

Фенологическое развитие *Larix sibirica* различных классов возраста в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н. А. Аврорина

Phenological development of *Larix sibirica* of various age classes in the Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden and Institute

Зыкова П. С., Гончарова О. А.

Zykova P. S., Goncharova O. A.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина, г. Апатиты, Россия.

E-mails: zykovap22@gmail.com, goncharovaoa@mail.ru

Avrorin Polar-Alpine Botanical Garden and Institute, Apatity, Russia

Реферат. *Larix sibirica* Ledeb. является одним из основных хвойных интродуцентов Мурманской области. Она испытывалась в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте (ПАБСИ) с 1930-х гг. За это время накоплен большой фактический материал, который требует всестороннего изучения и анализа. В статье анализируется фенологическое развитие 9 образцов *Larix sibirica* в зависимости от класса возраста деревьев и происхождения исходного материала. Исследуемые деревья произрастают на территории ПАБСИ в окрестностях г. Апатиты (Мурманская область) и по состоянию на 2023 г. относятся к IV классу возраста. Используются данные фенологических наблюдений и балл зимостойкости с 1957 по 2023 г. Проанализированы сроки наступления 11 основных фенофаз. Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 13 с использованием критериев Шапиро-Уилка и Краскела-Уоллиса. При сравнении фенодат по образцу, форме и пункту происхождения исходного материала достоверные различия не выявлены. Сроки прохождения 8 фенофаз у деревьев в разном классе возраста различаются. Деревья в III и IV классе возраста более зимостойки, чем в I и II. Планируется дальнейшее изучение влияния климатических условий на фенологическое развитие лиственницы сибирской.

Ключевые слова. Арктическая зона, интродукция древесных растений, классы возраста, фенология, *Larix sibirica*.

Summary. *Larix sibirica* Ledeb. is one of the main introduced coniferous species in the Murmansk region. It has been introduced to the Polar-Alpine Botanical Garden and Institute (PABGI) since the 1930s. During this time, the extensive observational data has been amassed. It needs a comprehensive study and analysis. The article analyzes the phenological development of 9 samples of *Larix sibirica* by their age classes and the origin of their parent material. The trees studied grow on the territory of the PABGI in the surroundings of Apatity town (Murmansk region) and, in 2023, belong to age class IV. Phenological data and winter hardiness scores from 1957 to 2023 were used. The dates of the onset of 11 main phenophases were analyzed. Statistical processing was carried out in the Statistica 13 program using the Shapiro-Wilk and Kruskal-Wallis tests. When comparing phenodates by sample, type and place of the origin of their parent material, no significant differences were found. The dates of the onset of 8 phenophases vary for trees of different age classes. Trees of age classes III and IV are more winter-hardy than those of classes I and II. We plan to study the impact of climatic factors on the phenological development of Siberian larch in the future.

Key words. Age classes, Arctic region, introduction of woody plants, *Larix sibirica*, phenology.

Введение. В Мурманской области *Larix sibirica* Ledeb. начала испытываться в начале 30-х гг. прошлого века в небольших питомниках, организованных при Октябрьской железной дороге (Казakov, 1993). Сейчас она является основным хвойным интродуцентом массового ассортимента на территории Мурманской области в лесных культурах и зеленых насаждениях. Лиственница сибирская была впервые доставлена в Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина (ПАБСИ, г. Кировск) живыми растениями в 1936 г. В дальнейшем было испытано несколько десятков образцов этого вида. На 2023 г. в коллекционный фонд Сада входит 16 образцов *Larix sibirica*.

Фенологические наблюдения дают обширную и ценную информацию о биологических особенностях растений, их экологических свойствах и успешности интродукции. Фенологический ритм раз-

вития может меняться в зависимости от действия различных факторов. Несмотря на то, что многие из этих факторов известны, степень и характер их влияния на отдельные виды до сих пор до конца не выяснен. Цель данной работы – анализ фенологического развития *Larix sibirica* Ledeb. в зависимости от класса возраста (КВ) деревьев и происхождения исходного материала.

Нами было проанализировано фенологическое развитие 9 образцов *Larix sibirica* 61–73 лет (IV КВ), произрастающих на территории экспериментального участка ПАБСИ в окрестностях г. Апатиты (67°38' с. ш., 33°37' в. д.) (табл. 1). Они были получены в виде семян природного и культурного происхождения из разных регионов России: Северо-Западный ФО, Сибирь, Урал. В работе проанализированы сроки наступления фенологических фаз за весь период наблюдений за данными образцами в ПАБСИ: с 3–7 летнего возраста по настоящее время (последние данные получены в 2023 г). Для анализа фенологического развития растений в I КВ использованы данные 1957–1976 гг. в зависимости от образца, во II КВ – 1971–1996 гг., в III КВ – 1991–2016 гг., в IV КВ – с 2011 г. по настоящее время.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

№	Форма исходного материала	Исходный пункт интродукции	Первое наблюдение в возрасте, лет	Последнее наблюдение в возрасте, лет
1	с. к.	Санкт-Петербург	7	73
2	с. к.	Санкт-Петербург	3	67
3	с. к.	Санкт-Петербург	5	67
4	с. к.	Архангельская область	3	67
5	с. к.	Екатеринбург	7	73
6	с. д.	Томск	5	69
7	с. д.	Томск	3	67
8	с. д.	Красноярский край	4	68
9	с. д.	Красноярский край	3	61*

Примеч.: с. к. – семена культурного происхождения, с. д. – семена природного происхождения.

*Возраст и класс возраста указан на 2016 г., так как это последний год наблюдений, после которого образец выпал из коллекции.

Материалы и методы. Фенологические наблюдения проводились по методикам И. Н. Елагина (1961), Н. А. Бородиной (1965), Н. Е. Булыгина (1979) и М. С. Александровой и др. (1975) 2–3 раза в неделю в течение всего вегетационного периода. В данной работе анализировали сроки наступления следующих фенофаз: набухание (Пч1) и распускание (Пч2) вегетативных почек, начало (Пб1) и окончание (Пб2) линейного роста годичных побегов, полное одревеснение годичных побегов (О2), начало обособления (Л1), развертывание (Л2), созревание (Л3) и появление осенней окраски (Л4) хвои, начало (Ц4) и окончание (Ц5) пыления мужских колосков. Для I КВ отсутствуют данные о фенофазах О2, Л2, Л3 и Ц5. Фенодаты были переведены в непрерывный числовой ряд по Г. Н. Зайцеву (1981).

Балл зимостойкости оценивался по методике П. И. Лапина (1967): от 1 (растение не обмерзает) до 7 (обмерзает целиком).

Статистическая обработка производилась в программе Statistica 13. Для определения характера распределения фенологических данных был использован критерий Шапиро-Уилка. Для выявления статистически значимых различий выборок применялся критерий Краскела-Уоллиса и в случае выявления различий, множественные сравнения. Распределение данных отличалось от нормального, поэтому они представлены в виде Me [МКИ] (где Me — медиана, МКИ — межквартильный интервал).

Результаты и обсуждение. Все фенодаты объединяли в группы и сравнивали по следующим факторам: 1. образец (9 групп, табл. 1), 2. форма исходного материала (2 группы: семена природного происхождения и семена культурного происхождения), 3. исходный пункт интродукции (5 групп, см. табл. 1), 4. класс возраста (4 группы: I–IV КВ).

При сравнении сроков наступления фенологических фаз по образцам, форме исходного материала и исходного пункта интродукции различия между группами не выявлено. Различия есть только в сроках окончания роста побегов при сравнении по образцам и форме исходного материала. Достовер-

ные различия фенодат найдены у растений, находящихся в разном классе возраста, для всех фенофаз, кроме завершения роста хвои, начала и окончания пыления (табл. 2).

Таблица 2

Различия в фенодатах между *Larix sibirica* разного класса возраста

Пч1					Пч2					Пб1					Пб2				
КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4
1					1					1					1				
2					2					2					2				
3					3					3					3				
4					4					4					4				
О2					Л1					Л2					Л4				
КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4	КВ	1	2	3	4
1		X	X	X	1					1		X	X	X	1				
2	X				2					2	X				2				
3	X				3					3	X				3				
4	X				4					4	X				4				

Примеч.: Для каждой фенофазы представлена таблица с КВ в столбцах и строках. На пересечении КВ, между которыми есть достоверное различие, закрашенная ячейка. Пустая (белая) ячейка означает, что достоверных различий не выявлено. Знак «X» – данные отсутствуют. Для остальных фенофаз (Л3, Ц4, Ц5) различий не выявлено.

Для дальнейшего анализа все фенологические данные были объединены и сгруппированы по классам возраста (табл. 3). Согласно многолетним данным, у *Larix sibirica* в условиях интродукции в ПАБСИ набухание вегетативных почек происходит в 1–2 декаде мая, а следующее за ним распускание вегетативных почек – во 2–3 декаде мая. Рост побегов начинается в июне, ближе к середине месяца, а заканчивается во 2–3 декаде июля. Годичные побеги полностью одревесневают в первой половине августа. Начало обособления хвои происходит во 2–3 декаде мая, ее разворачивание – в 1–2 декаде июня. Хвоя достигает зрелого состояния во 2–3 декаде июня и желтеет во 2–3 декаде сентября. Начало пыления мужских колосков происходит преимущественно в конце мая, а его окончание – в начале июня.

Различия между самым ранним и самым поздним прохождением фенофазы за весь период наблюдений варьирует в широких пределах от 27 дней для фазы набухания вегетативных почек до 78 дней для фазы окончания одревеснения годичных побегов. В I КВ размах ряда данных в зависимости от фенофазы составляет от 9 до 65 дней, во II КВ – от 24 до 72 дней, в III КВ – от 20 до 67 дней, в IV КВ – от 2 до 48 дней. Коэффициент вариации фенодат для вида не превышает 12 %; для I КВ – до 17,1 %, для II и IV КВ – до 11 %, для III КВ – до 13 %, что соответствует низкой и средней степени рассеивания данных (Зайцев, 1973).

Таблица 3

Многолетние фенодаты *Larix sibirica* для I–IV КВ и вида за весь период наблюдений

	I КВ	II КВ	III КВ	IV КВ	Вид в целом
Пч1	18.V [18.V; 18.V]	13.V [4.V; 18.V]	11.V [4.V; 14.V]	5.V [5.V; 7.V]	12.V [5.V; 18.V]
Пч2	23.V [21.V; 29.V]	18.V [11.V; 25.V]	16.V [14.V; 21.V]	13.V [11.V; 21.V]	20.V [13.V; 24.V]
Пб1	17.VI [10.VI; 20.VI]	20.VI [7.VI; 26.VI]	16.VI [13.VI; 22.VI]	8.VI [4.VI; 14.VI]	17.VI [8.VI; 22.VI]
Пб2	25.VII [15.VII; 8.VIII]	25.VII [12.VII; 7.VIII]	16.VII [7.VII; 23.VII]	3.VII [26.VI; 5.VII]	20.VII [10.VII; 2.VIII]
О2	–	2.VIII [25.VII; 10.VIII]	10.VIII [9.VIII; 21.VIII]	16.VIII [14.VIII; 17.VIII]	10.VIII [31.VII; 16.VIII]
Л1	26.V [22.V; 30.V]	31.V [30.V; 3.VI]	24.V [19.V; 28.V]	20.V [18.V; 26.V]	27.V [20.V; 1.VI]
Л2	–	15.VI [8.VI; 21.VI]	5.VI [30.V; 14.VI]	2.VI [24.V; 5.VI]	8.VI [1.VI; 18.VI]

Продолжение табл. 3

	I KB	II KB	III KB	IV KB	Вид в целом
ЛЗ	–	18.VI [18.VI; 18.VI]	21.VI [16.VI; 26.VI]	18.VI [14.VI; 21.VI]	19.VI [14.VI; 25.VI]
Л4	16.IX [10.IX; 24.IX]	20.IX [12.IX; 25.IX]	27.IX [24.IX; 1.X]	30.IX [26.IX; 2.X]	25.IX [16.IX; 30.IX]
Ц4	3.VI [23.V; 22.VI]	27.V [22.V; 3.VI]	29.V [22.V; 2.VI]	24.V [22.V; 28.V]	28.V [22.V; 3.VI]
Ц5	–	4.VI [29.V; 11.VI]	5.VI [30.V; 8.VI]	28.V [27.V; 6.VI]	2.VI [29.V; 10.VI]

Примеч.: Данные в графах представлены в виде: Ме – медиана, [MKI] – межквартильный интервал [25 % процентиль; 75 % процентиль].

В зависимости от KB выявлены следующие закономерности. Набухание и распускание вегетативных почек происходит позже у растений в I KB. Деревья в IV KB начинают рост побегов раньше, чем деревья во II и III KB. У растений в III и IV KB рост побегов заканчивается раньше, чем у растений в I и II KB, причем у растений в IV KB – раньше, чем в III KB. У лиственниц во II KB побег одревесневает раньше, чем в III и IV KB. Начало обособления и разветвляние хвои у растений во II KB происходит позже, чем в III и IV KB. Хвоя деревьев в III и IV KB приобретает осеннюю окраску позже, чем у деревьев в I и II KB. Различия в сроках прохождения других фенологических фаз (ЛЗ, Ц4, Ц5) деревьями в разных KB не выявлены.

Среди растений в I и II KB преобладает 1–2 балл зимостойкости. С возрастом зимостойкость лиственницы сибирской растет: в III и IV KB балл зимостойкости в подавляющем большинстве случаев равен 1.

Следует отметить, что различия в сроках прохождения фенофаз между лиственницами в разном KB могут быть обусловлены не только возрастом, но различием климатических условий в те годы, когда деревья находились в определенном KB. Поскольку период наблюдений охватывает около 65 лет, то климат действительно может быть важным фактором. Изучение влияния климатических условий на фенологическое развитие *Larix sibirica* планируется в дальнейшем.

Выводы. Для *Larix sibirica* в условиях интродукции в ПАБСИ (Мурманская область) выявлены следующие закономерности:

1. Различия в сроках прохождения основных фенологических фаз в зависимости от формы и пункта происхождения исходного материала не выявлены. Индивидуальная изменчивость в фенологическом развитии также не обнаружена.

2. Различия в фенодатах в зависимости от класса возраста выявлены для фенофаз набухания и распускания почек, начала и окончания роста побегов, полного одревеснения годичных побегов, начала обособления и разветвляния хвои, а также приобретения ей осенней окраски. Для фенофаз завершения роста хвои, начала и окончания цветения мужского колоска различий не найдено.

3. Деревья в III и IV классе возраста более зимостойки, чем в I и II.

Благодарности. Работа выполнена на УНУ «Коллекции живых растений Полярно-альпийского ботанического сада-института», рег. № 499394, в рамках темы Стратегия развития и содержания коллекционных фондов ПАБСИ, как базы для проведения научных изысканий в области интродукции и экологии в Арктической зоне РФ (FMEZ-2024-0012), рег. №1023032400462-1-1.6.19;1.6.20;1.6.4;1.6.11, № ЕГИСУ НИОКТР – 124020500057-4.

ЛИТЕРАТУРА

- Александрова М. С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В. Н. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М.: Изд-во ГБС АН СССР, 1975. – 28 с.
- Бородина Н. А. Методика фенологических наблюдений над растениями семейства Pinaceae // Бюл. Глав. Ботан. сада, 1965. – Вып. 57. – С. 11–19.
- Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. – Л.: изд-во ЛТА, 1979. – 79 с.
- Елагин И. Н. Методика определения фенологических фаз у хвойных // Бот. журн., 1961. – Т. 46, №7. – С. 984–992.
- Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
- Зайцев Г. Н. Фенология древесных растений. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
- Казаков Л. А. Интродукция хвойных в Субарктику. – СПб.: Наука, 1993. – 144 с.
- Ланин П. И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюл. Глав. Ботан. сада, 1967. – Вып. 65. – С. 13–18.