

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ (*LARIX MILL.*) В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ПОДЗОНЫ ТАЙГИ

Е.Б. Карбасникова¹, Н.А. Бабич², А.А. Карбасников¹

¹ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», 160555, Вологодская область, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, д. 2

²ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 163002, г. Архангельск, Наб. Северной Двины, д. 17

helen15@yandex.ru

Сезонное развитие древесных растений тесным образом связано с факторами окружающей среды. Изучение особенностей пород, произрастающих на границе своего ареала, невозможно без определения соответствия фенологических ритмов и природных изменений. Особенно актуальны данные исследования при изучении адаптации видов и установлении причин, ограничивающих их дальнейшее распространение. По территории исследуемого региона проходит западная граница ареала лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.). Она отнесена к редким растениям и включена в Красную книгу Вологодской области. Установлены средние даты наступления фенологических фаз и взаимосвязь их с температурой воздуха и атмосферными осадками, а также выявлена линейная зависимость между температурой воздуха и фенологическими фазами. Представлены результаты натурных исследований. Лиственница на границе ареала проходит все фазы сезонного развития — начало ее вегетации приходится на конец второй декады апреля, при преодолении температурного порога в +5 °С; пыление стробил наблюдается в начале мая, когда оптимальная температура воздуха составляет от +10 до 15 °С; окончание вегетационного периода наблюдается при накоплении суммы положительных температур более 1900 °С; оптимальные сроки сбора семенного сырья приходятся на период с 20 сентября по 1 октября. Связь между среднесуточной температурой и наступлением фенологических фаз наиболее четко прослеживается в первой половине вегетационного периода. Прохождение полного фенологического цикла демонстрирует хорошую адаптацию вида на западном пределе своего ареала. Выявлена высокая корреляционная зависимость между начальными, конечными фазами вегетации, среднесуточной температурой воздуха и суммой положительных температур, что описано линейным уравнением.

Ключевые слова: лиственница сибирская, сезонное развитие, вегетация, цветение, сумма положительных температур, фенологическая вариация

Ссылка для цитирования: Карбасникова Е.Б., Бабич Н.А., Карбасников А.А. Особенности сезонного развития лиственницы (*Larix Mill.*) в условиях южной подзоны тайги // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 3. С. 53–59. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59

Сезонное развитие древесных растений служит ярким примером взаимодействия растительного организма и внешней среды. Прохождение деревом всех фенологических фаз является важнейшим системным показателем особенностей вида, заложенных генетически, кроме того определяет диапазон его приспособительных возможностей к изменению природных факторов, которые могут прямо или косвенно повлиять на развитие растения [1].

Предопределяющими параметрами успешного роста растения в различных частях ареала является совпадение ритмов сезонного развития с изменениями окружающей среды. Информативность и достоверность комплекса многолетних фенологических показателей древесных растений как обязательного компонента их таксономической диагностики, возрастает при тесном сочетании их биоритма с показателями динамики местного фенологического календаря. В связи с этим, актуально изучение особенностей сезонного развития арборифлоры бореальной зоны.

В лесохозяйственной практике данные фенологических наблюдений относятся к важной

информации. Они незаменимы при разработке способов и сроков проведения мероприятий по защите леса от вредителей, позволяют сделать прогнозы урожая семян, а также запланировать их сбор. Прохождение растением фенологических фаз в диалектическом единстве с окружающей средой может служить одним из главных корреляционных признаков для отбора при выращивании видов в новых для них условиях.

Особое внимание следует уделить изучению фенологических особенностей растений, находящихся в экстремальных условиях. Такими условиями можно считать границы ареала вида. При установлении лимитирующих факторов дальнейшего распространения дендрофлоры обязательно исследовать сезонное развитие, в частности в условиях Европейского Севера, где температурный режим определяется как один из показателей, оказывающих влияние на продуктивность древостоев.

В результате изучения учеными сезонного развития лиственницы сибирской в различных регионах России и за ее пределами [2–13] для некоторых регионов установлены даты наступления фенофаз, выявлена корреляционная зависимость и др.

Однако для условий Вологодской обл. этот вопрос недостаточно изучен [14–16], но поскольку по ее территории проходит граница ареала данной породы, к проблеме стали проявлять большой интерес, появилась необходимость установления лимитирующих факторов распространения вида.

Территория Вологодской обл. уникальна с точки зрения имеющейся растительности: в южных районах встречаются представители широколиственной флоры, а в северо-восточной части — сибирской. Одним из редких для региона древесных видов признана лиственница сибирская, западная граница распространения которой проходит по территории области. Она охраняется в некоторых заказниках. Лиственница встречается единично в составе сосновых древостоев, расположенных по берегам рек. Имеется опыт ее выращивания в смешанных и чистых лесных культурах [14].

Среди других пород, лиственница выделяется в связи с быстрым ростом, умеренной требовательностью к почвенно-грунтовым условиям и высокой зимостойкостью. Виды, имеющие такие свойства, вызывают огромный интерес для культивирования в бореальной зоне.

Цель работы

Цель работы — изучение особенностей сезонного развития лиственницы сибирской в условиях южной подзоны тайги и установление его зависимости от климата.

Материалы и методы

Объектом для проведения исследований был выбран дендрологический сад ФГБОУ ВО «Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина», в котором лиственница сибирская представлена в достаточном количестве, для обеспечения достоверности стационарных фенологических наблюдений. Расположен объект в южно-таежном лесорастительном районе. Возраст лиственниц в настоящее время составляет 26 лет. Аллейные посадки были сформированы посадкой крупномерных саженцев, привезенных из ландшафтного заказника «Лиственничный бор» Верховажского р-на Вологодской обл.

Фенологические наблюдения за лиственницей сибирской на территории объекта выполнялись в течение пяти лет (2014–2018). При выполнении работ использовался интегральный метод, который включал в себя проведение наблюдений за изменениями климатических факторов (температуры воздуха и количества атмосферных осадков) и наступлением фаз развития.

При проведении работ по изучению сезонного развития и установлению средних дат наступления фаз руководствовались стандартными ме-

тодическими подходами, которые основаны на методе фиксации фенофаз [2, 17–19].

Под сезонным развитием растения следует понимать последовательность в наступлении фенологических фаз, которая определяется изменениями климатических условий в течение года.

У голосеменных растений фазе бутонизации соответствует фаза обособления на побегах микро- и макростробилов, а фазе цветения — фаза пыления.

За начало наступления определенной фазы принимается тот день, когда в нее вступит не менее 10 % растений данного вида, за массовое наступление фазы — день, когда в нее вступит не менее 50 % экземпляров данного вида, произрастающих на объекте наблюдений.

Математико-статистические методы обработки данных использованы для регрессионного анализа полученных результатов. Для этой цели применялась программа Regre, в которой была изучена зависимость между сроками наступления фенодат и климатических факторов.

Результаты и обсуждение

В течение вегетационного периода лиственница сибирская проходит четыре основные фенологические фазы: распускание хвои, пыление, созревание шишек и семян, опадение хвои. Наступление каждой фазы сезонного развития и ее продолжительность тесно связаны со среднесуточной температурой воздуха в данный период. Продолжительность одной и той же фенологической фазы соответствует особенностям вида, тесно связана с климатическими характеристиками внешней среды и изменяется по годам (табл. 1).

Вегетация лиственницы в условиях дендрологического сада начинается раньше, чем у местных видов древесных растений. Ее начало приходится на конец второй декады апреля (в среднем 19 апреля), при накоплении суммы положительных температур 72,8 °С. Среднесуточная температура данного периода характеризуется значениями выше +5 °С. Количество атмосферных осадков в этот период обычно незначительное и изменяется в пределах 0,5...1,5 мм.

Первыми начинают распускаться почки на укороченных побегах, а также пазушные почки. Верхушечные почки начинают развитие через 5...7 дней. Быстрее трогаются почки в нижней и средней частях кроны, затем — в верхней. Период от начала распускания почек на укороченных побегах до распускания верхушечной почки осевого побега довольно растянут и составляет в среднем 15...18 дней. Большое значение в этот период имеет температура воздуха ($r = 0,4...0,9$; r — коэффициент корреляции). Одновременно с вегетативными раскрываются и генеративные почки [16].

Т а б л и ц а 1

Характеристика фаз сезонного развития лиственницы сибирской

Characteristics of the Siberian larch seasonal development phases

Фаза сезонного развития	Средняя дата наступления	Продолжительность фазы, дни	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С	Количество осадков, мм
Распускание хвои					
Набухание почек	19.04	3	5,3	72,8	1,2
Распускание почек	21.04	5	5,5	85,8	1,5
Развертывание хвои	26.04	10	10,2	116,1	1,5
Полное охвоение	06.05	4	11,7	240,0	0,1
Пыление					
Начало пыления	25.04	16	5,4	101,8	2,0
Массовое пыление	11.05	7	14,7		0,5
Окончание пыления	18.05	6	12,1	313,6	0,8
Созревание шишек и семян					
Появление зрелых шишек	20.09	11	8,5	1840,3	6,4
Массовое созревание шишек	01.10	14	6,7	1900,2	7,1
Появление осенней окраски хвои и ее опадение					
Появление осенней окраски	13.09	17	9,8	1893,2	1,8
Начало опадения хвои	30.09	10	6,8	1910,2	2,0
Окончание опадения хвои	23.10	21	0,7	1951,4	8,5

После преодоления температурного порога в +10 °С наблюдается распускание хвои. Как правило, это происходит к концу апреля (средняя дата наступления фенологической фазы — 26 апреля). Продолжительность периода распускания хвои наименьшая среди всех фенологических фаз и составляет 22 дня. Полное охвоение деревьев лиственницы наблюдается в первой декаде мая (в среднем 6 мая).

Важной стадией развития репродуктивных органов голосеменных видов является пыление. Для лиственницы на изучаемом объекте это весьма длинный период, который продолжается 29 дней. Первые признаки пыления отмечаются в конце апреля (25.04) при среднесуточной температуре воздуха +5,4 °С. Массово данная фенофаза наблюдается, когда температура воздуха поднимается выше +10 °С. Средняя температура воздуха за период цветения (25.04–18.05) составляет 10,7 °С. Заканчивается пыление во второй декаде мая [16, 18].

Довольно часто в условиях южно-таежного лесорастительного района в начале мая наблюдается возврат холодов, когда температура воздуха опускается ниже 0 °С. Такое явление отрицательно сказывается на урожайности семян. Также на урожай семян большое влияние оказывает количество осадков в период цветения, чем их больше, тем урожай будет меньше ($r = 0,5...0,8$).

Генеративные почки у лиственницы хорошо различимы за счет большего размера (в два раза крупнее, чем вегетативные). Они имеют округлую форму. Мужские колоски в виде желто-зеленых шариков раскрываются на 2–3 дня раньше жен-

ских, розовых колосков. Пыление продолжается чуть больше двух недель и заканчивается в третьей декаде мая.

Хвоя достигает максимальных размеров в конце июня. В это же время начинают закладываться новые почки. Первыми они образуются на укороченных побегах, затем в пазухах удлиненных побегов и последними — верхушечные почки на осевых побегах.

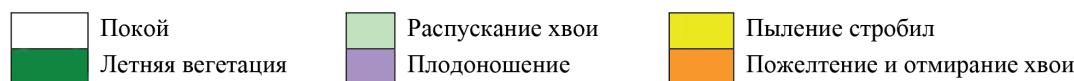
В начале второй декады сентября (13 сентября), когда температура воздуха опускается ниже 10 °С и образование хлорофилла останавливается, хвоя приобретает светло-желтый цвет. Данная фенологическая фаза продолжается более двух недель (17 дней).

Шишки созревают около 25 дней, после чего созревшие семена начинают высыпаться. Оптимальным сроком для сбора семян является период с 20 сентября по 1 октября. При более ранней заготовке существует значительная вероятность получения незрелых семян, что снижает их качество. После созревания шишек семена из них начинают высыпаться.

Хвоепад очень растянут и продолжается более одного месяца (до ноября). Начало хвоепада наблюдается в конце сентября — октябре (30.09–23.10) и продолжается 31 день. Важное значение имеет тот факт, что до наступления морозов опадение хвои заканчивается, что свидетельствует о том, что к зиме растение успевает подготовиться до ее наступления. На основании полученных данных составлен фенологический спектр (рисунок).



Условные обозначения:

Фенологический спектр лиственницы сибирской
Phenological spectrum of Siberian larch

Продолжительность периода вегетации (19.04–23.10) в дендрологическом саду Вологодской ГМХА составляет 187 ± 5 дней. В условиях ГБС РАН период вегетации лиственницы составляет 185 ± 6 дней. Короткий период вегетации характерен для морозоустойчивых видов, что позволяет им дать полноценное потомство в условиях сурового климата [11]. При анализе полученных данных установлено, что лиственница относится к фенологической вариации с коротким периодом формирования урожая.

Связь между среднесуточной температурой воздуха и наступлением фенологических фаз наиболее четко прослеживается в первой половине вегетационного периода ($r = 0,4 \dots 0,9$). Во второй половине вегетационного периода не столько важны пороги температуры воздуха ($r = 0,1 \dots 0,4$), сколько сумма тепла ($r = 0,8$). Данную связь можно проследить при сопоставлении дат начала фенологических периодов и показателей суммы положительных температур. Вегетация лиственницы наступает при накоплении суммы положительных температур воздуха в сумме $72,8$ °С. Первое пыление стробил наблюдается уже при накоплении тепла $101,8$ °С, но для массового цветения требуется намного больше тепла ($313,6$ °С).

Больше всего растянуты во временном плане периоды летней вегетации и созревания семян. В это же время растение накапливает больше всего тепла и к массовому созреванию шишек и семян сумма положительных температур составляет $2642,2$ °С, после чего начинается хвоепад.

При проведении регрессионного анализа установлена линейная зависимость влияния экологических факторов на сезонное развитие лиственницы. Влияние температуры воздуха на наступление фенологических фаз можно описать уравнением

$$y = Ax_1 + Bx_2 + C,$$

где y — дата наступления фенологической фазы;
 x_1 — дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С;
 x_2 — среднесуточная температура воздуха, °С.

Т а б л и ц а 2

Регрессионный анализ наступления фенологических фаз

Regression analysis of the phenological phases beginning

Фенологическая фаза	Уравнение
Набухание почек	$y = 52,3 + 0,34x_1 - 0,75x_2$
Распускание почек	$y = 79,2 - 0,02x_1 + 1,52x_2$
Развертывание хвои	$y = 180,4 + 0,12x_1 - 1,06x_2$
Появление осенней окраски	$y = 140,6 + 0,13x_1 - 0,78x_2$
Начало опадения хвои	$y = 106,8 + 0,08x_1 + 1,72x_2$

Уравнения, отображающие влияние температуры воздуха и дат наступления фенологических фаз, приведены в табл. 2.

Уравнения, полученные в результате регрессионного анализа, можно использовать для прогнозирования сроков наступления фенологических фаз в зависимости от температуры воздуха.

Деревья обладают наименьшей пластичностью среди всех растительных организмов в приспособлении к неблагоприятным факторам внешней среды, поэтому их полноценное развитие возможно лишь в тех условиях, которые отвечают их видовым особенностям. I.N. Tretyakova (2006) и Н.В. Паутова (2011) в своих работах утверждают, что в природе очень редко встречается идеальное сочетание биологических свойств растений и условий их существования, поскольку абиотические факторы среды в годичном цикле чрезвычайно изменчивы [19, 6].

Полученные данные позволяют определить районы, в которых может культивироваться лиственница. Зная суммы активных температур воздуха конкретного региона, можно оценить возможности выращивания вида на его территории [20]. Для нормальной жизнедеятельности лиственницы требуется не менее 1900 °С накопленного тепла. И если даты прохождения фенологических фаз могут меняться в зависимости от погодных условий, то данные по накоплению суммы положительных температур воздуха остаются более или менее постоянными.

Выводы

Лиственница в условиях южно-таежного лесорастительного района проходит все стадии сезонного развития. Начало ее вегетации приходится на конец второй декады апреля, при преодолении температурного порога в +5 °С. Сумма положительных температур к этому моменту достигает 72,8 °С.

Пыление стробил отмечается в начале мая, когда оптимальная температура для данной фазы развития составляет 10–15 °С. Для массового пыления требуется накопленного тепла 313,6 °С. Окончание вегетационного периода наблюдается при накоплении суммы положительных температур более 1900 °С.

Оптимальным временем для сбора семенного сырья является период с 20 сентября по 1 октября. На урожайность значительное влияние оказывает количество осадков в период цветения, а также отсутствие заморозков в начале мая.

Продолжительность периода вегетации составляет около 187 дней. Для деревьев такой период считается коротким и характерен для морозоустойчивых растений.

В результате проведенной работы установлена высокая корреляционная зависимость между начальными и конечными фазами вегетации со среднесуточной температурой воздуха и суммой положительных температур.

Для таких фаз развития, как набухание и распускание почек, развертывание хвои, появление осенней окраски и начало опадения семян установлена линейная зависимость даты наступления фаз от среднесуточной температуры воздуха, и они описаны линейным уравнением.

Результаты проведенного исследования за сезонным развитием лиственницы сибирской в южно-таежном районе европейской части РФ позволяет установить взаимосвязь фенологических фаз с температурами этого периода. Прохождение полного фенологического цикла демонстрирует хорошую адаптацию вида на западной границе своего ареала.

Корреляция между датами наступления той или иной фазы с суммой положительных температур позволяет моделировать их установление в последующие годы. Полученную информацию можно использовать при разработке рекомендаций по выращиванию, уходу, сбору семян, защите от вредителей и т. д.

Для использования лиственницы сибирской в озеленении населенных пунктов большое значение имеют сроки наступления таких периодов, как распускание хвои, пыление стробил, появление шишек, осеннее расцветивание хвои. Установление этих дат позволяет создавать декоративные композиции с наивысшим периодом декоративности.

Список литературы

- [1] Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Долинская И.С. Интродуценты и экстразональные виды в урбанизированной среде (на примере г. Вологды). Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 184 с.
- [2] Булыгин Н.Е., Кулагин Ю.Г. Фенологические особенности некоторых видов *Larix* Mill. в Санкт-Петербурге // Растительные ресурсы, 2000. Вып. 3. С. 39–47.
- [3] Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Коженкова А.А. Географические культуры лиственницы в Серебряноборском опытном лесничестве // Леса Евразии — леса Поволжья: материалы XVII Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова, 95-летию Казанского государственного аграрного университета и году экологии в России. Казань, 22–28 октября 2017 г. М.: ООО ИПЦ «Маска», 2017. С. 154–156.
- [4] Кищенко И.Т. Влияние климатических факторов на сезонный рост деревьев лиственных лесобразующих видов в таежной зоне // ИВУЗ Лесной журнал, 2017. № 1. С. 51–63.
- [5] Карасева М.А., Карасев В.Н., Маторкин А.А. Физиологическая оценка устойчивости лиственницы сибирской в Среднем Поволжье // Хвойные бореальной зоны, 2003. Т. XXI. № 1. С. 27–35.
- [6] Паутова Н.В. Особенности фенологического развития и адаптации лиственницы сибирской в условиях Европейского Северо-Востока // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. Т. 13. № 1 (14). С. 1020–1023.
- [7] Плаксина И.В. Особенности роста и метаболизма лиственницы сибирской в условиях фитоценологического стресса // Хвойные бореальной зоны, 2008. Т. XXV. № 3–4. С. 277–283.
- [8] Лобова С.Л. Производительность и качество древесины лиственницы в географических культурах юго-восточного Подмосковья // Леса Евразии — Большой Алтай: материалы XV Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Н. Высоцкого. Барнаул, 13–20 сентября 2015 г. М.: МГУЛ, 2015. 220 с.
- [9] Тюкавина О.Н., Грязькин А.В. Температурный режим стволов липы, клена и лиственницы в условиях г. Архангельска // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2015. Вып. 210. С. 58–67.
- [10] Тупик П.В. Особенности фенологического развития лиственницы в условиях Беларуси // Труды БГТУ, 2009. № 17. С. 2015–2016.
- [11] Merklová L., Bednářová E. Results of a phenological study of the tree layer of a mixed stand in the region of the Dražanská vrchovina Upland // J. of Forest Science, 2008, no. 54, pp. 294–305.
- [12] Botvich I. Yu., Pisman T. I., Shevyrnogov A. P. Phenological Characterization of Forest Vegetation in Russia (the Krasnoyarskii Krai) Based on Satellite Data // J. of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2018, no. 11(8), pp. 974–981.
- [13] Lukkarinen A.J., Ruotsalainen S., Nikkanen T., Peltola H. Survival, height growth and damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) larch provenances in field trials located in southern and northern Finland // Silva Fennica, 2010, no. 44 (5), pp. 727–747.
- [14] Грибов С.Е., Карбасникова Е.Б., Карбасников А.А. Лесоводственная оценка состояния лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii*) в ландшафтном заказнике «Лиственничный бор» Верховажского района Вологодской области // Молочнохозяйственный вестник, 2015. № 1(17). С. 7–14.

- [15] Грибов С.Е., Карбасников А.А., Карбасникова Е.Б., Корчагов С.А. Оценка перспективности использования лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) в озеленении г. Вологды // ИВУЗ Лесной журнал, 2017. № 2. С. 95–106.
- [16] Карбасников А.А. Лесоводственно-биологические особенности роста и развития лиственницы в условиях Вологодской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Вологда, Молочное, 2018. 166 с.
- [17] Малаховец П.М., Тисова В.А. Фенологические наблюдения за сезонным развитием деревьев и кустарников. Архангельск: АГТУ, 1999. 47 с.
- [18] Рунова Е.М., Аношкина Л.В. Морозоустойчивость деревьев рода *Populus*, используемых в озеленении городов Восточной Сибири // Успехи современного естествознания, 2018. № 11. С. 66–71.
- [19] Tretyakova I.N., Vyazovetskova A.S., Ivanova A.I. Induction of androgenic Cultures of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.) // Eurasian J. of Forest Research. Hokkaido: Hokkaido University Forests, 2006, pp. 37–44.
- [20] Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесная пром-сть, 1977. 216 с.

Сведения об авторах

Карбасникова Елена Борисовна — канд. с.-х. наук, доцент кафедры лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», helen15@yandex.ru

Бабич Николай Алексеевич — д-р с.-х. наук, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», les@agtu.ru

Карбасников Александр Алексеевич — канд. с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина», Alexkarbon@yandex.ru

Поступила в редакцию 31.01.2020.

Принята к публикации 10.03.2020.

PECULIARITIES OF LARCH (*LARIX MILL.*) SEASONAL DEVELOPMENT IN CONDITIONS OF SOUTH TAIGA SUB-ZONE

E.B. Karbasnikova¹, N.A. Babich², A.A. Karbasnikov¹

¹Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, 2, Shmidt st., 160555, Vologda, Molochnoe, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 163002, Arkhangelsk, Russia

helen15@yandex.ru

Seasonal development of woody plants is closely linked to environmental factors. It is impossible to study species growing in its geographic area without defining the compliance phenological rhythms and environmental changes. It is particularly relevant to have research data when studying the adaptation of species and identifying the causes that limit their further dispersal. Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb) grows along the Western boundary of the studied area. It is listed as a rare plant in the Red data book of the Vologda region. The average dates of the phenological phases beginning and their relationship with air temperature and precipitation are established, a linear relationship between air temperature and phenological phases is revealed. The results of field studies are presented. Larch on the border of the area follows all phases of seasonal development, the beginning of the growing season of larch occurs at the end of the second decade of April, with the breaching of the temperature threshold of +5 °C; strobilus pollen dispersion is observed in early May, the optimum temperature for flowering is in the range of +10...15 °C; the end of the vegetation period is observed when the accumulation amount of the above zero temperature more 1900 °C; the optimal timing of collection of seed material is the period from 20 September to 1 October. The relationship between average daily temperature and beginning of phenological phases was observed most clearly in the first half of the growing season. The complete phenological cycle shows a good adaptation of the species at the Western border of its range. High correlation between the initial and final phases of the growing season and average air temperature and sum of above zero temperatures is described by a linear equation.

Keywords: Siberian larch, seasonal development, vegetation, flowering, the sum of positive temperatures, phenological variation

Suggested citation: Karbasnikova E.B., Babich N.A., Karbasnikov A.A. *Osobennosti sezonnogo razvitiya listvenitsy (Larix Mill.) v usloviyakh yuzhnoy podzony taygi* [Peculiarities of Larch (*Larix Mill.*) seasonal development in conditions of South Taiga sub-zone]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 3, pp. 53–59. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-53-59

References

- [1] Babich N.A., Karbasnikova E.B., Dolinskaya I.S. *Introdutsenty i ekstrazonal'nye vidy v urbanizirovannoy srede (na primere g. Vologdy)* [Introduced and extrazonal species in an urban environment (for example, Vologda)]. Arxangelsk: IPCz SAFU, 2012, 184 p.
- [2] Bulygin N.E., Kulagin Yu.G. *Fenologicheskie osobennosti nekotorykh vidov Larix Mill. v Sankt-Peterburge* [Phenological features of some species of *Larix Mill.* in Saint Petersburg]. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 2000, v. 3, pp. 39–47.

- [3] Merzlenko M.D., Mel'nik P.G., Kozhenkova A.A. *Geograficheskie kul'tury listvennitsy v Serebryanoborskom opytном lesnichestve* [Geographical culture of larch in Serebryanoborskiy experimental forest area]. *Lesa Evrazii — lesa Povolzh'ya: materialy XVII Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.F. Morozova, 95-letiyu Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta i godu ekologii v Rossii* [Eurasian forests — Volga forests: proceedings of the XVII International Conference of Young Scientists dedicated to the 150th birthday of Professor G.F. Morozov, the 95th anniversary of Kazan State Agrarian University and the year of ecology in Russia]. Moscow: Maska, 2017, pp. 154–156.
- [4] Kishchenko I.T. *Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na sezonnyy rost derev'ev listvennykh lesoobrazuyushchikh vidov v taezhnoy zone* [Influence of climatic factors on the seasonal growth of deciduous forest-forming trees in the taiga zone] *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2017, no. 1, pp. 51–63.
- [5] Karaseva M.A., Karasev V.N., Matorkin A.A. *Fiziologicheskaya otsenka ustoychivosti listvennitsy sibirskoy v Srednem Povolzh'e* [Physiological assessment of the stability of Siberian larch in the Middle Volga region] // *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous of the boreal zone], 2003, t. XXI, no. 1, pp. 27–35.
- [6] Pautova N.V. *Osobennosti fenologicheskogo razvitiya i adaptatsii listvennitsy sibirskoy v usloviyakh Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Features of the phenological development and adaptation of Siberian larch in the European North-East]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences], 2011, t. 13, no. 1 (14), pp. 1020–1023.
- [7] Plaksina I.V. *Osobennosti rosta i metabolizma listvennitsy sibirskoy v usloviyakh fitotsenoticheskogo stressa* [Features of growth and metabolism of Siberian larch under phytocenotic stress] *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous of the boreal zone], 2008, t. XXV, no. 3–4, pp. 277–283.
- [8] Lobova S.L. *Proizvoditel'nost' i kachestvo drevesiny listvennitsy v geograficheskikh kul'turakh yugo-vostochnogo Podmoskov'ya* [Productivity and quality of larch wood in geographical cultures of the South-Eastern Moscow region] *Lesa Evrazii — Bol'shoy Altay: Materialy XV Mezhdunarodnoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya professora G.N. Vysotskogo* [Eurasia Forests — Big Altai: Materials of the XV International Conference of Young Scientists dedicated to the 150th anniversary of Professor G.N. Vysotsky]. Moscow: MGUL, 2015, 220 p.
- [9] Tyukavina O.N., Gryaz'kin A.V. *Temperaturnyy rezhim stvolov lipy, klenu i listvennitsy v usloviyakh g. Arkhangel'ska* [Temperature regime of the trunks of lindens, maples and larch in the conditions of Arkhangelsk]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [Proceedings of the Saint Petersburg forestry Academy], 2015, v. 210, pp. 58–67.
- [10] Tupik P.V. *Osobennosti fenologicheskogo razvitiya listvennitsy v usloviyakh Belarusi* [Peculiarities of larch phenological development in Belarus] // *Trudy BGTU* [Works of BSTU], 2009, no. 17, pp. 2015–2016.
- [11] Merklová L., Bednářová E. Results of a phenological study of the tree layer of a mixed stand in the region of the Dražanská vrchovina Upland. *J. of forest science*, 2008, no. 54, pp. 294–305.
- [12] Botvich I. Yu., Pisman T. I., Shevymogov A. P. Phenological Characterization of Forest Vegetation in Russia (the Krasnoyarskiy Krai) Based on Satellite Data. *J. of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 2018, no. 11(8), pp. 974–981.
- [13] Lukkarinen A.J., Ruotsalainen S., Nikkanen T., Peltola H. Survival, height growth and damages of Siberian (*Larix sibirica* Ledeb.) and Dahurian (*Larix gmelinii* Rupr.) larch provenances in field trails located in southern and northern Finland. *Silva Fennica*, 2010, no. 44 (5), pp. 727–747.
- [14] Gribov S.E., Karbasnikova E.B., Karbasnikov A.A. *Lesovodstvennaya otsenka sostoyaniya listvennitsy Sukacheva (Larix Sukaczewii) v landshaftnom zakaznike «Listvennichmyy bor» Verkhovazhskogo rayona Vologodskoy oblasti* [Forestry assessment of the state of Sukachev larch (*Larix Sukaczewii*) in the landscape reserve «Larch forest» of Verkhovazhsky district of Vologda region] // *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [Dairy Bulletin], 2015, no. 1 (17), pp. 7–14.
- [15] Gribov S.E., Karbasnikov A.A., Karbasnikova E.B., Korchagov S.A. *Otsenka perspektivnosti ispol'zovaniya listvennitsy sibirskoy (Larix sibirica) v ozelenenii g. Vologdy* [Evaluation prospects for using Siberian larch (*Larix sibirica*) in the Vologda region]. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2017, no. 2, pp. 95–106.
- [16] Karbasnikov A.A. *Lesovodstvenno-biologicheskie osobennosti rosta i razvitiya listvennitsy v usloviyakh Vologodskoy oblasti* [Forest-biological features of larch growth and development in the Vologda region]. *Dis. Cand. Sci. (Agric.)*. Vologda-Molochnoe, 2018, 166 p.
- [17] Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Fenologicheskie nablyudeniya za sezonnym razvitiem derev'ev i kustarnikov* [Phenological observations of seasonal development of trees and shrubs]. Arxangel'sk: AGTU, 1999, 47 p.
- [18] Runova E.M., Anoshkina L.V. *Morozoustoychivost' derev'ev roda Populus, ispol'zuemykh v ozelenenii gorodov Vostochnoy Sibiri* [Frost resistance of trees of the genus *Populus* used in landscaping cities of Eastern Siberia] *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes in Modern Natural Sciences], 2018, no. 11, pp. 66–71.
- [19] Tretyakova I. N., Vyazovetskova A. S., Ivanova A. I. Induction of androgenic Cultures of Siberian Larch (*Larix sibirica* Ledeb.). *Eurasian J. of Forest Research*. Hokkaido: Hokkaido University Forests, 2006, pp. 37–44.
- [20] Timofeev V.P. *Lesnye kul'tury listvennitsy* [Larch forest plantation]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1977, 216 p.

Authors' information

Karbasnikova Elena Borisovna — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Forestry of the Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, helen15@yandex.ru

Babich Nikolay Alekseevich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, les@agtu.ru

Karbasnikov Aleksandr Alekseevich — Cand. Sci. (Agriculture), Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Alexkarbon@yandex.ru

Received 31.01.2020.

Accepted for publication 10.03.2020.