

УДК 630*165.6 : 630*181.522

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ КЛОНОВ КЕДРА КОРЕЙСКОГО *Pinus koraiensis* SIEBOLD ET ZUSS. НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ

Е. А. Никитенко

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства
680030, Хабаровск, ул. Волочаевская, 71

E-mail: deal808@mail.ru

Поступила в редакцию 21.12.2015 г.

Приведены результаты индивидуальной и клоновой изменчивости числа шишек на привитых деревьях кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold et Zuss. на опытной лесосеменной плантации до 21 года в Хехцирском лесничестве Хабаровского края. Максимальные показатели семеношения характерны для клоновых потомств, происходящих от родительских деревьев в возрасте 170–195 лет, с большим количеством побегов предыдущего года в кроне и средними ежегодными приростами 0.12–0.15 м в высоту и 0.24–0.29 см по диаметру. Деревья старше 200 лет дают вегетативное потомство низкой жизнеспособности со слабым семеношением, поэтому возраст отбора плюсовых деревьев кедра корейского на семенную продуктивность следует ограничить этим пределом. Коэффициенты вариации показателей семеношения по клонам в первое десятилетие после прививки составляли 35–56 %, во второе – до 154 %. Показатель относительной суммарной семенной продуктивности (ПОССП) у двух деревьев одного клона иногда различается в 10 раз и более, в то время как у наиболее урожайных клонов по сравнению с низкоурожайными – в 2–6 раз. По данным однофакторного дисперсионного анализа различия между клонами по среднему годовому числу как незрелых шишек 1-го года, так и зрелых шишек 2-го года не подтверждаются статистически для $P_b = 0.05$. Коэффициент наследуемости признака не превышает 0.08 по всем датам наблюдений, включая 21-й год после создания плантации. Для увеличения выхода семян с привитых лесосеменных плантаций кедра корейского можно рекомендовать организацию охраны и огораживание наиболее ценных участков, оптимизацию технологии прививок и уходов. До проведения генетической паспортизации заготовку черенков следует проводить только с урожайных деревьев клона.

Ключевые слова: кедр корейский, семеношение, изменчивость, лесосеменная плантация, прививки, Хабаровский край.

DOI: 10.15372/SJFS20160508

ВВЕДЕНИЕ

Разработанные в 70–80-х гг. XX в. рекомендации по отбору плюсовых деревьев на Дальнем Востоке (Временные рекомендации..., 1973; Рекомендации..., 1988) предлагали вести селекционный отбор для кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold et Zuss. сразу по двум направлениям: 1) на быстроту роста и качество ствола; 2) на урожайность семян. Плюсовые деревья должны произрастать в наиболее продуктивных типах леса – лещинных кедровниках с елью, липой и желтой березой, разнокустарниковых кедровниках с дубом и желтой березой, иметь продуктивность не ниже III класса бонитета и

полноту не менее 0.7. Оптимальный возраст отбора плюсовых деревьев 150–250 лет. Для кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока характерны разновозрастность и многоярусность, и самые толстые и высокие деревья могут оказаться здесь самыми старыми и медленнорастущими. Поэтому в первых рекомендациях по отбору плюсовых деревьев (Временные рекомендации..., 1973) минимальные размеры диаметра и высоты, допустимые при отборе плюсовых и лучших деревьев, были разработаны на основе таблиц хода роста С. Н. Моисеенко (Моисеенко, 1966) в зависимости от среднего возраста господствующего яруса, высоты и диаметра дерева. Позднее было предложено

отказаться от оценки возраста и выделять плюсовые и лучшие (лучшие нормальные) деревья только по соотношению высоты и диаметра, фактически по разрядам высот (Рекомендации..., 1988).

Кроме быстрорастущих к категории плюсовых указанные рекомендации относят деревья, отличающиеся обильным семеношением при несколько сниженных показателях роста и качества ствола. Они должны иметь хорошо развитую крону, длинную хвою и 3–4 многосемянные шишки на одном побеге.

В то же время генеративные процессы растений во многом противоположны ростовым, хотя и тесно связаны с ними. Это в первую очередь характерно для кедровых сосен (Некрасова, 1972), которые затрачивают значительное количество органических веществ на формирование урожая семян, а полный генеративный цикл занимает 3 вегетационных периода. В условиях лесосеменной плантации привитые деревья кедр корейского в целом отличаются более высокой урожайностью, но медленным ростом по сравнению с деревьями семенного происхождения (Никитенко, 2010).

На семеношение хвойных древесных пород оказывают влияние внешние и внутренние факторы. Наиболее динамичными внешними факторами, определяющими периодичность семеношения, являются климатические условия вегетационного периода в годы заложения генеративных зачатков и «цветения» (Гиргидов, 1960 и др.). Средние показатели семеношения прививочной лесосеменной плантации (ЛСП) кедр корейского изменяются с периодичностью, характерной для естественных кедровников (Никитенко, 2015). Из внутренних факторов, влияющих на семеношение дерева, выделяют возраст и генотипические особенности.

Для показателей числа генеративных органов на одном дереве характерен очень высокий уровень изменчивости. В естественных кедровниках Дальнего Востока коэффициент вариации числа шишек на дереве за один год составляет 61–79 % (Сенчукова, 1967). На прививках кедр сибирского в ареале произрастания внутрикловый коэффициент вариации достигает 92 % (Титов, 2004). Наибольший урожай в насаждениях кедр корейского дают деревья I яруса (95 % от урожая насаждения) с большим диаметром (коэффициент корреляции числа шишек и диаметра $r = +0.43-0.80$) и широкой кроной, протяженность кроны по стволу не влияет на семеношение (Кречетова, Штейникова, 1963). На

прививочной ЛСП кедр корейского число шишек слабо зависит от ширины кроны ($r = +0.34$) и числа вершин ($r = +0.31$) и совсем не зависит от высоты, диаметра дерева и протяженности кроны по стволу (Никитенко, 2010). Клоны сосны обыкновенной с усиленным ростом вегетативных органов в целом дают больше шишек (Ткаченко, 2001), но достоверно урожай прививок не зависит или слабо зависит от размера дерева (Ефимов и др., 1974; Ненюхин, 1997).

По мнению некоторых авторов, прививки кедр корейского на подвой этого же вида не ускоряют вступление в семеношение, которое у деревьев семенного происхождения начинается в 10–12 лет, в то время как прививки кедр корейского на сосну обыкновенную начинают семеношение на 3–4-й год после прививки (Кречетова, 1978). Установлена тесная положительная связь семеношения сосны обыкновенной с силой роста подвоя (Белобородов, 2000).

У прививок кедр сибирского в Красноярской лесостепи первые шишки отмечены на 7-й год, максимальное их количество 6 при среднем 2.5 шт. (Колегова, 1974). К 10 годам число шишек на высокоурожайных прививках кедр сибирского в Северо-Восточном Алтае превышает 20–30 шт., на низкоурожайных – до 5 шт. (Титов, 2004). Средний выход семян с одной прививки – 100–150 г, максимальный – 200–300 г. К 15–17 годам выход семян удваивается. Начало семеношения прививок кедровых сосен при интродукции в Воронежской области зависит от вида и возраста подвоя и привоя. За 20 лет (с 5 до 25 лет) шишки на привоях кедр корейского из Приморского края появлялись 14–15 раз. Число шишек на 1–3-летних прививках составляло 1–3 шт., 3–5-летних – 8–12, 10–13-летних – 20–40, на 25-летних прививках кедр корейского на сосну обыкновенную – 50–80 шт. (Титов, 2004). В урожайный год 12-летние прививки кедр сибирского на сосну обыкновенную в Подмосковье дали в среднем 18 шишек, максимально – 42 шт. (Северова, 1968). Семеношение привоев сосны обыкновенной и ели европейской начинается с 3–5 лет, с 10–15 лет ЛСП этих пород дают относительно стабильные урожаи шишек (Долголиков, 1973; Ефимов и др., 1974; Тараканов и др., 2001).

В естественных кедровниках в Красноярском крае выделяют следующие формы по регулярности семеношения в многолетнем цикле: крайне неравномерные, неравномерные, равномерные (Матвеева и др., 2007). На клоновой лесосеменной плантации сосны обыкновенной

отдельные клоны превышают среднюю урожайность в 2–5 раз и более (Ефимов и др., 1974). В целом тенденция к определенному типу семеношения у них сохраняется, хотя в отдельные годы некоторые клоны переходят из одной группы в другую (сильно-, средне- и слабосемяющие). Межклоновый коэффициент вариации числа макростробиллов на 17–19-летних прививках сосны обыкновенной составлял 67–82 %, внутриклоновый – 6–117 % (Ефимов и др., 1974). Доля влияния внутриклоновой принадлежности на показатели урожайности сосны обыкновенной в Чувашии составила 0.42–0.75, наиболее низкий показатель характерен для неурожайного года (Шейкина и др., 2013).

Большинство привоев на географической клоновой плантации кедр сибирского до 20 лет имело слабое семеношение (5–9 шишек на прививку), к 30 годам отдельные деревья в благоприятные годы давали до 100–200 шишек (Кузнецова, 2003). Наиболее урожайные клоны с юга Западной Сибири, Красноярского края и Тюменской области в 35–55-летнем возрасте в Красноярской лесостепи давали в среднем 13–18 шишек с одного дерева. В 30-летнем клоновом архиве кедр сибирского в Новосибирской области среднее число зрелых шишек на одном дереве в урожайный год различалось по клонам в 4.4 раза, средний показатель – 203.9 шт. с коэффициентом вариации около 35 % (Земляной и др., 2010). Для числа однолетних шишек эти же показатели немного выше с коэффициентом вариации около 48 %. Доля влияния клонов на число зрелых шишек составила 59.4 %, на число однолетних – 82.3 %.

Цель исследований – установить параметры индивидуальной изменчивости показателей семеношения клонов и отдельных привитых деревьев кедр корейского, указать факторы, влияющие на клоновую и индивидуальную семенную продуктивность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение семенной продуктивности проводили с момента закладки (1989–1990 гг.) по 2014 г. на прививочной ЛСП в Хехцирском опытном лесхозе ДальНИИЛХ (сейчас Хехцирское лесничество Хабаровского

края), созданной посадкой привитых саженцев (2(3) + 1 + 1)¹ с закрытой корневой системой. Черенки для прививок, представленных на поле № 1, нарезали со срубленных деревьев кедр корейского в бывшем Хорском лесхозе Хабаровского края, отобранных на основании изложенных выше критериев.

Число незрелых шишек 1-го года и зрелых 2-го года на каждом дереве определяли сплошным пересчетом при возрасте плантации 4 (1993), 6 (1995), 12 (2001), 17 (2006), 20 (2009) и 21 год (2010). Шишки 1-го года учитывали после опыления макростробиллов в фазе закрытой шишки по Некрасовой (1972) либо в конце лета, либо ранней осенью. Шишки 2-го года учитывали в течение лета или ранней осенью. Результаты обрабатывали при помощи Microsoft Excel 2007. Достоверность различий средних величин вычисленных показателей оценивали по *t*-критерию.

Главной методологической сложностью является формирование однородной выборки, поскольку на лесосеменной плантации наблюдается регулярное обламывание ветвей с шишками у привитых деревьев кедр корейского (Никитенко, 2010). Характер повреждений варьирует от облома одной или нескольких вершин, в результате чего теряется полностью или частично урожай текущего и следующего года, до слома всего дерева медведем на высоте 1.5–2 м, когда остаются только 2–3 нижних яруса ветвей. Такие интенсивные повреждения долго восстанавливаются, а иногда ведут к формированию чашеобразной кроны за счет быстрого замещения верхушки боковыми ветвями, причем через 2 года формируется полноценная вершина (или вершины) из спящих почек на боковых побегах. Таким образом, обломы могут как уменьшать число шишек, так и стимулировать семеношение по всей кроне. К примеру, в Корее рассматривают интенсивную обрезку как перспективный метод для контроля роста прививок кедр корейского в высоту и стимуляции семеношения (Yi et al., 2009).

При обследовании прививок часто бывает сложно оценить историю формирования урожая, особенно при отсутствии наблюдений за прошлым год. Для сравнительной оценки кло-

¹ 2–3-летние сеянцы кедр корейского весной высаживали в полиэтиленовые мешочки объемом около 2.5 л, затем дорастивали в течение одного вегетационного периода в сезонной теплице с полиэтиленовым покрытием, прививали и еще на один вегетационный период помещали в теплицу. Для некоторых клонов подвоем служили также саженцы сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.

нов из выборки пришлось исключить деревья с механическими повреждениями или их последствиями на две из трех поздних дат учета, а также учитывать нулевые наблюдения, если на прививке присутствовали только шишки 1-го или только 2-го года, что привело к отклонению некоторых средних показателей от ранее опубликованных данных (Никитенко, 2010, 2015).

Оценка влияния клоновой принадлежности на число шишек 1-го и 2-го года проведена с помощью однофакторного дисперсионного анализа с определением значения *F*-критерия Снедекора–Фишера (Биометрия, 1982). Коэффициент наследуемости показателей семеношения в широком смысле определялся как отношение генотипической к общей фенотипической дисперсии (Царев и др., 2010).

Для отбора наиболее урожайных деревьев внутри клонов введен показатель относительной суммарной семенной продуктивности (ПОССП), представляющий частное от деления суммы числа шишек 1-го и 2-го года на дереве

за несколько учетных лет (2001, 2006, 2010) на суммарную среднюю урожайность всех вошедших в выборку прививок за эти же годы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для заготовки черенков в 1988–1989 гг. отобрано 19 деревьев в возрасте от 100 до 280 лет в Лазовском (деревья 1–13) и Бичевском (деревья 1 (2) – 4 (2), 6 (2), 7 (2)) лесничествах Хорского лесхоза (табл. 1). Диаметр деревьев варьировал от 37 до 72 см, высота – от 20 до 29 м. Четыре дерева заготовки 1988 г. оказались в разной степени поражены стволовыми гнилями, в 1989 г. такие деревья были отбракованы, черенки с них не нарезали (дерево 5 (2) отсутствует). Количество заготовленных черенков зависело от наличия хорошо развитых побегов последнего года роста. Приживаемость прививок по клонам в 1988 г. составила 31–89 %, а в 1989 г. из-за смещенных сроков и неблагоприятных погодных условий – от 12 до 40 %.

Таблица 1. Характеристика маточных деревьев, использовавшихся для заготовки черенков для прививок

Номер клона на ЛСП	Диаметр, см	Высота, м	Возраст по кольцам (с поправкой на гниль), лет	Протяженность стволовой гнили по диаметру, см	Средний ежегодный прирост		Ранг дерева			Количество привитых черенков	Приживаемость прививок, %	Селекционная категория* по диаметру/высоте (Временные рекомендации..., 1973)
					по диаметру с поправкой на гниль, см	по высоте, м	по диаметру с учетом гнили	по высоте	общий			
1	70	26	280	0	0.25	0.09	9	10	9.5	–	40	л/м
2	48	25	160	0	0.30	0.16	5	4	4.5	–	71	п/п
3	64	24	180	0	0.36	0.13	2	7	4.5	47	89	п/л
4	46	24	195	0	0.24	0.12	10	8	9	160	76	л/л
5	46	22	110 (170)	24	0.20	0.13	11	7	9	15	80	п/л
6	44	20	140	0	0.31	0.14	4	6	5	–	80	п/л
7	40	20	235	0	0.17	0.09	12	10	11	11	55	м/м
8	50	22	100 (133)	20	0.30	0.17	5	3	4	55	31	п/п
9	54	25	185	0	0.29	0.14	6	6	6	111	84	п/л
10	50	25	165 (170)	3	0.28	0.15	7	5	6	115	72	п/п
11	72	29	260 (281)	10	0.24	0.10	10	9	9.5	36	67	л/л
12	42	20	120	0	0.35	0.17	3	3	3	120	86	п/п
13	46	22	180	0	0.26	0.12	8	8	8	24	71	л/н
1(2)	37	22	107	0	0.35	0.21	3	1	2	–	12	–
2(2)	53	25	150	0	0.35	0.17	3	3	3	–	23	п/п
3(2)	46	25	150	0	0.31	0.17	4	3	3.5	–	24	п/п
4(2)	54	24	125	0	0.43	0.19	1	2	1.5	–	15	п/п
6(2)	51	25	170	0	0.30	0.15	5	5	5	–	40	п/п
7(2)	44	21	150	0	0.29	0.14	6	6	6	–	12	п/л

Примечание. * п – плюсовое; л – лучшее (лучшее нормальное); н – нормальное; м – минусовое.

Клоны 6 и 8 прививали и на кедр, и на сосну обыкновенную – межвидовые прививки имели самую низкую приживаемость (61 и 21 % соответственно).

Средний ежегодный прирост по диаметру материнских деревьев имеет обратную корреляцию с возрастом ($r = -0.66$) и составляет 0.17–0.43 см. Средний ежегодный прирост по высоте имеет такую же тенденцию ($r = -0.89$; $\Delta h_{\min} = 0.09$ м; $\Delta h_{\max} = 0.21$ м). Ранговые коэффициенты деревьев по высоте и диаметру, как правило, близки друг к другу, за исключением деревьев 3 и 5. Большинство деревьев при определении селекционной категории по индивидуальному возрасту (Временные рекомендации..., 1973) относятся к плюсовым и лучшим по скорости роста, за исключением деревьев 1 и 7, возраст которых превысил 200 лет. При использовании в качестве входа среднего возраста господствующего яруса, как это делается при определении селекционных категорий растущих деревьев, селекционные категории если и изменяются, то незначительно. Зато при наложении характеристик материнских деревьев на дорабо-

танную шкалу без учета возраста (Рекомендации..., 1988) почти все деревья, кроме 11 и 3 (2), попадают в категорию минусовых, что говорит о полной несовместимости этих подходов селекционной оценки.

Первое образование макростробилов у некоторых прививок отмечено уже в год прививки, для повышения приживаемости и адаптации прививок на ЛСП генеративные зачатки обрезали на начальных стадиях до 1991 г. включительно (возраст первых прививок 3 года, возраст ЛСП 2 года). К 1993 г. в среднем 17 % прививок сформировали шишки 1-го года (табл. 2), 12 % имели значительные механические повреждения или были заглушены подвоем, 71 % не «цвели» без видимых причин. Максимальное число шишек 1-го года на одном дереве наблюдалось у клонов 3 и 9 – по 6 шт. Наибольшую среднюю урожайность (число шишек 1-го года на одно дерево с шишками) показали клоны 4 и 9, различие с остальными клонами статистически достоверно для $P_b = 0.99$. Представители этих же клонов (+ клон 10) позднее окажутся лучшими и по ПОССП. Коэффициенты вариации числа

Таблица 2. Показатели результатов «цветения» в 1993 г.

Номер клона на ЛСП	Число прививок высажено/сохранилось к 1993 г., шт.	Деревьев с шишками 1-го года		Всего шишек 1-го года, шт.	Число шишек 1-го года на 1 дерево, шт.	
		шт.	%		среднее	максимальное
1	4/1	0	0	0	–	0
2	2/2	1	50	1	1.0	1
3	47/44	21	48	55	2.6	6
4	100/94	10	11	37	3.7	5
5	11/9	0	0	0	–	0
6	2/2	0	0	0	–	0
7	5/2	0	0	0	–	0
8	9/7	1	14	2	2.0	2
9	90/87	30	34	110	3.7	6
10	70/65	19	29	49	2.6	5
11	20/19	0	0	0	–	0
12	101/82	7	9	16	2.3	4
13	16/11	2	18	6	3.0	5
(6 и 8) к/с*	28/8	4	50	8	2.0	3
1(2)	13/12	0	0	0	–	0
2(2)	15/9	1	11	1	1.0	1
3(2)	37/34	0	0	0	–	0
4(2)	8/3	0	0	0	–	0
6(2)	32/26	0	0	0	–	0
7(2)	65/51	1	2	2	2.0	2
Итого	675/568	97		287		
Среднее			17		3.0	

Примечание. * к/с – прививки черенков кедр корейского на сосну обыкновенную.

шишек 1-го года на одной прививке с ненулевым значением по клонам в 1993 г. составили 35–56 %.

Прививки кедр корейского (клоны 6 и 8) на сосну обыкновенную показали урожайность ниже лучших клонов, сопоставимую с внутривидовыми прививками этих же клонов, тем самым ставя под сомнение общий характер вывода о более раннем семеношении кедр на подвоях сосны обыкновенной по сравнению с подвоями кедр корейского (Кречетова, 1978).

Начало массового образования шишек (третья часть прививок) отмечено в 1995 г. (6–7 лет после прививки). Максимальное число шишек 2-го года (8 шт.) дали два дерева клонов – 4 и 9, у которых ПОССП составил 1.96 и 1.84 соответственно. Средний показатель (4.0 шт. на одно дерево с шишками) у лучшего из клонов (4) – 4.8 шт. В целом наблюдалось семеношение более равномерное, чем 2 года назад: коэффициенты вариации по клонам составили 36–42 %, а различия средних статистически не-

достоверны. Среди клонов, представленных небольшим числом прививок, высокоурожайных деревьев не отмечено. Угнетение привоя подвоем и механические повреждения отмечены у пятой части прививок без шишек. Из прививок с относительной суммарной семенной продуктивностью выше средней (ПОССП больше 1) шишки 2-го года уже тогда дали 47 % прививок, в то время как из низкоурожайных – лишь 24 %. Прививки на подвой сосны обыкновенной сохранились в количестве 4 шт., из них для трех отмечено сильное угнетение привоя подвоем, а на одной сформировались 3 шишки 2-го года. У 12-летних прививок максимальный показатель шишек 1-го года – 50, 2-го года – 11 при средних для выборки 9.0 и 2.4 шт. соответственно (табл. 3). Среднее число шишек по клонам в неурожайный 2001 г. отличается максимально в 2 раза, ожидаемое в относительно урожайный 2002 г. – в 3.5 раза; коэффициенты вариации числа шишек 2-го года по клонам – от 48 до 124 %, 1-го года – от 41 до 104, всей выборки –

Таблица 3. Показатели семеношения в 2001, 2006 и 2010 гг.

№ клона	Показатели семеношения в разном возрасте на прививочной ЛСП								
	12 (2001 г.)			17 (2006 г.)			21 (2010 г.)		
	Число деревьев в выборке, шт.	Число среднее/максимальное		Число деревьев в выборке, шт.	Число среднее/максимальное		Число деревьев в выборке, шт.	Число среднее/максимальное	
шишек-1		шишек-2	шишек-1		шишек-2	шишек-1		шишек-2	
3	7	4.7	2.3	5	0.6	15.8	13	12.5	10.7
		12	6		3	43		32	27
4	23	6.3	3.3	22	10.0	19.5	18	13.8	8.5
		20	11		32	64		42	30
8	–	–	–	4	4.5	20.5	2	17.5	8.0
		–	–		12	38		26	10
9	33	10.7	2.1	36	13.1	14.8	34	21.3	16.9
		43	10		116	48		62	46
10	28	11.1	2.2	23	15.3	10.5	11	14.9	20.3
		50	9		55	41		40	47
12	5	6.2	–	4	2.5	3.5	3	10.3	0.3
		11	0		5	6		19	1
3(2)	–	–	–	3	–	5.0	–	–	–
		–	–		0	8		–	–
6(2)	2	5.2	4.5	2	–	14.0	1	4.0	–
		10	7		0	16		4	0
7(2)	1	3.0	–	1	3.0	–	2	9.5	13.5
		3	0		3	0		15	18
Сумма	99			100			84		
Среднее в выборке		9.0	2.4		10.8	14.2		17.9	13.4

Примечание. Здесь и в табл. 4 шишки-1 – незрелые (1-го года); шишки-2 – зрелые (2-го года).

134 и 99 % соответственно. Внутри каждого клона есть как урожайные, так и неурожайные деревья. Наиболее урожайные прививки имеют к этому моменту несколько вершин, формы крон различны (Никитенко, 2010). Места прививок практически незаметны, ветвление начинается почти от земли (до 30 см от земли), крона сформирована полностью за счет привоя.

Через 17 и 21 год после прививки изменчивость показателей семеношения остается такой же высокой. В 2006 г. минимальные показатели коэффициентов вариации шишек 1-го года составляют около 100 % (83, 97 и 99 % у клонов 12, 4 и 10 соответственно) при общем коэффициенте 144 %. Выше 100 % значения коэффициентов у клонов 8 (117 %) и 9 (154 %). Для числа шишек 2-го года на одном дереве коэффициенты изменяются от 60 до 98 % при среднем для выборки 89 %. Равномерность семеношения не зависит от средней урожайности клона, а определяется числом высокоурожайных деревьев клона и деревьев с нулевыми показателями в выборке. Лучшие деревья дают урожай не только на вершине, но и по всей кроне, регулярно подвергаясь при этом механическим повреждениям.

По многолетним наблюдениям наиболее урожайными оказались клоны 4, 9, 10, слабоурожайными – 3, 12, 3 (2), 6 (2), 7 (2), деревья клона 8 показали нестабильные характеристики. Представители остальных клонов выпали со-

всем или представлены единичными деревьями без макростробилов и шишек на моменты учета. Совершенно нежизнеспособными оказались прививки черенками с родительских деревьев в возрасте старше 200 лет. Некоторые клоны оказались в меньшинстве по случайным причинам.

Показатель относительной суммарной семенной продуктивности клонов имеет слабую и средней степени отрицательную корреляцию с приростом материнского дерева по высоте и диаметру ($r = -0.30$ и -0.43 соответственно) и положительную – с возрастом ($r = +0.41$). Оказалось, что наиболее урожайные клоны были размножены в возрасте 170–195 лет, маточные деревья характеризовались средними ежегодными приростами 0.12–0.15 м в высоту и 0.24–0.29 см – по диаметру.

ПОССП отдельных деревьев изменяется от 0.11 до 2.61, причем в пределах всех высокоурожайных клонов встречаются низко-, средне- и высокоурожайные деревья. Например, клон 9 представлен деревьями с ПОССП от 0.18 до 2.01, клон 10 – от 0.24 до 2.55, т. е. многолетняя урожайность двух деревьев одного клона различается в 10 раз и более.

В то же время по данным однофакторного дисперсионного анализа различия между клонами по среднему годовому числу шишек не подтверждаются статистически для $P = 0.05$ (табл. 4).

Таблица 4. Результаты однофакторного дисперсионного анализа показателей семеношения для поля № 1 клоновой ЛСП в 2001, 2006 и 2010 гг.

Источники изменчивости и вычисленные показатели	Число степеней свободы (ν) и средний квадрат (MS) по годам								
	12 (2001)			17 (2006)			21 (2010)		
	ν	MS		ν	MS		ν	MS	
		шишки-1	шишки-2		шишки-1	шишки-2		шишки-1	шишки-2
Внутри клонов, средняя	92	78.0	10.0	91	237.6	149.4	75	174.9	148.4
По клонам:									
3	6	19.9	5.6	4	1.8	241.7	12	85.8	112.6
4	22	43.7	16.7	21	93.7	228.0	17	123.9	75.2
8	–	–	–	3	27.7	209.7	1	144.5	8.0
9	32	87.2	7.8	35	411.9	148.2	33	250.9	191.4
10	27	117.6	9.3	22	233.0	89.9	10	135.9	213.8
12	4	10.7	0	3	4.3	6.3	2	57.3	0.3
3.2	–	–	–	2	0	9.0	–	–	–
6.2	0	–	–	1	0	12.5	0	–	–
7.2	1	0	6.3	0	–	–	1	84.5	40.5
Между клонами	6	84.8	10.0	8	283.8	254.2	8	190.6	277.8
Полная (общая) дисперсия	98	78.5	10.0	99	241.4	157.9	83	176.4	160.9
$F_{\text{эсп}}$		1.07	1.00		1.19	1.70		1.09	1.87
$F_{\text{табл}} (P = 0.05)$		3.72	3.72		2.98	2.98		3.28	3.28
Коэффициент наследуемости		0.01	0.00		0.02	0.05		0.01	0.08

Средняя дисперсия внутри отдельных клонов превышает общую дисперсию и не зависит от числа степеней свободы. Средняя внутригрупповая изменчивость почти такая же, как и между группами. Коэффициент наследуемости для показателей числа шишек не превышает 0.08. С нашей точки зрения, это вызвано большим числом случайных факторов, воздействующих на прививки. Следует отметить, что в крайних рядах поля высокоурожайные деревья отсутствуют, в периферийных их мало, что может быть связано с большей степенью расхищения семян животными и людьми и связанными с этим механическими повреждениями. Возможно влияние различного пыльцевого режима или растений-опылителей, поскольку с южной и юго-восточной сторон к участку примыкают сложные осинники с кедром и елью в верхнем ярусе, а на расстоянии 400 м – кедровник с елью, ясенем и желтой березой 130 лет, расположенный выше по склону.

Значение коэффициента наследуемости может определяться и низким уровнем генетической изменчивости рассмотренной части искусственной популяции, в результате чего экологическая изменчивость значительно превышает генетически обусловленную. Не исключены ошибки при маркировке прививок, влияние подвоев на семеношение и другие случайные факторы.

ВЫВОДЫ

1. Деревья старше 200 лет дают вегетативное потомство низкой жизнеспособности со слабым семеношением, поэтому возраст отбора плюсовых деревьев на семенную продуктивность следует ограничить этим пределом. Деревья, отобранные по шкале с учетом возраста, высоты и диаметра (Временные рекомендации..., 1973) в большей степени соответствуют требованиям к исходному материалу для селекции на семенную продуктивность.

2. Максимальные показатели семеношения характерны для клоновых потомств, происходящих от родительских деревьев в возрасте 170–195 лет с большим количеством побегов предыдущего года в кроне при заготовке черенков, со средними для популяции показателями роста материнского дерева в высоту и по диаметру. Обязательным условием высоких урожаев семян у клонов является хорошая приживаемость в год производства прививок и после посадки на плантацию.

3. Уже через 5–6 лет после прививки проявляется способность деревьев к стабильным показателям семеношения. Через 17 лет после прививки можно отбирать и размножать урожайные деревья. Следует воздержаться от отбраковки до постановки опытов и получения результатов контролируемых скрещиваний и выяснения роли опылителей в формировании урожая.

4. Изменчивость показателя числа незрелых шишек 1-го года и шишек 2-го года на одно дерево внутри клона начиная со 2-го десятилетия часто превышает 100 %. Показатель относительной суммарной семенной продуктивности у двух деревьев одного клона иногда различается в 10 раз и более. Наиболее урожайные клоны превышают семенную продуктивность низкоурожайных клонов в 2–6 раз. Однако вследствие высокой изменчивости различия в урожайности клонов не подтверждаются статистически на уровне вероятности $P_v = 0.05$ на все (кроме самой ранней) даты наблюдений, включая 21-й год после создания плантации.

5. По результатам исследования для увеличения выхода семян с привитых лесосеменных плантаций кедра корейского можно рекомендовать организацию охраны и огораживание наиболее ценных полей ЛСП, оптимизацию технологии прививок и последующей обрезки подвоев. До проведения генетической паспортизации и исключения ошибок при производстве прививок заготовку черенков следует проводить только с урожайных деревьев клона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белобородов В. М. Влияние подвоев на рост и урожай шишек сосны обыкновенной // Лесоведение. 2000. № 2. С. 51–58.
- Биометрия: учеб. пособ. / Н. В. Глотов, Л. А. Животовский, Н. В. Хованов, Н. Н. Хромов-Борисов (под ред. М. М. Тихомировой). Л.: Изд-во Ленинградск. гос. ун-та, 1982. 264 с.
- Временные рекомендации по отбору плюсовых деревьев и закладке семенных плантаций кедра корейского, сосны обыкновенной и лиственницы даурской / сост. Г. В. Сенчукова, Т. Ф. Емолкина. М.: ЦБНТИ, 1973. 36 с.
- Гиргидов Д. Я. Методы повышения семеношения сосны обыкновенной // Вопросы лесоведения и лесоводства: докл. на V Всемирном лесном конгрессе. М.: АН СССР, 1960. С. 157–163.
- Долголиков В. И. Особенности формирования урожая на семенной плантации // Лесн. хоз-во. 1973. № 4. С. 39–41.

- Ефимов Ю. П., Белобородов В. М., Самбуров В. С. Рост и плодоношение сосны на клоновой семенной плантации // Лесн. хоз-во. 1974. № 12. С. 37–39.
- Земляной А. И., Ильичев Ю. Н., Тараканов В. В. Межклоновая изменчивость кедра сибирского по элементам семенной продуктивности: перспективы отбора // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII. № 1–2. С. 77–82.
- Колегова Н. Ф. Семенные прививочные плантации // Лесн. хоз-во. 1974. № 11. С. 50–52.
- Кречетова Н. В. Семеноводство кедра корейского на Дальнем Востоке // Лесн. хоз-во. 1978. № 2. С. 72–73.
- Кречетова Н. В., Штейникова В. И. Плодоношение кедра корейского. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1963. 60 с.
- Кузнецова Г. В. Семеношение и качество семян клонов кедра сибирского разного происхождения на плантации в Красноярской лесостепи // Лесоведение. 2003. № 6. С. 42–48.
- Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Милютин Л. И., Братилова Н. П., Кузьмина Н. А. Селекция и семеноводство хвойных пород: учеб. пособ. Красноярск: СибГТУ, 2007. 72 с.
- Моисеенко С. Н. Таблицы хода роста кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока. Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 1966. 91 с.
- Некрасова Т. П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1972. 274 с.
- Ненюхин В. Н. Рост и плодоношение клонов сосны на плантации первого порядка // Лесн. хоз-во. 1997. № 2. С. 36–38.
- Никитенко Е. А. Многовершинность кедра корейского на лесосеменных плантациях // Лесоведение. 2010. № 1. С. 52–58.
- Никитенко Е. А. Динамика семеношения плантации кедра корейского в Хабаровском крае // Лесоведение. 2015. № 2. С. 113–121.
- Рекомендации по отбору плюсовых деревьев, селекционной инвентаризации лесов, закладке и формированию ЛСП и ПЛСУ ели аянской, кедра корейского и лиственницы даурской в Хабаровском и Приморском краях / сост. Д. А. Титоренко, П. Н. Разумов, Л. А. Ершов. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1988. 16 с.
- Северова А. И. Семеношение прививок хвойных пород // Лесн. хоз-во. 1968. № 2. С. 58–61.
- Сенчукова Г. В. Формовое разнообразие кедра корейского // Охрана, рациональное использование и воспроизводство естественных ресурсов Приамурья: тез. конф. Хабаровск: Изд-во Приамурского (Хабаровского) филиала геогр. об-ва СССР, 1967. С. 53–55.
- Тараканов В. В., Демиденко В. П., Ищутин Я. Н., Бушков Н. Т. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2001. 230 с.
- Титов Е. В. Плантационное выращивание кедровых сосен: учеб. пособ. Воронеж: Воронежск. гос. лесотехн. акад., 2004. 165 с.
- Ткаченко А. Н. Репродуктивная способность клонов сосны на лесосеменной плантации Брянской области // Лесн. хоз-во. 2001. № 1. С. 38–39.
- Царев А. П., Погиба С. П., Лаур Н. В. Методы оценки наследуемости // Генетика лесных древесных растений: учебник. М.: МГУЛ, 2010. С. 213–216.
- Шейкина О. В., Лебедева Э. П., Шуганов З. Х. Фенотипическая и генетическая изменчивость клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации в Чувашской Республике. Йошкар-Ола: Поволжск. гос. техн. ун-т, 2013. 160 с.
- Yi Jae-Seon, Choi Yong-Eui, Kim Chul-Woo, Lee Hyun-Seok, An Chan-Hoon. Crown control and forest farming for sustainable management of *Pinus koraiensis* plantation // Int. Not-Timber For. Products Symp., 23–24 Oct., 2009. College of Forest and Environ. Sci., Kangwon Nat. Univ., Chuncheon, Rep. of Korea, 2009. P. 168–170.

THE RESULTS OF CLONE BREEDING OF KOREAN PINE *Pinus koraiensis* SIEBOLD ET ZUCC. ON SEED PRODUCTIVITY

E. A. Nikitenko

*Far East Forestry Research Institute
Volochevskaya str., 71, Khabarovsk, 680020 Russian Federation*

E-mail: deal808@mail.ru

In this report the results of individual and clone variability of the number of cones on Korean pine *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. grafting trees on experimental seed plantation (up to 21 years) in Khekhtsirskii Forestry unit of Khabarovsk region are presented. The maximum characteristics of seed bearing were proper for clones of trees at the age of 170–195 with a large number of the previous year sprouts and the average annual growth in the range of 0.12–0.15 m in height and 0.24–0.29 cm in diameter. The trees over 200 years have weak vitality grafts. That's why the age of Korean pine seed productivity breeding should be limited by this age. The coefficients of variation of the clone seed bearing characteristics amount to 35–56 % during the first decade, later – up to 154 %. The variability of the whole population is the same. Sometimes, the Rate of Relative Total Seed Productivity (RRTSP) differs ten or more times in two trees of one clone, while the best clones exceed the worst ones 2–6 times. As consistent with a single-factor analysis of variance, clone differences in the numbers of cones are not significant for $P = 0.05$. This characteristic heritability coefficient (H^2) has not exceeded 0.08 during of all dates of the observations, including the twenty first years after the seed plantation creation. It is recommended to organize protection and enclosure of the most valuable plots, to optimize the graft and nursing technology for the grafted seed plantations. It is necessary to prepare the graft cuttings only from productive trees of productive clone before genetic certification.

Keywords: *Korean pine, seed production, variability, forest seed plantation, grafts, Khabarovsk Krai.*

How to cite: *Nikitenko E. A. The results of clone breeding of Korean pine *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. on seed productivity // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Siberian Journal of Forest Science). 2016. N. 5: 81–90 (in Russian with English abstract).*