

УДК 582.475.2:630\*232.31(571.122)(045)

*П.П. Попов, М.Н. Казанцева, С.П. Арефьев***ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШИШЕК И СЕМЯН ЕЛИ СИБИРСКОЙ В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ СЕВЕРНАЯ СОСЬВА (ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)<sup>1</sup>**

На северо-западе Ханты-Мансийского автономного округа в среднем течении реки Северная Сосьва индивидуальная (внутрипопуляционная) изменчивость шишек и семян ели сибирской по ряду признаков соответствует «типичным» для вида значениям, при этом отмечены повышенные значения массы 100 полных семян: 0,547 (0,445–0,644) г. и связанного с ней числа семядолей (6,9–8,0 шт.). Коэффициент вариации первого признака составляет 10 %, второго – около 4 %. Средняя длина шишек на разных деревьях находится в пределах 49–80 мм. Всхожесть и особенно энергия прорастания семян обладают повышенной изменчивостью. Длительность периода прорастания семян в среднем равна 11 дням, коэффициент вариации составляет около 12 %, он в 2–4 раза меньше коэффициента вариации всхожести и энергии прорастания. Масса 100 семян связана с длиной шишек и числом семядолей достоверной корреляцией среднего уровня. Более тесная связь (коэффициент корреляции равен 0,55–0,77) обнаружена между энергией прорастания и всхожестью семян. Результаты исследования содержат новые сведения о региональных биологических особенностях ели сибирской и могут представлять интерес для лесоводства.

*Ключевые слова:* ель сибирская, семена, шишки, изменчивость признаков, Ханты-Мансийский автономный округ, Северная Сосьва.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-235-240

Биологические особенности ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) изучены значительно меньше, чем ели европейской (*P. abies* (L.)Karst.). О «желательности» дальнейшего изучения ели сибирской указывали В.Н. Сукачев [1], Л.И. Милютин [2]. Биологические особенности главных лесобразующих древесных пород Тюменской области, включая Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийской округа, очень слабо изучены [3–6]. В большой мере это относится к восточным предгорьям Северного Урала, в частности, к среднему течению Северной Сосьвы, где проведены настоящие исследования.

**Объект и методы исследования**

Опытный участок представляет собой смешанное естественное насаждение (4КЗЕ2С1Б) около 70 лет, IV класса бонитета, средней полноты (0,7), зеленомошного типа (рис. 1). Почвенно-гидрологические условия произрастания указанных древесных растений удовлетворительные для данного географического района.

Сбор материала проводили в 2020 году. С 27 деревьев ели сибирской собрали по 15–17 шишек, содержащих семена. Шишки собирали со срубленных деревьев при формировании кедровника семенного назначения. Извлекали семена отдельно по каждому дереву, очищали, доведя их чистоту практически до 100 %. Взвешивали на торсионных весах ВТ-500, проращивали в чашках Петри в трехкратной повторности в течение 20 дней при 18–20 °С. Учет прорастающих семян проводили ежедневно в одни и те же часы. Это позволило достаточно точно определить не только всхожесть и энергию прорастания [7], но и длительность периода прорастания [8–11]. Энергию прорастания семян определяли на 10 день по ГОСТ 130056.6-97<sup>2</sup>. У всходов после полного развертывания семядолей определяли их число [12].

**Результаты и их обсуждение**

Анализ исходного материала (табл. 1) показал, что длина шишек на деревьях изменяется в пределах 49–80 мм, среднее значение составляет 66 мм, что близко для вида в целом [6; 13]. Коэф-

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках госзадания: проект № 121041600045 НИР ТюмНЦ СО РАН.

<sup>2</sup> ГОСТ 130056.6-97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести. М.: Издательство стандартов, 1998. 27 с.

коэффициент вариации этого признака между деревьями и в пределах кроны составляет около 10 %. Это заметно меньше (14 %), чем для многих популяций ели сибирской [14]. Масса 100 семян варьирует от 0,445 до 0,614 г, среднее значение (0,547 г) существенно больше, чем считается для ели сибирской (0,48 г) [7; 15]. Коэффициент внутривидовой вариации массы 100 полных семян составляет 10 %.



Рис. 1. Общий вид ельника в районе пос. Сосьва

Таблица 1

**Индивидуальная (внутрипопуляционная) изменчивость шишек и семян ели сибирской в среднем течении Северной Сосьвы**

| Признаки   | X(Lim)             | V    |
|--|--------------------|------|
| Длина шишек ( $L_c$ ), мм                        | 66(49–80)          | 10,3 |
| Масса 100 семян( $W_{100}$ ), г                  | 0,547(0,445–0,644) | 9,9  |
| Число семядолей ( $Q_s$ ), шт                    | 7,4(6,9–8,0)       | 3,7  |
| Энергия прорастания семян ( $E_g$ ), %           | 45(3–73)           | 46,7 |
| Всхожесть семян ( $SP_s$ ), %                    | 75(33–93)          | 21,6 |
| Длительность прорастания семян ( $P_{rg}$ ), дни | 11,1(9,6–15,2)     | 11,9 |

*Примечание.* Здесь и в табл. 2:  $L_c$  (Length cones);  $W_{100}$  (Weight seed);  $Q_s$  (Quantity cotyledons);  $E_g$  (Energy germinate);  $P_{rg}$  (Prolonged germinate);  $SP_s$  (Sprout seed).

Важнейшим показателем посевных качеств лесных семян является их всхожесть [7; 9; 16]. В анализируемой партии абсолютная всхожесть семян (число проросших семян от объема выборки) варьирует в пределах 33–93 % и в среднем составляет 75 %. Величина коэффициента вариации около 22 %. По всхожести эти семена соответствуют II классу качества согласно ГОСТ 14161-86<sup>3</sup>. Важным показателем качества семян является энергия (дружность) их прорастания, и, хотя она определяется на лесосеменных станциях одновременно со всхожестью, в практике лесоводства на нее обычно не обращают должного внимания, как отмечал еще В.Г. Капер [16]. В данной партии семян энергия прорастания составляет в среднем 45 % (3–73 %), при высоком коэффициенте вариации - около 47 %.

Интересным показателем качества семян является длительность или период их прорастания (первоначально назывался «семенной покой»): частное от деления суммы произведений числа про-

<sup>3</sup>ГОСТ 14161-86. Семена хвойных древесных пород. Посевные качества. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1986. 8 с.

росших семян в день учета на общее их число. Длительность прорастания семян в значительной мере имеет сходство с энергией прорастания [11], а Е.П. Заборовский [9] даже рекомендовал ее определять на лесосеменных станциях вместо энергии прорастания. Но длительность прорастания можно определить только при ежедневных учетах проросших семян, а на лесосеменных станциях он периодический. В анализируемой партии семян длительность прорастания в среднем составила  $11,1 \pm 0,255$  (9,6–15,2) дней, причем коэффициент вариации этого показателя (11,9 %) почти в 4 раза меньше, чем у показателя энергии прорастания.

Между всеми показателями был определен характер и уровень корреляции (табл. 2).

Таблица 2

**Внутрипопуляционная корреляция шишек и семян ели сибирской  
в среднем течении Северной Сосьвы**

| Признаки  | $W_{100}$           | $Q_s$               | $E_g$        | $SP_s$              | $P_{rg}$             |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| $L_c$     | 0,579/ <b>0,468</b> | 0,470/0,122         | 0,600/0,283  | 0,612/0,271         | 0,526/0,293          |
| $W_{100}$ | –                   | 0,553/ <b>0,456</b> | 0,471/0,044  | 0,730/0,120         | 0,496/0,092          |
| $Q_s$     | –                   | –                   | 0,586/-0,103 | 0,715/0,298         | 0,472/-0,052         |
| $E_g$     | –                   | –                   | –            | 0,811/ <b>0,773</b> | 0,750/ <b>-0,555</b> |
| $SP_s$    | –                   | –                   | –            | –                   | 0,619/ <b>-0,555</b> |

*Примечание.* Над чертой указано корреляционное отношение, под чертой - коэффициент корреляции. Жирным шрифтом обозначены показатели, равные или более  $R_{0,05} = 0,381$ .

Оказалось, что величина корреляционного отношения во всех случаях достоверна, а коэффициент корреляции достоверен между средней длиной шишек и массой 100 семян (или 1000, то есть абсолютной массой), а также между абсолютной массой и средним числом семядолей [13]. В этих случаях корреляция положительна и прямолинейна, хотя и не очень высока. Существенно выше она между энергией прорастания и всхожестью ( $R=0,773$ ). Такая зависимость (рис. 2) выражена следующим уравнением прямолинейной регрессии:

$$E_g = 0,992SP_s - 29,98; SP_s = 0,603E_g + 48,40,$$

где  $E_g$  – энергия прорастания,  $SP_s$  – всхожесть. Ошибка уравнения равна 3,83.

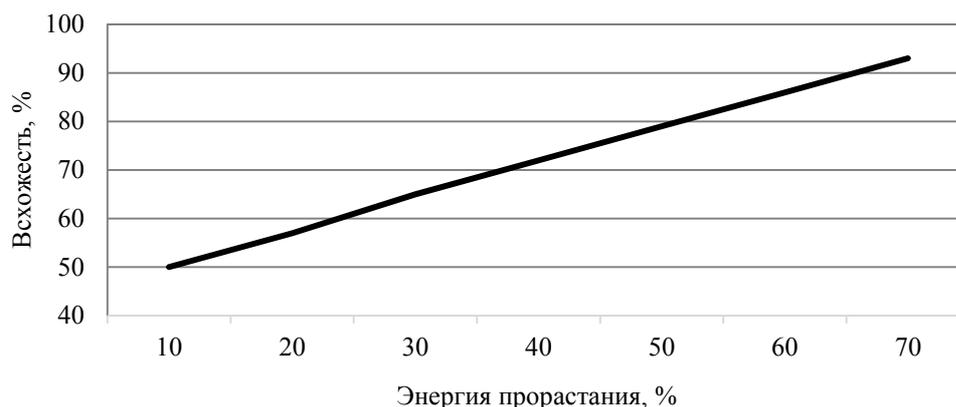


Рис. 2. Зависимость всхожести от энергии прорастания семян ели сибирской в среднем течении Северной Сосьвы

Между энергией прорастания, всхожестью с одной стороны, и длительностью периода прорастания - с другой, значимая корреляция, естественно, отрицательная ( $-0,555$ ). То есть чем быстрее (дружнее) прорастают семена, тем длительность прорастания меньше. А вот со всхожестью и энергией прорастания масса семян практически не связана [4], вопреки многочисленным утверждениям, начиная едва ли не с А.Н. Соболева [17]. Выявленные связи могут быть использованы в лесоводстве [4; 10; 18].

## Заключение

Средние параметры признаков шишек и семян и достоверные их корреляции, обнаруженные для района Северной Сосьвы, не являются неожиданными, они отмечаются и для других территорий распространения ели сибирской. Существенной особенностью ели здесь является повышенная масса 100 (или 1000) семян и связанное с ней число семядолей. Такие показатели характерны для Предуралья и более южных районов произрастания ели в Западной Сибири. Можно предположить, что повышение их значений обусловлено достаточно благоприятными почвенно-гидрологическими условиями для произрастания здесь ели. Установленные параметры признаков и их взаимосвязи могут быть полезны для лесного хозяйства и дают новую информацию о биологических особенностях ели сибирской.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / В.Н. Сукачев. – Л.: Гослестехиздат, 1938. – 576 с.
2. Милютин, Л.И. О таксономическом статусе и внутривидовой изменчивости ели сибирской (*Picea obovata*) / Л.И. Милютин // Ботанический журнал. – 2015. – Т. 100, № 1. – С. 33-38. – DOI: 10.1134/S0006813615010044.
3. Норин, Б.Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре / Б.Н. Норин // Растительность Крайнего Севера и ее освоение. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 154-244.
4. Попов, П.П. Ель на востоке Европы и в Западной Сибири: Популяционно-географическая изменчивость и ее лесоводственное значение / П.П. Попов. – Новосибирск: Наука, 1999. – 169 с.
5. Качество семян *Picea obovata* (Pinaceae) на северной границе ареала (Ямало-Ненецкий автономный округ) / П.П. Попов, С.П. Арефьев, Н.А. Гашева, М.Н. Казанцева // Растительные ресурсы. – 2015. – Т. 51, № 4. – С. 512-519.
6. Казанцева, М.Н. Индивидуальная и географическая изменчивость шишек и формы семенных чешуй ели сибирской в сибирской части ареала / М.Н. Казанцева, С.П. Арефьев, П.П. Попов // Лесоведение. – 2019. – № 3. – С. 198-207. – DOI: 10.1134/S0024114819020037.
7. Справочник по лесосеменному делу. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 463 с.
8. Тольский, А.П. Лесное семеноведение / А.П. Тольский. – Л.: Издание журнала «Лесное хозяйство, лесопромышленность и топливо», 1927. – 260 с.
9. Заборовский, Е.П. Изучение грунтовой всхожести сосны и ели / Е.П. Заборовский // Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству. – ЛенНИИЛХ, 1963. – Вып. 6. – С. 264-277.
10. Попов, П.П. Статистическая оценка всхожести семян ели / П.П. Попов // Лесное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 40-42.
11. Попов, П.П. О показателях дружности прорастания лесных семян в лабораторных условиях / П.П. Попов // Лесное хозяйство. – 2001. – № 6. – С. 28-29.
12. Попов, П.П. Популяционно-географическая изменчивость числа семядолей у всходов ели европейской и сибирской / П.П. Попов // Лесоведение. – 2013. – № 1. – С. 9-15.
13. Попов, П.П. Изменчивость генеративных органов ели сибирской в Тюменской области / П.П. Попов // Лесоведение. – 1987. – № 3. – С. 27-32.
14. Попов, П.П. Популяционно-географическая изменчивость шишек ели европейской и сибирской / П.П. Попов // Лесоведение. – 2011. – № 5. – С. 54-60.
15. Заборовский, Е.П. Плоды и семена древесных и кустарниковых пород / Е.П. Заборовский. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 303 с.
16. Капер, В.Г. Лесосеменное дело / В.Г. Капер. – Л.: Гослестехиздат, 1936. – 133 с.
17. Соболев, А.Н. О свойствах лесных семян / А.Н. Соболев // Лесной журнал. – 1908. – Т. 38, вып. 2. – С. 220-229.
18. Попов П.П. Ранняя диагностика быстроты роста ели сибирской на Урале // Лесное хозяйство. 1976. № 12. С. 32-34.

Поступила в редакцию 14.04.2022

Попов Петр Петрович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН  
E-mail: iposporov@mail.ru

Казанцева Мария Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН  
E-mail: mkazantseva@mail.ru

Арефьев Станислав Павлович, доктор биологических наук, заведующий сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов Института проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН

E-mail: sp\_arefyev@mail.ru

ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН

625008, Россия, г. Тюмень, ул. Червишевский тракт, 1

*P.P. Popov, M.N. Kazantseva, S.P. Arefyev*

### INDIVIDUAL VARIABILITY OF SIBERIAN SPRUCE CONES AND SEEDS IN THE MIDDLE REACHES OF THE SEVERNAYA SOSVA RIVER (KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG)

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-235-240

Individual (intrapopulation) variability of cones and seeds of Siberian spruce in the north-west of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug in the middle reaches of the Severnaya Sosva River corresponds to "typical" values for the species in a number of traits. At the same time, increased values of the weight of 100 full seeds were noted: 0.547 (0.445–0.644) g and the number of cotyledons associated with it (6.9–8.0 pcs). The coefficient of variation of the first trait is 10 %, the second – about 4 %. The average length of cones on different trees is in the range of 49–80 mm. Seed germination and especially germination readiness have an increased variability. The duration of the seed germination period is on average 11 days, the coefficient of variation is about 12 %; it is 2–4 times less than the coefficient of variation of seed germination and germination readiness. The mass of 100 seeds is associated with the length of cones and the number of cotyledons by a reliable correlation of the average level. A closer relationship (the correlation coefficient is 0.55–0.77) was found between the germination readiness and seed germination. The results of the study contain new information about the regional biological features of Siberian spruce and may be of interest to forestry.

*Keywords:* Siberian spruce, seeds, cones, variability of traits, Khanty-Mansi Autonomous Okrug, Severnaya Sosva.

#### REFERENCES

1. Sukachev V.N. *Dendrologiya s osnovami lesnoy geobotaniki* [Dendrology with the basics of forest geobotany], Moscow, Leningrad: Goslestekhizdat, 1938, 576 p. (in Russ.).
2. Milyutin L.I. [On the Taxonomic Status and Intraspecific Variability of Siberian Spruce (*Picea obovata*)], in *Botanicheskiy Zhurnal*, 2015, vol. 100, no. 1, pp. 33–38 (in Russ.).
3. Norin B.N. *K poznaniyu semennogo i vegetativnogo vozobnovleniya drevesnykh porod v lesotundre* [Understanding seed and vegetative recovery of tree species in forest-tundra], in *Rastitel'nost' Kraynego Severa i ee osvoenie*, Moscow, Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1958, vol. 3, pp. 154–244 (in Russ.).
4. Popov P.P. *El' na vostoке Evropy i v Zapadnoy Sibiri: Populyatsionno-geograficheskaya izmenchivost' i ee lesovodstvennoye znachenie* [Spruce in Eastern Europe and West Siberia: silvicultural value of population and geographical variability], Novosibirsk: Nauka Publ., 1999, 169 p. (in Russ.).
5. Popov P.P., Arefyev S.P., Gasheva N.A., Kazantseva M.N. [Quality of Seeds of a *Picea obovata* (Pinaceae) on the Northern Border of the Range (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug)], in *Rastitel'nye resursy*, 2015, vol. 51, no. 4, pp. 512–519 (in Russ.).
6. Kazantseva M.N., Arefyev S.P., Popov P.P. [Individual and Geographic Variability of Cones and Seed Scale Form in Siberian Spruce in the Siberian Part of the Range], in *Lesovedenie*, 2019, no. 3, pp. 198–207. DOI: 10.1134/S0024114819020037 (in Russ.).
7. *Spravochnik po lesosemennomu delu* [Handbook of forest seed management], Moscow: Lesnaya promyshlennost' Publ., 1978, 463 p. (in Russ.).
8. Tol'skiy A.P. *Lesnoe semenovedenie* [Forest seed science], Leningrad: "Lesnoe khozyaystvo, lesopromyshlennost' i toplivo" Publ., 1927, 260 p. (in Russ.).
9. Zaborovskiy E.P. *Izucheniye gruntovoy vskhozhesti sosny i eli* [The study of soil germination of pine and spruce], in *Sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot po lesnomu khozyaystvu LenNIILKh*, 1963, no. 6, pp. 264–277. (in Russ.).
10. Popov P.P. *Statisticheskaya otsenka vshozhesti semayn eli* [Statistical assessment of spruce seed germination], in *Lesnoe khozyaystvo*, 1999, no. 2, pp. 40–42 (in Russ.).
11. Popov P.P. *O pokazatelyakh druzhnosti prorastaniya lesnykh semyan v laboratornykh usloviyakh* [On the indicators of friendly germination of forest seeds in laboratory conditions], in *Lesnoe khozyaystvo*, 2001, no. 6, pp. 28–29 (in Russ.).
12. Popov P.P. [Population-geographic Variability of Cotyledon number in Norway Spruce and Siberian Spruce Seedlings], in *Lesovedenie*, 2013, no. 1, pp. 9–15 (in Russ.).

13. Popov P.P. *Izmenchivost' generativnykh organov eli sibirskoy v Tyumenskoy oblasti* [Variability of the generative organs of the Siberian spruce in the Tyumen region], in *Lesovedenie*, 1987, no. 3, pp. 27-32 (in Russ.).
14. Popov P.P. [Population-geographical Variability of Norway Spruce and Siberian Spruce Cones], in *Lesovedenie*, 2011, no. 5, pp. 54-60 (in Russ.).
15. Zaborovskiy E.P. *Plody i semena drevesnykh i kustarnikovykh porod* [Fruits and seeds of tree and shrub species], Moscow: Goslesbumizdat, 1962, 303 p. (in Russ.).
16. Kaper V.G. *Lesosemennoe delo* [Forest seed business], Leningrad: Goslestekhizdat, 1936, 133 p. (in Russ.).
17. Sobolev A.N. *O svoystvakh lesnykh semyan* [On the properties of forest seeds], in *Lesnoy zhurnal*, 1908, vol. 38, iss. 2, pp. 220-229 (in Russ.).
18. Popov P.P. *Rannyay adiagnostika bystroy rosta eli sibirskoy na Urale* [Early diagnosis of growth rate of Siberian spruce in the Urals], in *Lesnoe khozyaystvo*, 1976, no. 12, pp. 32-34 (in Russ.).

Received 14.04.2022

Popov P.P., Doctor of Biology, Chief Researcher at the Institute for Problem of Northern Development  
E-mail: ipospopov@mail.ru

Kazantseva M.N., Candidate of Biology, Leading Researcher  
at the Institute for Problem of Northern Development  
E-mail: mkazantseva@mail.ru

Arefyev S.P., Doctor of Biology, Head of the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes  
at the Institute for Problem of Northern Development  
E-mail: sp\_arefyev@mail.ru

Tyumen Scientific Center, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences  
Chervishevskiy trakt, 13, Tyumen, Russia, 625003