

УДК 630\*165.3; 630\*232.19

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕНОТИПОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛЕСОСЕМЕННЫХ ПЛАНТАЦИЙ ПОВЫШЕННОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

*А. С. Бондаренко<sup>1</sup>, А. В. Жигунов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства,  
Российская Федерация, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21  
E-mail: asbond@mail.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова,  
Российская Федерация, 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5  
E-mail: a.zhigunov@bk.ru

*На основе изучения вегетативного и семенного потомства плюсовых деревьев ели европейской на лесосеменных плантациях и в испытательных культурах разработана и апробирована методика комплексной оценки генетических свойств плюсовых деревьев. Целью комплексной оценки является отбор плюсовых деревьев для создания плантаций повышенной генетической ценности на основе оценки их семенного и вегетативного потомства по основным имеющим хозяйственное значение направлениям отбора, таким как скорость роста, качество и устойчивость насаждений. Выявлены генотипы, рекомендуемые для использования при создании лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности с перспективой создания лесосеменных плантаций второго порядка.*

**Ключевые слова:** ель европейская; лесосеменная плантация; испытательные культуры; плюсовое дерево; семья; клон; семенное потомство; вегетативное потомство; повышенная генетическая ценность; семена улучшенные.

**Введение.** В настоящее время селекционные программы являются неотъемлемой частью работ по воспроизводству лесов во многих странах мира [1–5]. В большинстве стран с различным уровнем ведения лесного хозяйства разрабатываются и реализуются программы селекционного улучшения лесов. В нашей стране с 1960-х годов этому направлению лесохозяйственной деятельности уделяется значительное внимание, тем не менее, её эффективность всё же остаётся невысокой [6].

По мере закладки испытательных культур потомствами лесосеменных плантаций (ЛСП) и их изучения появляется всё больше экспериментальных данных о том, что плантации первого порядка могут дать заметный лесоводственный эффект.

Так, в Канаде отмечен увеличенный прирост древесины у ели чёрной и сосны Банкса в сравнении с контролем на 12–20 %, а также улучшение формы ствола на 25 % [7]. В США и Аргентине достигнуто увеличение скорости роста семенного потомства лесосеменных плантаций сосны Эллиота соответственно на 14 и 25 % [8]. Существенное улучшение продуктивности и товарной структуры древостоев при использовании плантационных семян (от 7 до 25 %) отмечают также исследователи Швеции [9], Греции [10], Китая [11], Германии [12] и других стран. В ряде опытов отмечена тенденция повышения уровня наследуемости ценных признаков материнских деревьев с увеличением возраста испытательных культур [13, 14].

---

© Бондаренко А. С., Жигунов А. В., 2016.

**Для цитирования:** Бондаренко А. С., Жигунов А. В. Комплексная оценка генотипов ели европейской для создания лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 1 (29). С. 20-29.

Лесной кодекс Российской Федерации [15] обязывает лесопользователей при воспроизводстве лесов использовать в первую очередь улучшенные и сортовые семена. В этой связи основными задачами лесного семеноводства являются повышение эффективности существующих и вновь закладываемых лесосеменных плантаций с целью увеличения производства улучшенных семян, а также переход к закладке ЛСП генетически проверенным исходным материалом для получения сортовых семян и постепенного перевода лесовыращивания на сортовую основу. Тем не менее, в настоящее время Российская Федерация по объёмам производства семян с улучшенными наследственными свойствами значительно уступает зарубежным странам. Так, в Европе доля селекционно-улучшенного посадочного материала в общем объёме при лесовосстановлении составляет в среднем 25 % [16], в некоторых странах, таких как Швеция и Финляндия достигает 100 % [17]. В России данный показатель едва достигает 5 % [12]. Необходимо отметить также, что специфика наследования признаков продуктивности у ели европейской по ряду причин и, прежде всего, в связи с длительностью онтогенеза, остаётся до сих пор слабоизученной [18], поэтому повышение надёжности отбора на основе сопряжённого изучения семенного и вегетативного потомств является актуальной задачей лесного селекционного семеноводства.

Исследование лесосеменных плантаций, выполняемое одновременно с изучением испытательных культур, является неотъемлемой частью селекционной работы. Вегетативный способ закладки лесосеменных плантаций позволяет в полной мере сохранять наследственные свойства плюсовых деревьев, что позволяет использовать эти объекты как в качестве архивов клонов для сохранения отобранного генофонда [19], так и для оценки клонов по особенностям роста и развития вегета-

тивного потомства. При этом сочетание оценки генотипов по результатам испытания их семенного потомства может быть подкреплено данными о реализации роста генотипов на лесосеменных плантациях, что позволит существенно повысить надёжность оценки генотипов. Создание соответствующей методики комплексной оценки генотипов по результатам исследований роста и развития клонов на лесосеменных плантациях и семей в испытательных культурах позволило бы существенно повысить экономическую эффективность всего комплекса работ, основанных на плюсовой селекции.

**Целью** исследования является разработка и оценка результатов апробирования методики комплексной оценки клонов плюсовых деревьев для создания лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности на основе исследования семей в испытательных культурах и клонов на лесосеменных плантациях.

**Объекты и методика исследования.** При выполнении исследований на лесосеменных плантациях оценивались следующие характеристики:

- значения основных биометрических показателей и показатели их варьирования: высота, диаметр, стандартное отклонение высоты, стандартное отклонение диаметра, диаметр кроны;

- относительные показатели: урожайность, степень повреждения неблагоприятными факторами окружающей среды. При этом в качестве количественной меры повреждаемости взята доля деревьев, имеющих признаки повреждения (многоствольность, наличие признаков усыхания, наличие угнетения дерева листовыми породами, наличие повреждений биотическими факторами) в общем количестве деревьев изучаемого клона;

- сохранность растений (количество деревьев в рамках одного клона, обнаруженное при обследовании поля ЛСП, приведённое к общему количеству деревьев данного клона по схеме смешения).

В отношении изученных полей ЛСП использована только часть показателей в объёме, необходимом для отработки методики комплексной оценки. В связи с тем, что на разных ЛСП может использоваться различающийся комплекс показателей, в основу оценки положен отбор по ранговому принципу с последующим выбором лучших клонов только для изучаемого участка без объединения ранговых оценок одноимённой семьи по нескольким участкам (при использовании для оценки клона по нескольким полям ЛСП).

По результатам суммарной ранговой оценки клонов ели европейской на участках лесосеменных плантаций отбирались лучшие клоны в количестве 50 % от исходного общего количества клонов.

В анализ не включены клоны лесосеменной плантации, представленные менее чем пятью раментами. По каждому из показателей выполнено ранжирование клонов, при этом для таких показателей как сохранность, диаметр и высота ранжирование выполнено по убыванию значения показателя (наилучшие клоны с наименьшей цифрой ранга имеют максимальные значения соответствующих показателей), в то время как показатели варьирования и уровня повреждаемости ранжированы по возрастанию (наилучшие клоны с наименьшей цифрой ранга имеют минимальные значения соответствующих показателей). Далее ранги арифметически суммируются и клоны с наименьшей суммой считаются наилучшими.

В испытательных культурах младшего возраста (до 25 лет) с целью получения максимальной информации производится сплошное измерение основных биометрических показателей. При возрасте культур свыше 25 лет сплошное измерение высот затруднительно в силу значительной сомкнутости культур и невозможности определения высоты всех деревьев. В этом случае производится замер не менее пяти растений каждого

варианта, при этом выполняется сплошной замер диаметров растений, а высоты измеряются у части растений, представляющих разные ступени толщины. В ходе камеральной обработки полученных данных на основании этих замеров производится вычисление соответствующего регрессионного уравнения и рассчитывается средняя высота варианта на основе интерполяции.

Для определения густоты и сохранности посадок по отдельным семьям и повторностям в испытательных культурах выполняются замеры длины рядов и отдельных отрезков семей. Данные промеры выполняются при помощи лазерного высотомера-дальномера Vertex Laser VL402. При выполнении замеров основных биометрических показателей в ряду учитываются места выпавших растений, что позволяет впоследствии рассчитать фактическую сохранность семей и отдельных повторностей.

Исследования апробированы с привлечением информации о клонах ели европейской на шести полях лесосеменных плантаций Таицкого участкового лесничества Гатчинского лесничества Ленинградской области (поля № 4, 7, 8, 10, 25, 30) и полусибсовых семей на семи участках испытательных культур ели европейской Гатчинского и Ломоносовского лесничеств Ленинградской области.

Использование комплексной оценки генотипов в рамках традиционно принятой схемы селекции древесных пород иллюстрируется блок-схемой.

В ходе реализации такой схемы параллельно выполняется отбор лучших семей в испытательных культурах и клонов на лесосеменных плантациях с использованием их при создании лесосеменных плантаций повышенной генетической ценности, а в дальнейшем при достижении семьями в испытательных культурах возраста окончательной оценки генетических свойств – при создании лесосеменных плантаций второго порядка.



Условная схема использования комплексной оценки генотипов в селекционном процессе

**Результаты и их обсуждение.** Приведённый в методике исследований комплекс показателей использовался с некоторыми модификациями в отношении всех изученных полей лесосеменных плантаций. В качестве примера в табл. 1 приведён расчёт суммарной ранговой оценки клонов ели европейской на участке лесосеменной плантации в кв. 12 (поле № 4) Таицкого участкового лесничества Гатчинского лесничества.

Необходимо отметить, что для наглядности в таблице приведена только часть исследованных клонов, относящаяся к набору лучших (верхняя часть таблицы) и худших (нижняя часть таблицы) по значению показателя суммарной ранговой оценки клона.

По результатам расчёта суммарной ранговой оценки клонов ели европейской на участке лесосеменной плантации в кв. 12 Таицкого участкового лесничества Гатчинского лесничества (поле № 4) в качестве лучших отобраны следующие клоны (в количестве 50 % от общего их количества): № 304, 62, 66, 213, 162, 256, 54, 56, 39, 293, 50, 222, 166, 302, 36, 21, 118, 221, 201, 167, 228. В данном перечне клоны упорядочены по ухудшению значения суммарной ранговой оценки. Так, лучший клон № 304 имеет сумму рангов равную

48 (наилучший показатель для изучаемого поля лесосеменной плантации), а последний из включённых в данный список клон № 228 характеризуется суммой рангов равной 122. Подобные расчёты суммарной ранговой оценки выполнены и в отношении всех полей лесосеменных плантаций, используемых в данном исследовании. Всего по результатам работ на изученных полях лесосеменных плантаций получены суммарные ранговые оценки более ста клонов, из числа которых отобраны для дальнейшей селекционной работы 58 шт.

Помимо лесосеменных плантаций по результатам измерения параметров роста и развития деревьев были получены ранговые оценки семей испытательных культур ели европейской по комплексу показателей. При этом на изученных участках оценивались следующие показатели: высота, диаметр, сохранность растений, степень повреждения деревьев неблагоприятными факторами окружающей среды. Использование рангового показателя для оценки семей в испытательных культурах показало, что отбор по ранговому принципу целесообразно выполнять в рамках отдельных участков без объединения в общую совокупность одноимённых семей, выращиваемых на различных участках.

Таблица 1

**Расчёт суммарной ранговой оценки клонов ели европейской на участке  
лесосеменной плантации в кв. 12 (поле № 4) Таицкого участкового лесничества  
Гатчинского лесничества Ленинградской области**

Номер клона	Ранговая оценка по показателям						Суммар- ная ранговая оценка
	сохранность растений, %	диа- метр, см	высота, м	варьирование по диаметру, см	варьирование по высоте, м	степень поврежде- ния, %	
304	12	9	1	14	7	5	48
62	12	1	17	8	13	5	56
66	27	3	9	3	2	13,5	57,5
213	12	6,5	5	6	29	5	63,5
162	12	23	19	1	5	13,5	73,5
256	12	19	11	7	11	13,5	73,5
54	12	2	2	19	12	29,5	76,5
56	30,5	5	14	10	19	5	83,5
39	12	26	23	2	8	13,5	84,5
293	12	14	13	9	23	22	93
50	26	22	10	20	14	13,5	105,5
222	12	29,5	30	4	26	5	106,5
166	12	10	18	29	3	36,5	108,5
302	24	11	6	12	18	41	112
36	37,5	21	35	13	1	5	112,5
21	41	4	38	11	15	5	114
118	35	27	26	15	6	5	114
221	12	15	7	25	25	34	118
201	25	8	12	31	21	22	119
167	12	16	21	18	20	34	121
228	12	19	15	22	32	22	122
190	12	32	29	5	35	13,5	126,5
295	12	6,5	22	33	17	36,5	127
214	12	28	28	27	4	29,5	128,5
300	35	12	4	28	28	22	129
143	12	29,5	31	16	24	22	134,5
40	12	17	16	35	16	40	136
204	12	31	25	17	31	22	138
176	32	25	3	21	22	39	142
217	12	24	36,5	24	34	22	152,5
6	28,5	13	8	40	37	29,5	156
88	35	19	24	26	38	22	164
44	28,5	41	34	38	10	13,5	165
215	12	34	20	30	39	34	169
60	39	35	27	23	27	22	173
267	12	40	40	37	33	13,5	175,5
301	33	36	33	36	9	29,5	176,5
292	37,5	37	36,5	34	30	5	180
263	12	33	39	41	41	29,5	195,5
45	40	39	32	32	36	38	217

В первую очередь это связано с тем, что на участках испытательных культур представлено различное количество семей с разным числом повторностей и учёт этих факторов значительно усложняет

процедуру расчёта общей оценки семей, представленных на разных участках. Предварительные исследования показали, что целесообразно производить отбор семей в рамках отдельно взятого участка и

соотносить его с результатами аналогичного отбора, выполненного на других участках, а также с результатами отбора одноимённых клонов на лесосеменных плантациях.

В качестве примера можно привести результаты расчёта суммарной ранговой оценки для семей участка испытательных культур ели европейской, расположенного в кв. 48 Орлинского участкового лесничества Гатчинского лесничества (табл. 2). На данном участке испытательных культур оценка семей производилась по значениям основных биометрических показателей (высота и диаметр ствола), а также по значению сохранности растений.

По результатам обработки данных для приведённого участка испытательных культур получены значения показателей сохранности и скорости роста семей плюсовых деревьев ели европейской. В анализ не включены семьи плюсовых деревьев, представленные менее чем десятью растениями. По каждому из показателей выполнено ранжирование семей, а также вычислены значения суммы рангов (табл. 2).

Семьи в таблице упорядочены по возрастанию значения суммарной ранговой оценки. В силу большей представленности растений, более высокого уровня варьирования показателей в рамках отдельных семей по сравнению с вегетативным потомством при отборе лучших полусибсовых семей плюсовых деревьев принята интенсивность отбора равная 20 %. Таким образом, на участке испытательных культур в кв. 48 Орлинского участкового лесничества Гатчинского лесничества в соответствии со значениями суммарной ранговой оценки отобраны четыре лучшие семьи: № 35–54, 20–54, 12–26 и 7–83.

Следует отметить, что приведённый участок испытательных культур имеет в своём составе контроль, заложенный смесью семян деревьев ели европейской, расположенных в пределах лесных кварталов, в которых отбирались испытываемые плюсовые деревья. При этом на исследованном участке семь семей плюсовых деревьев достоверно превышают контроль по значению диаметра на уровне значимости 0,05.

Таблица 2

**Основные показатели и расчёт суммарной ранговой оценки семей ели европейской на участке испытательных культур (Гатчинское лесничество, Орлинское участковое лесничество, кв. 48)**

Номер семьи	Сохранность, %	Среднее значение биометрических показателей		Ранговая оценка			Сумма рангов
		диаметр, см	высота, м	сохранность, %	диаметр, см	высота, м	
35–54	75	20,0 ± 0,38	16,7 ± 0,19	4,5	3	3	10,5
20–54	75	19,2 ± 0,48	16,2 ± 0,25	4,5	4	4	12,5
12–26	49	23,8 ± 1,41	17,9 ± 0,56	16	1	1	18
7–83	53	20,6 ± 1,05	17,0 ± 0,52	15	2	2	19
29–54	69	19,0 ± 0,43	16,1 ± 0,22	10	5,5	5	20,5
28–54	75	17,6 ± 0,30	15,6 ± 0,16	4,5	9	8	21,5
3–26	66	19,0 ± 0,37	16,0 ± 0,19	11	5,5	6	22,5
18–54	73	17,7 ± 0,29	15,6 ± 0,16	7	8	8	23
11–26	75	16,9 ± 0,48	15,3 ± 0,26	4,5	10	10	24,5
47–54	63	18,1 ± 0,52	15,6 ± 0,27	12,5	7	8	27,5
36–54	78	16,2 ± 0,32	14,8 ± 0,18	2	14	13,5	29,5
9–26	72	16,4 ± 0,27	15,0 ± 0,15	8,5	12,5	12	33
11–83	72	15,6 ± 0,54	14,7 ± 0,32	8,5	17	15	40,5
8–83	48	16,4 ± 0,75	14,8 ± 0,42	17	12,5	13,5	43
2–26	63	15,8 ± 0,33	14,6 ± 0,19	12,5	16	16,5	45
44–54	61	16,1 ± 0,37	14,6 ± 0,22	14	15	16,5	45,5

К ним относятся следующие семьи: 12–26, 7–83, 35–54, 20–54, 29–54, 3–26, 47–54. Превышение среднего значения диаметра для указанных семей над контролем составляет от 8 (семья № 47–54) до 42 % (семья № 12–26). По высоте превышение над контролем у этих семей достигает 11 %, а по среднему объёму ствола – изменяется от 13 до 123 %. Шесть из семи указанных семей имеют также и наилучшие для данного участка показатели суммарной ранговой оценки по комплексу показателей (сумма рангов составляет от 10,5 до 20,5). Следует отметить, что в рамках указанного участка, несмотря на очень высокие показатели роста, семьи № 7–83 и 12–26 не следует использовать в рамках комплексной оценки и причислять к претендентам в элиту в связи со слишком малой их представленностью (на данном участке имеется только по одной повторности каждой из этих семей). Тем не менее, следует отметить высокую скорость роста семенного потомства этих плюсовых деревьев и продолжить исследования по их генетической оценке в рамках других опытов.

Разработанная по результатам исследований комплексная оценка генотипов направлена на повышение продуктивности, качества и устойчивости насаждений. При отборе на специальные цели, такие как технические свойства древесины, содержание таннидов в коре, урожайность и качество плодов и семян, смолопродуктивность, устойчивость к природным и антропогенным факторам оценка генотипов производится на основе специальных методик, разрабатываемых соответствующими научно-исследовательскими учреждениями.

Практическое апробирование методики комплексной оценки генотипов в отношении имеющихся в составе лесного

фонда Ленинградской области участков испытательных культур и лесосеменных плантаций показало, что объединение результатов по нескольким участкам как для испытательных культур, так и для лесосеменных плантаций, как это планировалось в первоначальной версии методики, оказалось нецелесообразным, поскольку участки обладают очень разнородными характеристиками и формальный «уравнительный» подход к оценке семей может привести к потере ценной информации. Необходимо отметить также, что при таком подходе возрастает влияние на конечный результат систематических ошибок измерений, выполняемых разными исполнителями. В случае выявления в процессе расчётов отдельных ранговых оценок существенных различий между клонами и семьями предпочтение отдаётся семьям плюсовых деревьев (семенное потомство в испытательных культурах), а уже потом среди этих семей отбираются лучшие по результатам роста и интенсивности семеношения соответствующих клонов на лесосеменных плантациях.

**Заключение.** В соответствии с расчётами ранговой оценки по участкам испытательных культур плюсовых деревьев ели европейской в Ленинградской области по комплексу показателей отобрано 37 лучших семей плюсовых деревьев. При этом интенсивность отбора составляла 20 % от общего количества семей, представленных на соответствующих участках. На участках лесосеменных плантаций по комплексу показателей отобрано 58 лучших клонов плюсовых деревьев ели европейской. Лучшие клоны, отобранные по результатам комплексной оценки на лесосеменных плантациях и в испытательных культурах плюсовых деревьев, рекомендуются для создания плантаций повышенной генетической ценности.

#### *Список литературы*

1. Danell Ö. Survey of past, current and future Swedish forest tree breeding: Joint. Meet. IUFRO

Work. Part. S.2. 04-02 and S.2. 02-16, Tuusula, Sept. 1991 // *Silva fennica*. 1991. 25. № 4. Pp. 241-247.

2. *Faulkner R.* An outline of the British tree breeding Programme // *Forest Tree Breeding in World* (ed. R. Toda). Tokyo, 1974. Pp. 1-8.
3. *Lang H.P.* Das Samenplantagenprogramm der Osterreichischen Bundesforste // *Allg. Forstzeitung*. 1977. 88. № 2. Pp. 29-31.
4. *Mikola J.* Consequences of modern tree breeding techniques on breeding strategies of the main tree species in Finland: [Pap.] Proc. World Tree Breedings Meet., Horsholm. Sept., 1990 // *Forest. Tree Improv.* 1990. № 23. Pp. 81-107.
5. *Wang B.S.P.* Review of new developments in tree seeds // *Seed Sci. and Technol.* 1988. № 16 (1). Pp. 215-225.
6. *Федорков А.Л., Туркин А.А.* Возраст оценки качества потомств в испытательных культурах сосны // *Лесоведение*. 2009. № 2. С. 69-71.
7. *Simpson D., Tosh K.* The New Brunswick Tree Improvement Councils 20 years old // *Forest. Chron.* 1997. 73. № 5. Pp. 572-577.
8. *Smidting R.C., Marsó M.A., Farge T.La.* Performance of select Slash pine families in Argentina and USA // 25th Bien. South. Forest Tree Improvement Conf. (SFTIC), Orlando, Fla, June 9-12, 1997 : Springfield (Va), 1997. Pp. 384-386.
9. *Stahl P.H., Karlsson B.* Forstgenetik in Sweden // *Österr. Forstztg.* 2002. 113. № 6. Pp. 14-15.
10. *Matziris D.I.* Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo pine tree improvement // *Silvae Genetica*. 2000. 50. № 1. Pp. 5-10.
11. *Rau H-M.* Vermehrungsgut von Samenplantagen in Vergleich zu handelsüblichen Material // *AFZ / Wald*. 1998. 53. № 5. Pp. 236-239.
12. *Ефимов Ю.П.* Семенные плантации в се- лекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж : Исток, 2010. 252 с.
13. *Vidakovič M., Kajaba D., Bogdan S., Podnar V., Becarevič J.* Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) // *Glas. Sum. Pokuse*. 2000. 37. Pp. 375-381.
14. *Buijtenen Van J.P.* The planning and strategy of seed orchards programmes including economics // *Forest. Commis. Bull.* 1975. № 54. Pp. 9-22.
15. Лесной кодекс Российской Федерации : федер. закон: принят Гос. Думой 4 дек. 2006 г. : одобр. Советом Федерации 24 нояб. 2006 г. // *Консультант Плюс* : комп. справ. правовая система / Компания «Консультант Плюс». – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/newwood/>. – Загл. с экрана. – Яз. Рус. (Дата обращения: 01.10.2015).
16. *Rotach P.* Forstpflanzenzüchtung und Genetik im naturnahen Waldbau der Schweiz // *Osterr. Forstzeitung*. 2002. Vol. 113, № 6. Pp. 11-13.
17. *Маркова И.А.* Современные проблемы лесовыращивания (лесокультурное производство). СПб.: СПбГЛТА, 2008. 152 с.
18. *Ворончихин Л.И., Видякин А.И., Овечкин С.М.* Пути повышения эффективности работ по селекции сосны и ели в Кировской области // Селекция ценных форм древесных пород и их использование для создания целевых насаждений : Сб. науч. тр. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1989. С. 79-83.
19. *Пирагс Д.М., Смилга Я.Я.* Лесосеменные плантации – архивы ценных клонов лесных деревьев (на примере осины) // Семенные плантации в лесном семеноводстве. Рига: Зинатне, 1985. С. 22-27.

Статья поступила в редакцию 01.12.15.

### Информация об авторах

*БОНДАРЕНКО Александр Сергеевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела лесной селекции и биотехнологии, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства. Область научных интересов – лесная генетика и селекция, применение статистических методов в лесном хозяйстве. Автор 38 публикаций.

*ЖИГУНОВ Анатолий Васильевич* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова. Область научных интересов – применение биотехнологий в лесном хозяйстве, способы получения субстратов для посадочного материала, технологии лесовосстановления. Автор 200 публикаций.

UDC 630\*165.3; 630\*232.19

## COMPLEX GENOTYPE ESTIMATION OF NORWAY SPRUCE FOR SEED PLANTATIONS WITH INCREASED GENETIC VALUE

*A. S. Bondarenko<sup>1</sup>, A. V. Zhigunov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Saint Petersburg Forestry Research Institute,  
21, Institutsky Pr., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation  
E-mail: asbond@mail.ru

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov,  
5, Institutsky Per., Saint Petersburg, 194021, Russian Federation  
E-mail: a.zhigunov@bk.ru

**Key words:** Norway Spruce; seed plantation; probe plantation; elite tree; family; clone; seed progeny; vegetative progeny; increased genetic value; improved seeds.

### ABSTRACT

**Introduction.** Genotype estimates in terms of growth and development of seed progeny of experimental plants may be supported by the data on the increment of relevant genotypes on seed plantations, which is bound to significantly enhance the reliability of genotype estimates. Developing the method of complex genotype estimate based on the results of clone growth and development of seed plants and families of experimental plants would significantly increase the economic viability of the whole complex of elite selection works. The research is aimed at the development and estimation of approbation results of the complex evaluation of elite tree clones used for creating seed plantations with the increased genetic value, based on the family examination of experimental plants and clones on first-order seed plantations. The use of complex genotype estimate in the selection process of the Norway Spruce is aimed at the selection process in order to improve production, quality and sustainability of plantations. **Materials and methods.** The estimate method is based on the rank performance principle with further selection of the best clones and families for every plot under study and formation of the complex genotype estimate based on its rank position among other families and clones. Selection intensity makes 20% for families of the experimental plants and 50% for clones planted on seed plantations. **Results and discussion.** Biometric values (height, crown diameter, stem diameter, variability values of height and stem diameter) are used as the key indicators for complex evaluation, supported with relative indicators (yield, degree of damage caused by the adverse factors of the environment, plant integrity). Based on the research results the authors developed a complex genotype estimate aimed at enhancement of plantation productivity, quality and sustainability. **Conclusion.** On the seed plantations there were selected 58 clones of elite trees with certain characteristics and 37 families of Norway Spruce from the experimental plants. The best clones of elite trees selected by the results of complex estimate of vegetative progeny on seed plantations and seed progeny of experimental plantations were recommended for creating plantations with increased genetic value.

### REFERENCES

1. Danell Ö. Survey of past, current and future Swedish forest tree breeding: Joint. Meet. IUFRO Work. Part. S.2. 04-02 and S.2. 02-16, Tuusula, Sept. 1991. *Silva fennica*. 1991. 25. № 4. Pp. 241-247.
2. Faulkner R. An outline of the British tree breeding Programme. *Forest Tree Breeding in World* (ed. R. Toda). Tokio, 1974. Pp. 1-8.
3. Lang H.P. Das Samenplantagenprogramm der Osterreichischen Bundesforste. *Allg. Forstzeitung*. 1977. 88. № 2. Pp. 29-31.
4. Mikola J. Consequences of modern tree breeding techniques on breeding strategies of the main tree species in Finland: [Pap.] Proc. World. Tree Breedies Meet., Horsholm. Sept., 1990. *Forest. Tree Improv.* 1990. № 23. Pp. 81-107.
5. Wang B.S.P. Review of new developments in tree seeds. *Seed Sci. and Technol.* 1988. № 16 (1). Pp. 215-225.
6. Fedorkov A.L., Turkin A.A. Vozrast otsenki kachestva potomstv v ispytatel'nyh kul'turah sosny [Age of the progeny quality estimate on the experimental pine plantations]. *Lesovedenie* [Forest science]. 2009. No 2. Pp. 69-71.
7. Simpson D., Tosh K. The New Brunswick Tree Improvement Councils 20 years old. *Forest. Chron.* 1997. 73. № 5. Pp. 572-577.

8. Smidting R.C., Marsó M.A., Farge T.La. Performance of select Slash pine families in Argentina and USA. 25th Bien. South. Forest Tree Improvement Conf. (SFTIC), Orlando, Fla, June 9-12, 1997 : Springfield (Va), 1997. Pp. 384-386.
9. Stahl P.H., Karlsson B. Forstgenetik in Sweden. *Österr. Forstztg.* 2002. 113. № 6. Pp. 14-15.
10. Matziris D.I. Genetic variation and realized genetic gain from Aleppo pine tree improvement. *Silvae Genetica.* 2000. 50, № 1. Pp. 5-10.
11. Rau H-M. Vermehrungsgut von Samenplantagen in Vergleich zu handelsüblichen Material. *AFZ / Wald.* 1998. 53, № 5. Pp. 236-239.
12. Efimov YU.P. *Semennye plantatsii v selektsii i semenovodstve sosny obyknovennoy* [Seed plantations in selection and seed production of Scots Pine]. Voronezh : Istok, 2010. 252 p.
13. Vidakovič M., Kajaba D., Bogdan S., Podnar V., Becarevič J. Estimation of genetic gain in a progeny trial of pedunculate oak (*Quercus robur* L.). *Glas. Sum. Pokuse.* 2000. 37. Pp. 375-381.
14. Buijtenen Van J.P. The planning and strategy of seed orchards programmes including economics. *Forest. Commis. Bull.* 1975. № 54. Pp. 9-22.
15. Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii : feder. zakon: prinyat Gos. Dumoy 4 dek. 2006 g. : odobr. Sovetom Federatsii 24 noyab. 2006 g [Forest Code of the Russian Federation: Federal law. Adopted by the State Duma on December 4, 2006. Approved by the Federation Council on 24 November, 2006]. Konsul'tant Plyus : komp. sprav. pravovaya sistema [Consultant plus. Computer Reference legal system] URL : <http://www.consultant.ru/popular/newwood> (reference date: 01.10.2015).
16. Rotach P. Forstpflanzenzüchtung und Genetik im naturnahen Waldbau der Schweiz. *Osterr. Forstzeitung.* 2002. Vol. 113. № 6. Pp. 11-13.
17. Markova I.A. Sovremennye problemy lesovyrashchivaniya (lesokul'turnoe proizvodstvo) [Contemporary problems of forest growing (forest production)]. Saint Petersburg : SPbGLTA, 2008. 152 p.
18. Voronchihin, L.I. Vidyakin A.I., Ovechkin S.M. Puti povysheniya ehffektivnosti rabot po selektsii sosny i eli v Kirovskoy oblasti [Methods of efficiency enhancement of pine and spruce selection in Kirov region]. *Selektsiya tsennykh form drevesnykh porod i ih ispolzovanie dlya sozdaniya tselevykh nasa-zhdeniy : Sb. nauch. tr.* [Selection of elite forms of wood plants and their use for creating target plantations]. Voronezh : TSNILGiS, 1989. Pp. 79-83.
19. Pirags D.M., Smilga Ya.Ya. Lesosemennye plantatsii – arhivy tsennykh klonov lesnykh derev'ev (na primere osiny) [Seed plantations- archives of valuable clones of wood plants (as exemplified by aspen)]. *Semennye plantatsii v lesnom semenovodstve* [Seed plantations in forest seed industry]. Riga : Zinatne, 1985. Pp. 22-27.

The article was received 01.12.15.

**Citation for an article:** Bondarenko A. S., Zhigunov A. V. Complex Genotype Estimation of Norway Spruce for Seed Plantations with Increased Genetic Value. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2016. No 1(29). Pp. 20-29.

#### Information about the authors

*BONDARENKO Aleksandr Sergeevich* – Candidate of Agricultural Sciences, the leading researcher of the Research Department of Forest Selection and Biotechnology at Saint Petersburg Forestry Research Institute. Research interests – forest genetics and selection, application of statistical methods in forestry. Author of 38 publications.

*ZHIGUNOV Anatoly Vasilievich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Forest Plantations Department at Saint Petersburg State Forest Technical University under name of S.M.Kirov. Research interests – application of biotechnologies in forestry, methods of obtaining substrates for the planting material, reforestation technologies. Author of over 200 publications.