

УДК 630*161:[582.635.1+582.772.2](470)

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГИБРИДИЗАЦИИ КЛЕНОВ И ВЯЗОВ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Завьялов А.А., Иозус А.П., Макаров В.М.

Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

В результате процессов глобального потепления, усиления континентальности и аридизации территории юго-востока европейской части России необходимо выделить устойчивые, долговечные и производительные в данных почвенно-климатических условиях виды и формы древесной растительности. В настоящее время в мировой науке и практике одним из перспективных направлений считается гибридизация, позволяющая получить материал с запланированными свойствами. В Нижнем Поволжье работы по гибридизации проводились с конца 1930-х по 2000-е гг. Возникла необходимость, используя современные методы математической обработки, оценить перспективность некоторых вариантов скрещивания. Полученные результаты говорят о необходимости продолжить работы по гибридизации с учетом полученных за последние 50 лет результатов работ по селекции, семеноводству и для проведения скрещиваний использовать созданные из потомства плюсовых деревьев в регионе клена, вяза, ясеня, которые прошли испытание естественным отбором в искусственных и естественных насаждениях юго-востока европейской части России за последние десятилетия. Для размножения полученного высокоценного селекционного материала использовать селекционные теплицы и технологии *in vitro*. Считаем, что перспективной может также являться популяционная селекция, причем использоваться могут как естественные, так и искусственные популяции, в биоценозе которых присутствуют два-три семенных поколения данного вида. На конечном этапе необходимо создавать гибридные лесосеменные плантации из полученного материала.

Ключевые слова: гибридизация, вяз, клен, высота сеянцев, устойчивость, долговечность, генетическая оценка

GENETIC EVALUATION OF THE RESULTS OF HYBRIDIZATION OF THE MAPLES AND ELMS TREES IN THE SOUTH-EAST OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

Zavyalov A.A., Iozus A.P., Makarov V.M.

*Kamyshinsky Technological Institute (branch) of the State Educational Institution
«Volgograd State Technical University», Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru*

As a result of processes of global warming, strengthening of continentality and aridization of the territory of the South-East of the European part of Russia it is necessary to allocate steady, durable and productive in these soil and climatic conditions types and forms of wood vegetation. Currently, in the world of science and practice, one of the promising areas is considered to be hybridization, which allows to obtain material with planned and properties. In the Lower Volga region, hybridization work was carried out from the late 1930s to the 2000s. There was a need to use modern methods of mathematical processing to evaluate the prospects of some variants of crossing. The results suggest the need to continue work on hybridization, taking into account the results obtained over the past 50 years of work on breeding, seed production and for crosses to use created from the offspring of plus trees in the region of maple, elm, ash, which have been tested by natural selection in artificial and natural plantations of the South-East of the European part of Russia in recent decades. For reproduction of the obtained high-value breeding material to use breeding greenhouses and technology *«in vitro»*. We believe that population selection can also be promising, and both natural and artificial populations can be used, in the biocenosis of which two or three seed generations of this species are present. At the final stage, it is necessary to create hybrid forest seed plantations from the material obtained.

Keywords: hybridization, elm, maple, seedling height, resistance, durability, genetic evaluation

В результате процессов глобального потепления, усиления континентальности и аридизации территории юго-востока европейской части России необходимо выделить устойчивые, долговечные и производительные в данных почвенно-климатических условиях видов и форм древесной растительности [1]. Породный, видовой состав растительности на юго-востоке европейской части России очень беден и представлен аборигенными кустарниками, дубом черешчатым, кленом татарским, берестом, осиною и некоторыми другими породами. Однако за последние 150 лет

в регион было интродуцировано достаточно большое количество видов, особенно активно интродукция шла при реализации «Сталинского плана преобразования природы» и создании системы защитных и полезащитных насаждений. Именно тогда в них широко вводились вяз приземистый, ясень зеленый и клен ясенелистный. В первые годы роста, особенно при наличии ухода за почвой, они показывали хороший рост, состояние, однако к 20–30 годам он сильно сокращался, а в 30–40 лет уже отмечалось массовая суховершинность и отмирание боковых побегов. В настоя-

щее время в возрасте 60 лет защитные насаждения расстроены и в них отмечается массовая гибель данных пород [2].

С целью повышения долговечности и устойчивости насаждений с 1939 г. под руководством А.В. Альбенского на Камышинском опорном пункте ВНИАЛМИ была начата гибридизация древесных пород [2–4].

К настоящему времени на Нижневолжской станции ВНИАЛМИ имеется около 30 гектаров маточных насаждений из ранее отселектированных гибридных растений. В 2003–2007 гг. в питомнике станции выращивались семена от изучаемых вариантов скрещивания. В пределах каждого изучаемого рода изменчивость высоты семян различна. Была изучена высота 2000 семян ильмовых и 1250 семян клена.

В ходе работы вычисляли частные средние характеризующие тип скрещивания, так как происхождение и типы скрещивания для каждой из I–VII групп были известны. Это позволило разделить общую фенотипическую изменчивость на составляющие, обусловленные генетически и экологически. Генетический фактор получил наименование – «А». Второй фактор, который можно выделить, это экогенотипический – «Б», имеющий сложную природу, зависящий от почвы, климата, размещения растений, влагообеспеченности, а также включающий генетические различия между собой маточных деревьев, плоды которых использовались для опытов.

Среди семян, выращенных из урожая каждого года, нами изучались выборки семян по каждому типу скрещивания, произрастающие на разных участках одного питомника. Считалось установленным влияние микроэкологических различий в пределах варианта опыта на рост и развитие семян. Из нескольких сотен семян по каждому варианту опыта произвольно отбирали 30–50 штук, у которых измеряли высоту. По каждой выборке имелись колебания высоты, которые зависели от неучтенного случайного фактора, получившего наименование «Д». Разделение, имеющееся фенотипической изменчивости по факторам «А», «Б» и «Д» позволило организовать иерархический дисперсионный анализ с учетом соподчиненности контролируемых факторов.

Цель исследования: изучить селекционный эффект и эффект гетерозиса разных вариантов скрещивания из семян, полученных с возрастных маточных насаждений 30–40 лет. Оценить влияние генетических и экологических факторов на рост потомства. Сделать вывод о возможности использования маточников в этом возрасте для получения потомства, обладающего эффектом гетерозиса.

Материалы и методы исследования

Методика расчета иерархических дисперсионных комплексов подробно изложена во многих работах [4–6]. Для изучения взяли 5 типов скрещивания:

I – вяз приземистый X вяз гладкий $x = 43,8$, $n = 570$;

II – вяз приземистый X вяз гладкий X вяз гладкий – $x = 38,8$, $n = 387$;

III – вяз приземистый X вяз листоватый – $x = 41,9$, $n = 550$;

IV – вяз приземистый X вяз листоватый X вяз листоватый – $x = 27,3$, $n = 183$;

V – вяз приземистый X вяз приземистый – $x = 27,8$, $n = 180$.

Для каждого типа скрещивания определялась высота однолетних гибридных семян. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Как показывают данные табл. 1, преимущества по высоте получили семена вариантов скрещивания. При опылении гибрида пыльцой отцовского вида – II и IV вариант высота роста потомства значительно снизилась. Отмечено значительное влияние на рост семян качества урожая, которое зависит от погоды, вредителей и т.д. Изменчивость по высоте достигала 200–300%, причем связать успешность роста в высоту с климатическими условиями неосуществимо, так как в одни годы преимущество получают потомства маточников I и II вариантов скрещивания, в другие III и IV. Отмечено сильное воздействие экологических условий, заметно отличались высоты семян одинакового происхождения, выращенных на разных участках питомника.

Заметно отличаются высоты семян одного происхождения, выращенных на разных грядах в один и тот же год.

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ полученных результатов дисперсионного анализа изменчивости высоты гибридных семян вяза (табл. 2) позволил установить отсутствие влияния типов скрещивания на высоту семян вяза. Однако влияние других факторов оказалось достоверным. В основном на рост семян влиял фактор «В» 67,7%, а также «С» с долей влияния 13,8%, к случайным факторам относилось всего 17%.

Анализ изменчивости высоты гибридных и семян клена по двум типам скрещивания (табл. 1):

VI – клен ясенелистный X клен ясенелистный (контроль)

$x = 39,0$ см, $n = 280$

VII – клен ясенелистный X клен остролиственный, I–III поколение

$x = 53,5$ см, $n = 951$

показал, что гибридные семена в годы изучения превосходили контрольные.

Проведенными исследованиями выявлено отсутствие влияния экогенотипического фактора, а экологических составляющих оказалось достоверным с высокой долей вероятности – 0,99 и 0,999 (табл. 3).

Таблица 1

Средняя высота однолетних гибридных семян вяза и клена, см

А. Тип скрещивания	В. Экогенотипические повторности					С. Экологические повторности									
	2003	2004	2005	2006	2007	2003		2004		2005		2006		2007	
I	53,4	31,0	67,4	26,8	45,0	54,4 52,4	31,4 31,1	37,4 23,9	60,6 67,1	85,9 55,8	36,1 34,3	15,1 21,7	37,8 47,7	49,7	
II	71,2	8,2	75,2	25,2	35,5	78,4 63,9	8,2		35,5		21,5 25,0		29,3 41,8	27,2	
III						79,4 60,7	56,1 54,6	16,5 28,2	31,2	38,7	54,1	20,9 33,1	28,3 44,8	48,2 30,5	44,6
IV	64,9	7,3		22,0	39,0	64,9		7,3				22,0		39,0	
V	48,3	10,3	46,7	28,6	21,2	48,3		10,3		36,7		28,6		19,1 23,5	
VI	33,1	34,8	35,4	32,5	48,0	48,4	17,9	31,8	37,9	35,4		35,2		48,2 47,8	
VII	51,9	52,1	58,8	13,0	56,7	70,7 36,9 42,4 29,7	81,9 53,9 61,7 53,9	31,7 53,7 50,8	34,4 33,9 51,5 72,2	40,5 52,0	47,8		4,4 68,2 55,2	61,6 55,4 44,4	

Таблица 2

Изменчивость высоты гибридных семян вяза по результатам дисперсионного анализа

	Изменчивость между			
	типами скрещивания	экогенотипическими повторностями	экологическими повторностями	случайный фактор
	А	В	С	Д
Сумма квадратов	39497,7	504590,2	71560,8	145748,8
Число степеней свободы	4	19	32	1814
Средний квадрат	9874,4	26557,4	2236,3	80,4
Эмпирические значения F	0,37	11,88	27,83	–
Табличные значения F	7,2–2,9	3,5–1,9	2,0–1,5	
Достоверность	00	0,999	0,999	

Таблица 3

Изменчивость высоты гибридных семян клена

	Изменчивость между			
	типами скрещивания	экогенотипическими повторностями	экологическими повторностями	случайный фактор
	А	В	С	Д
Сумма квадратов	45407,0	30289,5	128327,2	206706,5
Число степеней свободы	1	8	26	1195
Средний квадрат	45407,0	3786,2	4743,4	173,0
Эмпирические значения F	12,0	0,8	27,4	–
Табличные значения F	25,4–5,3	4,8–2,3	2,0–1,5	–
Достоверность влияния	0,99	–	0,999	–

От общей фенотипической изменчивости семян по высоте, фактор А составляет – 23,3, С – 33,4, Д – 43,3 %.

Следует отметить, что дисперсионный анализ не подменяет собой глубокого генетического анализа, а только устанавливает факт различия разных составляющих общей фенотипической изменчивости селекционного материала. Отсутствие установленного типа скрещивания можно объяснить неоднородностью как генетического, так

и семенного материала, полученных с маточных деревьев селекционных участков в различные по климатическим условиям годы. Можно отметить, что обильно плодоносящие маточные растения, которых насчитывается около 30%, дают основную часть семенной продукции гибридного участка, но уступают другим деревьям по высоте их семенного потомства.

По роду клен достоверное влияние типа скрещивания объясняется аналогично, с той

лишь разницей в течение периода наблюдений, который продолжался 5 лет проводилось изучение одних и тех же маточных деревьев гибридов, отличающихся ежегодным и обильным плодоношением. Для изучения гибридов клена была выделена группа лучших деревьев, превосходящих контроль. Как видно, генетическая однородность семенного материала при оценке гибридов является основным условием достоверной оценки.

Свойства гибридных деревьев второго и последующих поколений, полученных от свободного, неконтролируемого скрещивания, будут отличаться от свойств гибридов первого поколения своим сдвигом в сторону родительского (материнского) вида.

У гибридных сеянцев и исходных видов вяза изменчивость высоты на 2/3 (68,7%) обусловлена влиянием климатических факторов. В 2004–2006 гг. погодные условия отрицательно сказались на качестве семян, а в 2003 и 2005 гг. были довольно благоприятными для опыления, завязывания плодов и развития семян отличного качества.

Статистически достоверно влияние экологического фактора, характеризующего различие условий роста сеянцев на разных грядах или экологических фонах. Влияние этого фактора на высоту составляет у вяза 13,3, клена – 33,4%. В некотором приближении эти доли влияния отражают норму реакции различных пород, их требования к плодородию почв. Норма реакции шире у вяза, который может успешно произрастать на почвенных разностях.

На долю неконтролируемой изменчивости приходится от 13 до 43%. При проведении исследований получены результаты дисперсионного анализа, они позволили изучить механизм изменчивости высоты сеянцев важнейшего количественного признака, который является результатом сочетания сложнейших эволюционных, генетических и биологических факторов. К сожалению, не удалось установить наличие значительного эффекта гетерозиса, который и по литературным данным у древесных значительно ниже, чем у травянистых растений. С учетом полученных результатов необходимо вернуться к организации работ по гибридизации среди интродуцированных древесных пород используемых в защитном лесоразведении. Скрещивание проводить на предварительно отобранных плюсовых деревьях, показавших в результате естественного отбора достаточную устойчивость и имеющих превосходящие средние таксационные показатели и достаточную продуктивность.

Следует отметить, что селекционные работы должны проводиться на объектах прошедших в течение не менее 30–40 лет длительный процесс естественного отбора и показавших на фоне экстремальных засух

и морозов высокую долговечность и производительность [2, 4, 7].

Считаем, что перспективной может также являться популяционная селекция, причем использоваться могут как естественные, так и искусственные популяции, в биоценозе которых присутствуют два-три семенных поколения данного вида.

Выводы

1. Иерархическим дисперсионным анализом было установлено, что у сеянцев вяза климатические факторы больше влияют на изменчивость, чем варианты скрещивания. У клена, наоборот, в большей степени проявилось влияние генетических (вариант скрещивания), чем климатических факторов.

Экологический фактор зависит от требований к плодородию почвы, условий выращивания и изменялся от 13,8 до 57,3%.

2. Полученные результаты говорят о необходимости продолжить работы по гибридизации с учетом полученных за последние 50 лет результатов работ по селекции, семеноводству и для проведения скрещиваний использовать созданные из потомства плюсовых деревьев в регионе клена, вяза, ясеня, которые прошли испытание естественным отбором в искусственных и естественных насаждениях юго-востока европейской части России за последние десятилетия. Для размножения полученного высокоценного селекционного материала использовать селекционные теплицы и технологии *in vitro*. Считаем, что перспективной может также являться популяционная селекция, причем использоваться могут как естественные, так и искусственные популяции, в биоценозе которых присутствуют два-три семенных поколения данного вида.

Список литературы

1. Проект государственного доклада Минприроды России о состоянии и охране окружающей среды в 2017 году // Министерство природных ресурсов и экологии РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 22.03.2019).
2. Иозус А.П., Крючков С.Н., Морозова Е.В. Селекция и репродукция древесных пород для защитного лесоразведения: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 184 с.
3. Морозова Е.В., Иозус А.П. Гибридизация как метод адаптации интродуцированных древесных пород к условиям сухой степи Нижнего Поволжья // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22690> (дата обращения: 14.03.2019).
4. Калинина И.В., Краснова Т.С., Шутилова В.А. Особенности изменчивости высоты гибридных сеянцев вяза и клена в зависимости от типов скрещивания // Повышение устойчивости и долговечности защитных лесных насаждений: сборник научных трудов. Волгоград: Всесоюзный научно-исследовательский институт агролесомелиорации, 1980. С. 91–97.
5. Царев А.П. Программы лесной селекции в России и за рубежом: монография. М.: Изд-во Московского гос. ун-та леса, 2013. 164 с.
6. Царев А.П., Лаур Н.В. Перспективные направления селекции и репродукции лесных древесных растений // Лесной журнал. 2013. № 2. С. 36–44.
7. Семенютина А.В., Костюков С.М., Кашенко Е.В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103–109.