

УДК 630*232.311.9

Л. Ф. Поплавская, С. В. Ребко, П. В. Тупик

Белорусский государственный технологический университет

**РОСТ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И НАСЛЕДУЕМОСТЬ ВЫСОТЫ
СЕМЕННОГО ПОТОМСТВА КЛОНОВОЙ ГИБРИДНО-СЕМЕННОЙ
ПЛАНТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В 7-ЛЕТНЕМ ВОЗРАСТЕ**

Проведены исследования по изучению роста и продуктивности семенного потомства клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной в испытательных культурах. Испытательные культуры сосны обыкновенной в 7-летнем возрасте отличаются высокими показателями роста. Из 20 испытуемых семей 9 потомств произрастают лучше контрольного варианта, у 11 семей показатели высоты ниже контроля. По суммарному объему стволов различия среди семенных потомств оказались значительными. Объем стволов деревьев на делянке только лишь у 2 семей оказался ниже контрольного варианта (соотношение с контролем – 62,8 и 99,8%). У 17 из 20 семей объем стволов на делянке превышает контроль более чем на 10% (от 111 до 228%). По запасу стволовой древесины все семьи, за исключением двух, превышают контроль. Также в испытательных культурах определена наследуемость высоты семенного потомства сосны обыкновенной, которая составила 39,8%.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, рост, продуктивность, наследуемость, потомство семенное, плантация гибридно-семенная, культуры испытательные.

L. F. Poplavskaya, S. V. Rebko, P. V. Tupik

Belarusian State Technological University

**GROWTH, PRODUCTIVITY AND HERITABILITY OF THE HEIGHT
OF THE SEED PROGENY CLONAL HYBRID SEED PLANTATION
OF SCOTS PINE AT 7 YEARS OF AGE**

Conducted studies on growth and productivity of seed progeny clonal hybrid seed plantation of scots pine in the test cultures. Test cultures of scots pine at 7 years of age have high rates of growth. Of the 20 subjects 9 families of offspring grow better monitoring, indicators 11 families below the height control. On the total volume of the trunks of the differences among the seed progenies were significant. The volume of tree trunks in the compartment in only 2 families were below the control variant (ratio of control to 62.8 and 99.8%). In 17 of the 20 families, the volume of trunks in the compartment exceeds the control by more than 10% (from 111 to 228%). A supply of stem wood of all the families, except two, exceed the control. Also in test cultures determined the heritability of height of seed progeny of scots pine, which amounted to 39.8%.

Key words: pine ordinary, growth, productivity, heritability, seed progeny, hybrid seed plantation, test culture.

Введение. В настоящее время неоспоримой считается возможность значительного повышения продуктивности лесных насаждений, помимо прочих методов и способов, за счет имеющихся достижений лесной генетики и селекции [1]. По мнению ряда исследователей, при использовании селекционно-улучшенного посевного и посадочного материала можно добиться заметного (до 15–25%) повышения продуктивности древостоев [2, 3].

По результатам наших исследований, полученных ранее [4–6], внедрение в практику лесокультурного производства отдаленных внутривидовых гибридов сосны обыкновенной, отличающихся интенсивным ростом в высоту, позволяет получать уже к 10-летнему возрасту культуры с более мощным ростом (до 15%) в сравнении с контролем.

Целью данной работы является оценка роста и продуктивности, а также определение различий в росте и наследуемости высоты у семенного потомства клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза в 7-летнем возрасте, т. е. в возрасте перевода лесных культур в покрытую лесом площадь.

Основная часть. Исследования по изучению роста и продуктивности культур сосны обыкновенной проводились 15.09.2015 в квартале 19, выделе 36 Краснослободского лесничества ГЛХУ «Старобинский лесхоз» на площади 0,6 га. История создания данного объекта описана нами ранее в работе [7].

Всего было подвергнуто исследованию 20 семей сосны обыкновенной. Для сравнения показателей роста и продуктивности в качестве

контроля на участке высажено семенное потомство сосны обыкновенной, выращенное из семян лесосеменной плантации первого порядка ГЛХУ «Старобинский лесхоз».

По фактически измеренным высотам и диаметрам деревьев определяли объемы стволов деревьев всех потомств. Видовое число сосны обыкновенной равно 0,53 в соответствии с таблицами хода роста А. В. Тюрина [8].

Объемы стволов деревьев у потомств выражали в абсолютных ($\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$) и относительных (%) величинах. Запас гибридных семей сосны обыкновенной находили путем суммирования фактических объемов 40 деревьев каждой испытуемой семьи на участке с последующим переводом полученных объемов в запас на единицу площади, т. е. на 1 га.

Для определения расчетного запаса стволовой древесины нами была использована следующая формула:

$$M = \frac{F \cdot 10\,000}{S},$$

где M – расчетный запас стволовой древесины, $\text{м}^3/\text{га}$; F – фактический запас стволовой древесины на делянках, м^3 ; 10 000 – площадь 1 га, м^2 ; S – площадь делянки, занимаемой одной гибридной семьей, м^2 .

Для установления достоверности различий по показателю высоты среди исследуемых семей сосны обыкновенной в 7-летнем возрасте нами был применен такой статистический метод, как однофакторный дисперсионный анализ, позволяющий не только сравнивать показатели роста семей между собой, но и измерять степень наследуемости высоты потомства в культурах. Проведенные исследования семенного потомства сосны обыкновенной в культурах показали, что при произрастании испытуемые семьи гибридно-семенной плантации характеризуются различным ростом.

Так, показатель высоты деревьев в 7-летнем возрасте варьирует от 286 см (семья 6–3) до 351 см (семья 7–6). В контрольном варианте средняя высота семенного потомства плантации Старобинского лесхоза составляет 301 см.

Из 20 испытуемых семей 9 потомств произрастают лучше контроля, у 11 семей показатели высоты растений ниже контрольного варианта (табл. 1). По диаметру деревьев все испытуемые семьи произрастают лучше контроля.

По суммарному объему стволов на делянке (по 40 деревьев в каждой семье) различия среди семенных потомств также оказались значительными. Так, объем стволов деревьев на делянке только лишь у 2 семей оказался ниже

контрольного варианта (соотношение с контролем составляет 62,8 и 99,8%).

У 17 из 20 семей объем стволов на делянке превышает контроль более чем на 10% (от 111 до 228%). По запасу стволовой древесины все семьи, за исключением двух (2,8 и 4,4 $\text{м}^3/\text{га}$), превышают контрольный вариант (4,5 $\text{м}^3/\text{га}$) – от 4,7 до 10,2 $\text{м}^3/\text{га}$.

С целью определения различий в росте и наследуемости высоты семенным потомством клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной нами был применен метод однофакторного дисперсионного анализа (табл. 2).

Для установления достоверности различий в росте среди испытуемых семей необходимо рассчитать ряд показателей, следуя строгому алгоритму вычисления дисперсии и дисперсий.

Дисперсия (C) – это наличие разнообразия в группе и первичная мера разнообразия. Дисперсия равна сумме квадратов центральных отклонений.

Факториальная дисперсия (C_x) – это дисперсия частных средних около общей средней.

Случайная дисперсия (C_z) – это дисперсия дат около своих частных средних.

Общая дисперсия (C_y) – это дисперсия дат около общей средней.

Варианса (δ) – это дисперсия, деленная на число степеней свободы. Различают факториальную (δ_x^2) и случайную (δ_z^2) дисперсии.

Сначала необходимо рассчитать средний взвешенный квадрат общей средней величины по формуле

$$H_{\Sigma} = \frac{\sum \sum V^2}{N} = \frac{50\,189^2}{165} = 15\,266\,277,1.$$

Далее вычисляется факториальная дисперсия по следующей формуле:

$$C_x = \sum H_i - H_{\Sigma} = 15\,370\,551,4 - 15\,266\,277,1 = 104\,274,3.$$

Затем находится случайная дисперсия по формуле

$$C_z = \sum V^2 - \sum H_i = 15\,528\,043,0 - 15\,370\,551,4 = 157\,491,6.$$

После чего определяется общая дисперсия по следующей формуле:

$$C_y = C_x + C_z = 104\,274,3 + 157\,491,6 = 261\,765,9.$$

Факториальная дисперсия рассчитывается по формуле

$$\delta_x^2 = \frac{C_x}{R-1} = \frac{104\,274,3}{11-1} = 10\,427,43.$$

Таблица 1

**Средние показатели роста 7-летнего семенного потомства сосны обыкновенной
клоновой гибридно-семенной плантации Негорельского УОЛХ**

Номер семьи	Показатели роста		Суммарный объем стволов на делянке		Запас стволовой древесины, м ³ /га
	средняя высота, см	средний диаметр, см	м ³ · 10 ⁻³	соотношение с контролем, %	
3–6	317,8 ± 4,8	3,2 ± 0,1	55,83	156,9	7,0
6–3	285,9 ± 4,4	2,9 ± 0,1	42,39	119,1	5,3
6–7	324,9 ± 2,8	3,4 ± 0,1	65,09	182,9	8,1
7–3	313,0 ± 4,4	3,2 ± 0,1	56,08	157,6	7,0
7–4	296,9 ± 6,3	3,0 ± 0,1	49,97	140,4	6,3
7–5	337,1 ± 4,9	3,3 ± 0,1	64,98	182,6	8,2
7–6	351,5 ± 3,5	3,7 ± 0,1	81,26	228,4	10,2
7–7	297,0 ± 5,5	3,1 ± 0,1	51,58	145,0	6,5
7–8	319,9 ± 5,6	3,2 ± 0,1	58,44	164,2	7,3
7–9	316,3 ± 5,0	3,1 ± 0,1	51,17	143,8	6,4
7–10	297,5 ± 4,3	3,3 ± 0,1	55,59	156,2	7,0
8–5	279,5 ± 4,8	2,9 ± 0,1	22,33	62,8	2,8
12–3	295,8 ± 2,3	2,7 ± 0,1	39,49	111,0	4,9
12–9	288,5 ± 7,1	3,0 ± 0,1	46,26	130,0	5,8
12–10	297,1 ± 5,6	3,1 ± 0,1	50,28	141,3	6,3
13–1	306,6 ± 5,6	2,9 ± 0,1	46,27	130,0	5,8
13–2	293,8 ± 3,9	2,7 ± 0,1	37,31	104,9	4,7
13–3	297,4 ± 4,5	2,9 ± 0,1	41,95	117,9	5,2
13–4	278,4 ± 4,7	2,7 ± 0,1	35,50	99,8	4,4
13–9	311,0 ± 6,0	3,1 ± 0,1	55,08	154,8	6,9
Контроль	301,4 ± 7,2	2,6 ± 0,1	35,58	100,0	4,5

Примечание. В качестве контрольного варианта для сравнения показателей роста взято семенное потомство сосны обыкновенной, выращенное из семян лесосеменной плантации первого поколения ГЛХУ «Старобинский лесхоз». Диаметр деревьев в 7-летнем возрасте измерялся на высоте 1,3 м штангенциркулем (точность ±1 мм), высота деревьев – с помощью мерного шеста (точность ±5 см).

Таблица 2

**Определение достоверности различий в росте 7-летнего семенного потомства
клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной Негорельского УОЛХ
при помощи однофакторного дисперсионного анализа**

V	Градации исследуемого признака для семенного потомства											Число градаций R = 11
	7–6	7–5	6–7	7–9	Контроль	12–3	13–2	12–9	6–3	8–5	13–4	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	N = R · n = = 11 · 15 = = 165
∑V	5 284	5 104	4 903	4 770	4 547	4 462	4 360	4 264	4 264	4 137	4 124	∑∑V = = 50 189
∑V ²	1 869 404	1 750 838	1 607 221	1 514 700	1 412 765	1 330 328	1 275 696	1 242 616	1 224 938	1 153 599	1 145 938	∑∑V ² = = 15 528 043
H _i = (∑V) ² / n	1 861 377	1 736 721	1 602 627	1 497 840	1 378 347	1 327 296	1 267 304	1 212 113	1 212 113	1 140 985	1 133 825	∑H _i = = 15 370 551

Примечание. R – число градаций опытных групп; n – количество измерений в дате; N – произведение числа градаций на количество измерений в дате; V – даты (измерения); n – количество дат; ∑ – знак суммы; ∑V – сумма дат; ∑∑V – сумма суммы дат; ∑V² – сумма квадратов дат; ∑∑V² – сумма суммы квадратов дат; (∑V)² – сумма дат, возведенная в квадрат; H_i – взвешенный квадрат центральных отклонений частных средних; ∑H_i – сумма взвешенных квадратов центральных отклонений частных средних.

Случайная вариация вычисляется по следующей формуле:

$$\delta_z^2 = \frac{C_z}{N-R} = \frac{157\,491,6}{165-11} = 1022,67.$$

Достоверность различий по Фишеру (F) устанавливается путем сравнения фактического значения (F_{fact}) со стандартным табличным значением (F_{st}) и определяется по формуле

$$F = \frac{\delta_x^2}{\delta_z^2} = \frac{10\,427,43}{1022,67} = 10,2$$

при $F_{\text{st}} = \{5,1; 3,4; 2,3\}$.

Дисперсионный анализ также позволяет оценить силу проявления признака, или силу влияния признака, т. е. коэффициент наследуемости высоты (η_x^2).

Коэффициент наследуемости высоты рассчитывается по формуле

$$\eta_x^2 = \frac{C_x}{C_y} = \frac{104\,274,3}{261\,765,9} = 0,39835,$$

или 39,8%.

Ошибку коэффициента наследуемости высоты находят по формуле

$$m_{\eta_x^2} = (1 - \eta_x^2) \cdot \frac{R-1}{N-R} =$$

$$= (1 - 0,39835) \cdot \frac{11-1}{165-11} = 0,03907.$$

Таким образом, коэффициент наследуемости высоты (η_x^2) семенного потомства сосны обыкновенной и его ошибка ($m_{\eta_x^2}$) составили $\eta_x^2 = 0,39835 \pm 0,03907$.

Достоверность коэффициента наследуемости по Фишеру (F) устанавливается путем сравнения фактического значения (F_{fact}) со

стандартным табличным значением (F_{st}) и определяется по формуле [9]:

$$F = \frac{\eta_x^2}{m_{\eta_x^2}} = \frac{0,39835}{0,03907} = 10,2$$

при $F_{\text{st}} = \{5,1; 3,4; 2,3\}$.

Таким образом, показатель наследуемости высоты семенным потомством клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза в 7-летнем возрасте составляет $\eta_x^2 = 0,39835 \pm 0,03907$, или 39,8%.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- испытательные культуры клоновой гибридно-семенной плантации сосны обыкновенной Негорельского учебно-опытного лесхоза в 7-летнем возрасте характеризуются высокими показателями роста;

- из 20 поставленных на испытание семей у 9 потомств показатель высоты растений выше контроля, у 11 семей средняя высота деревьев ниже контрольного варианта;

- по суммарному объему стволов различия среди семенных потомств оказались значительными. Объем стволов деревьев на делянке только лишь у 2 семей оказался ниже контрольного варианта (соотношение с контролем – 62,8 и 99,8%). У 17 из 20 семей объем стволов на делянке превышает контроль более чем на 10% (от 111 до 228%). По запасу стволовой древесины все семьи, за исключением двух, превышают контроль;

- коэффициент наследуемости высоты (η_x^2) семенного потомства сосны обыкновенной в испытательных культурах 7-летнего возраста составил 39,8%;

- достоверность коэффициента наследуемости высоты подтверждается рассчитанным критерием Фишера ($F = 10,2$ при $F_{\text{st}} = 5,1$).

Литература

1. Царев А. П., Погиба С. П., Тренин В. В. Селекция и репродукция лесных древесных пород. М.: Логос, 2002. 503 с.
2. Гиргидов Д. Я. Семеноводство сосны на селекционной основе. М.: Лесная пром-сть, 1976. 63 с.
3. Альбенский А. В. Селекция древесных пород и семеноводство. М.: Гослесбумиздат, 1959. 305 с.
4. Poplavskaya L. F., Rebko S. V., Tupik P. V. The examination of seed posterity of scots pine hybrid seed plantations in different forest // Forestry. 2013. No. 1. P. 115–117.
5. Poplavskaya L. F., Tupik P. V., Rebko S. V. Age dynamics of growth separate families of a hybrid-seed plantation pines ordinary in various forest growth areas // Forestry. 2014. No. 1. P. 104–107.
6. Ребко С. В., Поплавская Л. Ф. Особенности роста и развития гибридов сосны обыкновенной в испытательных культурах // Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хоз-во. 2010. Вып. XVIII. С. 288–291.
7. Ребко С. В. Особенности роста и развития отдаленных внутривидовых гибридов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Беларуси: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01. Минск, 2009. 232 л.
8. Багинский В. Ф., Лапицкая О. В. Биометрия в лесном хозяйстве: учеб. пособие. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. 416 с.
9. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

References

1. Tsarev A. P., Pogiba S. P., Trenin V. V. *Selektsiya i reproduktsiya lesnykh drevesnykh porod* [Selection and reproduction of forest tree species]. Moscow, Logos Publ., 2002. 503 p.
2. Girgidov D. Ya. *Semenovodstvo sosny na selektsionnoy osnove* [Pine seed production based on breeding]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1976. 63 p.
3. Al'benskiy A. V. *Selektsiya drevesnykh porod i semenovodstvo* [Selection of tree species and seed production]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1959. 305 p.
4. Poplavskaya L. F., Rebko S. V., Tupik P. V. The examination of seed posterity of scots pine hybrid seed plantations in different forest. *Forestry*, 2013, no. 1, pp. 115–117.
5. Poplavskaya L. F., Tupik P. V., Rebko S. V. Age dynamics of growth separate families of a hybrid-seed plantation pines ordinary in various forest growth areas. *Forestry*, 2014, no. 1, pp. 104–107.
6. Rebko S. V., Poplavskaya L. F. Peculiarities of growth and development of hybrids of pine ordinary in the test cultures. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2010, series I, Forestry, issue XVIII, pp. 288–291 (In Russian).
7. Rebko S. V. *Osobennosti rosta i razvitiya otdalennykh vnutrividovykh gibridov sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) v Belarusi. Dis. kand. s.-kh. nauk* [The specifics of growth and seed production of remote intraspecific hybrids of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Belarus. Kand. Diss.]. Minsk, 2009. 232 p.
8. Baginskiy V. F., Lapitskaya O. V. *Biometriya v lesnom khozyaystve: ucheb. posobie* [Biometrics are in forestry: Study guide]. Gomel, GGU im. F. Skoriny Publ., 2011. 416 p.
9. Zaytsev G. N. *Matematicheskaya statistika v experimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p.

Информация об авторах

Поплавская Лилия Францевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: poplavskaya@belstu.by

Рейко Сергей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: rebko@belstu.by

Тупик Павел Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: paveltupik@tut.by

Information about the authors

Poplavskaya Liliya Frantsevna – PhD (Agriculture), Assistant Professor, Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: poplavskaya@belstu.by

Rebko Sergey Vladimirovich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: rebko@belstu.by

Tupik Pavel Valer'yevich – PhD (Agriculture), Senior Lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: paveltupik@tut.by

Поступила 16.02.2016