алтухов; отв. ред. Л. Д. Животовский. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : ИКЦ "Академкнига", 2003. – 431 с.

4. Генетические эффекты трансформации лесных экосистем / В. Е. Падутов, Л. В. Хотылева О. Ю. Баранов, С. И. Ивановская // Экологическая генетика. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 3–11.

5. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / Под ред. Ю. П. Алтухова. – М. : Наука, 2004. – 619 с.

6. Ивановская С. И. Молекулярно-генетический анализ *Pinus sylvestris* на лесосеменных плантациях / С. И. Ивановская, Е. Н. Химченко, О. М. Новикова // Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2007. – Вып. 67. – С. 135–162.

7. Коршиков И. И. Популяционная генетика и репродуктивная биология сосны крымской / И. И. Коршиков. – Донецк, 2010. – 244 с.

8. Коршиков И. И. Возрастная динамика генетической изменчивости в изолированной популяции сосны меловой (*Pinus sylvestris* var. *cretacea* Kalenicz. ex Kom.) в Донбассе / И. И. Коршиков, Е. А. Мудрик // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 659–666.

9. Мамаев С. А. О популяционном подходе в лесоводстве / С. А. Мамаев, Л. Ф. Семериков, А. К. Махнев // Лесоведение. – 1988. – № 1. – С. 3–9.

10. Милютин Л. И. Генетико-эволюционные основы устойчивости лесных экосистем / Л. И. Милютин // Лесоведение. – 2003. – № 1. – С. 16–20.

11. Падутов В. Е. Генетические ресурсы сосны и ели в Беларуси / В. Е. Падутов. – Гомель : ИЛ НАН Беларуси, 2001. – 144 с.

12. Пат. 15153 А UA, МПК A01H 01/04, A01G23/00. Спосіб генетичного маркування і відбору дерев з великою кількістю гетерозиготного насіння у природних популяціях сосни крейдяної : Деклараційний патент на корисну модель / І. І. Коршиков, О. А. Мудрик. – № 2005 12328; заявл. 21.12.05; опубл. 15.06.06, Бюл. № 6. – 8 с.

13. Пат. 15154 А UA, МПК A01H 01/04, A01G23/00. Спосіб генетичного маркування і відбору дерев з великою кількістю гетерозиготного насіння у природних популяціях сосни кримської : Деклараційний патент на корисну модель / І. І. Коршиков, О. А. Мудрик. – № 2005 12329; заявл. 21.12.05; опубл. 15.06.06, Бюл. № 6. – 8 с.

14. Пат. 16545 А UA, МПК A01H 01/04, A01G23/00. Спосіб генетичного маркування і відбору дерев з великою кількістю гетерозиготного насіння у природних популяціях ялиці білої : Деклараційний патент на корисну модель / І. І. Коршиков, Н. М. Пірко. – № 2006 01489; заявл. 13.02.06; опубл. 15.08.06, Бюл. № 8. – 8 с.

15. Патент 65366 UA, МПК A01H 1/00, A01G 23/00. Спосіб генетичного маркування і відбору дерев з великою кількістю гетерозиготного насіння у природних популяціях сосни кедрової європейської : Деклараційний патент на корисну модель / І. І. Коршиков, О. А. Мудрик, Я. В. Пірко, Н. М. Пірко. – № у 2011 03037; заявл. 15.03.2011; опубл. 12.12.2011, Бюл. № 23.

16. Патент 71574 UA, МПК A01H 1/04, A01G 23/00. Спосіб генетичного відбору серед плюсових дерев сосни звичайної генотипу з великою кількістю гетерозиготного потомства / І. І. Коршиков, А. Є. Демкович. – № у 2011 08427; заявл. 04.07.2011; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

17. Путенихин В. П. Методы сохранения генетической гетерогенности при создании искусственных «популяций» лесообразующих видов / В. П. Путенихин, Г. Г. Фарушкина // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – Т. 24, № 2–3. – С. 272–278.

18. Рутковский И. В. Перспективы развития лесного семеноводства // Лесн. хоз-во. – 2003. – № 2. – С. 8–10.

19. Allozyme inheritance heterozygosity and outcrossing rate among *Pinus monticola* near Ladysmith British Columbia / Y. A. El-Kassaby, M. D. Meagher, J. Parkinson, F. T. Portlock // Heredity. – 1987. – Vol. 58, № 2. – P. 173–181.

20. Fins L. Population variation in *Sequoiadendron*: seed and seedling studies, vegetative propagation, and isozyme variation / L. Fins, W. J. Libby // Silvae Genetica. – 1982. – Vol. 31, № 4. – P. 102–110.

21. Lundkvist K. Genetic structure in natural and cultivated forest tree populations / K. Lundkvist // Silva Fennica. – 1982. – Vol. 16. – P. 141–149.

22. Maintenance of genetic structure in progenies of marginal mountainous and steppe populations of three species of Pinaceae Lindl. family in Ukraine / I. I. Korshikov, N. N. Pirko, E. A. Mudrik, Ya. V. Pirko // Silvae Genetica. – 2007. – Vol. 56, № 1. – P. 1–10.

23. Muona O. Genetic change between life stages in *Pinus sylvestris*: Allozyme variation in seeds and planted seedling / O. Muona, R. Yazdani, D. Rudin // Ibid. – 1987. – Vol. 36, № 1. – P. 39–42.

24. Szmidt A. E. Genetic effects of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) domestication / A. E. Szmidt, O. Muona // Lecture Notes in Biomathematics: Population Genetics in Forestry. – 1985. – Vol. 1985. – P. 241–252.

25. Swofford D. L. BIOSYS-1: a FORTRAN program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics and systematic / D. L. Swofford, R. B. Selander // J. Hered. – 1981. – Vol. 72, № 4. – P. 281–283.

Korshikov I. I.

THE APPLICABILITY OF GENETIC MARKERS IN SEED PRODUCTION OF CONIFERS

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

A comparative analysis on genetic variation of plants and their seed embryos was performed in natural populations and plantations of *Pinus sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* and *Abies alba* using 10 polymorphic isozyme loci. This analysis has shown that the observed heterozygosity in embryos was 50.3 to 76.7 % of that of the mother plants. A significant excess of homozygotes was detected in seed embryos of the studied species. In populations there are plants, heterozygosity of which is close to heterozygosity of the embryos. These trees, characterized by high biometric parameters, are recommended to be used for forest seed plantations of the tree species.

К е у w o r d s : conifers, seed embryos, genetic polymorphism, seed production.

Коршиков І. І.

НЕОБХІДНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ МАРКЕРІВ У НАСІННИЦТВІ ХВОЙНИХ ПОРІД

Донецький ботанічний сад НАН України

Проведено порівняльний аналіз генетичної мінливості рослин і зародків їхнього насіння в природних популяціях і насадженнях *Pinus sylvestris*, *P. sylvestris* var. *cretacea*, *P. pallasiana* та *Abies alba* з використанням 10 поліморфних алозимних локусів. Показано, що наявна гетерозиготність зародків склала 50,3–76,7 % від такої материнських рослин. У зародків насіння досліджуваних видів виявлений значний надлишок гомозигот. У популяціях є рослини, гетерозиготність яких близька до гетерозиготності зародків. Такі дерева, що відрізняються високими біометричними показниками, в першу чергу необхідно використовувати при створенні постійної лісонасінневої бази видів деревних рослин.

К л ю ч о в і с л о в а : хвойні породи, зародки насіння, генетичний поліморфізм, насінництво.

E-mail: dbsgenetics@gmail.com

Одержано редколегією 01.04.2014