

Научная статья

Срок поступления статьи 20.06.2022

УДК 58.006

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.10

Особенности роста побегов представителей семейства сосновые (Pinaceae Lindl.) в условиях культуры в Ботаническом саду УрФУ

Роман Валерьевич Михалищев¹

Виктор Владимирович Валдайских²

кандидат биологических наук

Рима Саркисовна Симонян³

Аннотация. Во флоре Среднего Урала представлено небольшое число видов семейства Pinaceae Lindl., в связи с чем интродукция новых видов представляет научный и практический интерес. В 2021 г. в условиях ботанического сада изучали линейный рост и развитие побегов у 20 видов. Наибольшей интенсивностью линейного роста побегов и величиной годовых приростов характеризовались представители рода Pinus (секции Pinus и Trifoliae). По началу и окончанию роста побегов все виды разделены на группы. В систематическом отношении в группу видов с ранними сроками начала роста вошли представители рода Pinus, а к группе с поздними сроками отнесены Larix и Pseudotsuga. В группах с ранними и средними сроками окончания роста оказалась большая часть видов из северной части общего ареала семейства Pinaceae Lindl., а у видов из более теплых регионов рост побегов заканчивался позже. Начало и окончание роста побегов зависели от особенностей вида. Кроме того, виды различались по продолжительности роста побегов и величине годовых приростов. На величину годового прироста побегов оказывали влияние видовые особенности, при этом зависимости длины годовых побегов от продолжительности роста не выявлено. Динамика роста побегов положительно коррелировала с суточными максимумами температур в начале вегетационного периода и отрицательно – с суммами положительных температур в течение всего периода роста побегов. Снижение интенсивности роста побегов во второй половине вегетационного периода связано с началом их одревеснения. Между окончанием роста побегов и началом лигнификации существует положительная корреляционная связь.

Ключевые слова: ботанический сад, коллекции растений, карбоновые фермы, Pinaceae, линейный рост побегов

Для цитирования: Михалищев Р.В., Валдайских В.В., Симонян Р.С. Особенности роста побегов представителей семейства сосновые (Pinaceae Lindl.) в условиях культуры в Ботаническом саду УрФУ. – Текст: электронный // Лесохозяйственная информация. 2022. № 4. С. 103–113. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.10

¹ Ботанический сад Уральского федерального университета имени Б.Н. Ельцина, ведущий инженер (Екатеринбург, Российская Федерация), rmichaliszczew@gmail.com

² Ботанический сад Уральского федерального университета имени Б.Н. Ельцина, директор (Екатеринбург, Российская Федерация), v_vald@mail.ru

³ Ботанический сад Уральского федерального университета имени Б.Н. Ельцина, лаборант (Екатеринбург, Российская Федерация), rimaserov@yandex.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.10

The Features of Stems Growth of Pine Family Species (Pinaceae Lindl.) under Conditions of Botanical Garden UrFU

Roman V. Mikhailishchev¹

Viktor V. Valdayskikh²

Candidate of Biological Sciences

Rima S. Simonyan³

Abstract. The flora of Middle Urals has a small number species of pine family, so the introduction of new species has research and practical interests. The linear growth of shoots was studied in 2021 under agricultural conditions in botanical garden of Ural Federal University. The higher rate of linear growth and size of annual shoots had the species of genus *Pinus* (*Pinus* and *Trifoliae* sections). The species can be divided by beginning and ending of growth to three groups. The species of *Pinus* included to cluster with early beginning of growth and species of *Larix* and *Pseudotsuga* included to cluster with late beginning of shoots growth. The species of *Abies* and *Picea* had a mean beginning of growth. The most of species from northern part of Pine family geographic range included to clusters with early and mean term ending of growth and species from more southern part of natural habitat had a late term ending of shoots growth. The species were different by duration of shoots growth and length of shoots. The duration of shoots growth has not effect on length of shoots ($F = 1,3409$; $p = 0,281$) and biology specific of species has it ($F = 8,182$; $p = 0,000$). The daily temperature maximums in the beginning of vegetation and amount of effective temperatures during the growth had effect on growth rate of shoots. The growth rate of shoots decreases by lignification in second half of vegetation. The positive correlation exists between ending of growth and beginning of lignification ($r = 0,4983$; $p = 0,018$).

Key words: botanical garden, plant collections, carbon farming, Pinaceae, linear growth of shoots

For citation: Mikhailishchev R., Valdayskikh V., Simonyan R. The Features of Stems Growth of Pine Family Species (Pinaceae Lindl.) under Conditions of Botanical Garden UrFU. – Text : electronic // Forestry information. 2022. № 4. P. 103–113. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.4.10

¹ Botanic Garden of the Ural Federal University named after B.N. Yeltsin, Leading Engineer (Yekaterinburg, Russian Federation), rmichaliszczew@gmail.com

² Botanic Garden of the Ural Federal University named after B.N. Yeltsin, Director (Yekaterinburg, Russian Federation), v_vald@mail.ru

³ Botanic Garden of the Ural Federal University named after B.N. Yeltsin, Laboratory Assistant (Yekaterinburg, Russian Federation), rimaserov@yandex.ru

Введение

Анализ продуктивности аборигенных и инорайонных древесных видов в каждом конкретном регионе в настоящее время представляет практический интерес в связи с возникновением новых задач по увеличению поглощения углерода и парниковых газов наземными экосистемами в рамках климатического регулирования. Основная углерододепонирующая функция в нашей стране принадлежит лесам [1, 2]. Существуют расчетные оценки величины углеродного пула в лесах различных регионов страны [3, 4]. Предполагается, что реализация климатических проектов прежде всего будет связана с культивированием высокопродуктивных древесных растений.

Во флоре Среднего Урала представлено небольшое число видов семейства *Pinaceae* Lindl., что предопределяет интерес к интродукции новых видов. Инорайонные виды наряду с аборигенными могут быть использованы не только для озеленения и в лесном хозяйстве, но и в решении экологических проблем, в частности при создании карбоновых ферм. При интродукции на Среднем Урале критическими условиями для хвойных являются сухие и бесснежные осень и начало зимы, наступление физиологической сухости весной [5]. Повышение теплообеспеченности позволяет, с одной стороны, расширить коллекции, с другой – содействует распространению новых болезней и вредителей растений [6]. При этом в условиях изменения климата многие хвойные могут негативно реагировать на теплые зимы [7].

В Ботаническом саду Уральского федерального университета коллекция семейства *Pinaceae* Lindl. формируется с 2005 г. и в настоящее время насчитывает 58 таксонов (39 видов, 6 разновидностей и 13 культиваров) из 5 родов. Наибольшим числом таксонов представлен род *Picea* A. Dietr. – 22, затем род *Pinus* L. – 18 таксонов, *Larix* Mill. – 9 и *Abies* Mill. – 8. Одним видом в коллекции представлен род *Pseudotsuga* Carr. По географическому происхождению в коллекции преобладают североамериканские и восточноазиатские виды – по 16 и 12 таксонов соответственно без учета культиваров. Плодоношение

и естественное возобновление наблюдается у *Pinus sylvestris* L., которая изначально произрастает на территории сада, а также у *Picea pungens* Engelm., *P. obovata* Ledeb. (посадки 1970 г.), *Larix sibirica* Ledeb. Из молодых растений в возрасте от 7 до 15 лет в генеративную фазу вступили: *Pinus banksiana* Lamb., *P. contorta* var. *latifolia* Engelm., *P. mugo* Turra, *P. densiflora* Siebold et Zucc., *P. sibirica* Du Tour., *Picea glauca* (Moench.) Voss, *P. abies* (L.) H. Karst, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. В настоящее время в условиях потепления климата практически все выращиваемые в коллекции таксоны зимостойки и могут незначительно повреждаться только при аномальных погодных явлениях в отдельные годы.

Наравне с аборигенными видами большой интерес в наших климатических условиях может представлять североамериканская сосна *Pinus contorta* var. *latifolia*, отличающаяся достаточно интенсивным ростом. Так, в условиях Архангельской обл. сосна скрученная к 7–11 годам превосходит сосну обыкновенную по высоте в 1,5 раза, а в 10-летнем возрасте по объему ствола – в 4 раза [8]. Запас древесины сосны скрученной на 36 % выше, чем у сосны обыкновенной; она лучше выживает в молодом возрасте, но менее устойчива к ветровой и снеговой нагрузке после посадки [9]. На основе изучения семенного размножения отмечается толерантность этого вида сосны к изменениям климата благодаря высокой генетической изменчивости естественных популяций [10].

Цель исследований – изучение роста и развития аборигенных и инорайонных видов с последующим отбором высокопродуктивных растений.

Материал и методы

Исследования проводили в Ботаническом саду Уральского федерального университета (Екатеринбург), который относится к подзоне южной тайги. Наиболее холодным месяцем является январь со средней температурой $-12,6^{\circ}\text{C}$, а самым теплым – июль со средней температурой $+18,9^{\circ}\text{C}$, среднегодовая температура $+3,2^{\circ}\text{C}$. Сумма эффективных температур выше

10 °С – 1 500–2 500 °С. Среднегодовая сумма осадков – 450–500 мм. Наибольшее количество осадков (300–340 мм) приходится на теплый период года. Высота снежного покрова достигает максимума в марте и составляет около 80 см, глубина промерзания грунта – 1,8 м. Безморозный период – 110–120 сут. Коэффициент увлажнения колеблется от 1,2 до 1,6. На основании средних многолетних данных увлажнение в вегетационный период считается достаточным, максимум осадков приходится на июнь–август. Таким

образом, для района интродукции характерны продолжительная зима и достаточно короткое лето [11].

В 2021 г. в условиях Ботанического сада УрФУ изучали линейный рост и развитие побегов у 20 видов из семейства Pinaceae Lindl., выращиваемых в коллекции сада (табл. 1). Природные ареалы видов приведены по источникам «Флора Китая» и «Флора Северной Америки» [12, 13].

Фенологические наблюдения проводили по методике Главного ботанического сада [14]. За

ТАБЛИЦА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗУЧАЕМОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СЕМЕЙСТВА PINACEAE LINDL.

Вид	Природный ареал	ХАРАКТЕР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА; ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОБРАЗЦА (ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПУНКТ); ГОД ИНТРОДУКЦИИ
<i>Pinus sylvestris</i> L. – сосна обыкновенная	Европа, Россия, Казахстан, Монголия, Китай	Естественное возобновление; Екатеринбург, Ботанический сад УрФУ; 2007, 2010
<i>Pinus mugo</i> Turra – сосна горная	Европа	Семена, собранные с культивируемых растений; Йошкар-Ола; 2006
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc. – сосна густоцветная	Приморский край, Корея, Япония	5-летние растения из семян, собранных в природных условиях; Приморский край; 2011
<i>Pinus banksiana</i> Lamb. – сосна Банкса	Северная Америка, преимущественно Канада	5-летние растения; Йошкар-Ола; 2005
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> Engelm. – сосна скрученная широкохвойная	Запад Северной Америки	6-летние растения из семян, собранных с культивируемых растений; Уфа; 2013
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour – сосна сибирская	Сибирь, Казахстан, Монголия, Китай	5-летние растения; Екатеринбург; 2002
<i>Pinus strobus</i> L. – сосна веймутова	Восток Канады и США, Мексика, Гватемала	Семена, собранные с культивируемых растений; Липецк; 2012
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst. – ель европейская	Европа, европейская часть России	Семена, собранные с культивируемых растений; Киров; 2010
<i>Picea koraiensis</i> Nakai – ель корейская	Дальний Восток, Китай, Монголия	Семена, собранные с культивируемых растений; Липецк; 2012
<i>Picea glauca</i> (Moench.) Voss – ель сизая	Северная Америка (Канада, Аляска)	Семена, собранные с культивируемых растений; Липецк; 2011
<i>Picea obovata</i> Ledeb. – ель сибирская	Азиатская часть России, Казахстан, Монголия, Китай (Синьцзян)	7-летние растения из семян местного происхождения; Екатеринбург; 2010
<i>Picea obovata</i> var. <i>krylowii</i> Luchnik – ель сибирская разновидность Крылова	Алтай	Семена, собранные с культивируемых растений; Барнаул; 2011
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk. – ель сербская	Сербия, Босния	Семена, собранные с культивируемых растений; Липецк; 2012
<i>Picea pungens</i> Engelm. – ель колючая	Запад США (Аризона, Колорадо, Айдахо, Юта, Вайоминг)	8-летние растения из семян местного происхождения; Екатеринбург; 2010
<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm. – ель Энгельмана	Запад Северной Америки, Мексика	6-летние растения из семян собранных с культивируемых растений; Уфа; 2013
<i>Larix sibirica</i> Ledeb. – лиственница сибирская	Азиатская часть России, Монголия, Китай (Синьцзян)	7-летние растения из семян местного происхождения; Екатеринбург; 2010

Вид	ПРИРОДНЫЙ АРЕАЛ	ХАРАКТЕР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА; ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОБРАЗЦА (ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПУНКТ); ГОД ИНТРОДУКЦИИ
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco – псевдотсуга Мензиса	Северная Америка (Тихоокеанское побережье, Скалистые горы)	8-летние растения; Йошкар-Ола; 2005
<i>Abies sibirica</i> Ledeb. – пихта сибирская	Азиатская часть России, Казахстан, Монголия, Китай (Синьцзян)	8-летние растения из семян местного происхождения; Екатеринбург; 2010
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill. – пихта бальзамическая	Север Северной Америки	11-летние растения из семян собранных с культивируемых растений; Уфа; 2013
<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt. – пихта субальпийская	Северная Америка (Тихоокеанское побережье, Скалистые горы)	8-летние растения; коммерческий питомник, Екатеринбург; 2017

начало линейного роста (Пб³) побегов у родов *Picea*, *Abies* и *Pseudotsuga* принята дата распускания почек. У представителей рода *Pinus* начало роста побегов отмечали одновременно с набуханием почек, так как к моменту их распускания побеги у сосен значительно отрастают. У лиственниц начало роста побегов определяется прощупыванием пучка хвои на удлинённых побегах, линейные измерения побегов начинают проводить после выхода побега из пучка хвои. Дату окончания линейного роста побегов (Пб⁴) определяли путем регулярного измерения их длины с помощью линейки (с точностью до ± 1 мм). Для этого нами было промаркировано 15 побегов на модельных растениях на высоте 1,3 м через определенные интервалы времени (один раз в неделю). За окончание линейного роста побегов были приняты даты, после которых рост побегов прекратился. При обработке результатов каждая дата переводилась в непрерывный ряд чисел (за начало принималось 1 марта каждого года) для последующих расчетов [15].

При анализе полученных данных вычисляли средние арифметические (M), стандартные отклонения (σ) и ошибки средней арифметической (m_M) [15, 16]. При обработке полученных данных использовали пакет программ Excel и Statistica 13.

Результаты и обсуждение

Вегетационный период 2021 г. характеризовался ранней экстремально теплой и засушливой весной, малым количеством осадков в первой

половине лета, большим числом ясных дней в течение всего сезона. В мае и июне были обновлены температурные рекорды. Максимумы температур составили соответственно 34,7 и 36,0 °С, превышение средних многолетних значений – на 6,3 и 2,4 °С соответственно. Средняя температура летних месяцев – 19,6 °С, что на 2,3 °С выше климатической нормы.

Линейный рост побегов у различных представителей семейства *Pinaceae* Lindl. в 2021 г. начинался с 25 апреля по 18 мая (табл. 2). По началу роста побегов в 2021 г. все виды путем кластерного анализа можно разделить на 3 группы: раноотрастающие, среднеотрастающие и поздноотрастающие. В группу с ранними сроками начала роста побегов попали большая часть видов рода *Pinus*, кроме *P. mugo* и *P. strobus*. Из них 2 вида аборигенных, один вид восточноазиатских и 2 вида американских сосен. Начало роста побегов этих видов происходило с 25 по 27 апреля при суммах температур выше 0 °С, равных 191,7–206,8 °С. У *Pinus mugo* и *P. strobus*, а также у представителей *Abies* и большей части видов *Picea* рост побегов начинался в средние сроки – с 12 по 16 мая при суммах температур выше 0 °С, равных 406,8–502,7 °С. В поздние сроки (17–18 мая при суммах температур выше 0 °С, равных 528,2–523,7 °С) рост побегов начинался у *Picea omorika*, *P. pungens*, *Larix sibirica* и *Pseudotsuga menziesii*. В систематическом отношении в группу раноотрастающих попали только представители рода *Pinus*, среди которых оба вида из секции *Trifoliae*, а в группу с поздними сроками начала роста побегов отнесены оба вида

ТАБЛИЦА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТА ПОБЕГОВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ PINACEAE LINDL. В 2021 Г.

Вид	Пб ³ , ДАТА (М ± м _н)	Пб ⁴ , ДАТА (М ± м _н)	Пр, ДНИ (М ± м _н)	Вп, см (М ± м _н)
<i>Pinus sylvestris</i> – сосна обыкновенная	25.04±1,5	19.06±3,5	55,0±2,0	22,2±2,9
<i>Pinus mugo</i> – сосна горная	13.05±1,5	29.06±4,0	47,5±5,5	30,5±1,5
<i>Pinus densiflora</i> – сосна густоцветная	27.04±1,0	29.06±6,4	63,0±13,0	28,3±0,9
<i>Pinus banksiana</i> – сосна Банкса	26.04±1,4	18.06±3,5	55,0±5,0	20,6±0,9
<i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> – сосна скрученная широкохвойная	26.04±1,2	15.06±3,8	50,3±4,9	32,8±1,1
<i>Pinus sibirica</i> – сосна сибирская	27.04±1,0	19.06±3,5	52,5±2,5	17,1±0,8
<i>Pinus strobus</i> – сосна веймутова	13.05±1,2	01.07±6,2	49,3±5,0	14,1±1,3
<i>Picea abies</i> – ель европейская	14.05±1,5	15.06±0,5	33,0±1,0	15,0±0,6
<i>Picea koraiensis</i> – ель корейская	13.05±1,5	13.07±4,0	58,0±2,0	25,5±0,6
<i>Picea glauca</i> – ель сизая	15.05±1,2	16.07±4,5	59,0±2,9	16,2±0,6
<i>Picea obovata</i> – ель сибирская	12.05±1,5	25.06±3,5	45,5±2,5	19,3±1,1
<i>Picea obovata</i> var. <i>krylowii</i> – ель сибирская разновидность Крылова	14.05±1,0	09.07±3,5	56,5±2,5	14,3±1,4
<i>Picea omorika</i> – ель сербская	17.05±1,5	18.07±6,2	57,5±5,5	16,1±0,3
<i>Picea pungens</i> – ель колючая	17.05±1,2	06.07±1,0	52,0±1,0	20,2±0,6
<i>Picea engelmannii</i> – ель Энгельмана	13.05±1,2	19.06±3,5	37,5±2,5	12,7±1,9
<i>Larix sibirica</i> – лиственница сибирская	18.05±1,5	13.07±4,0	52,0±2,0	16,1±1,5
<i>Pseudotsuga menziesii</i> – псевдотсуга Мензиса	18.05±1,4	25.07±2,5	68,3±1,2	12,1±0,3
<i>Abies sibirica</i> – пихта сибирская	16.05±1,5	03.07±3,5	47,0±2,0	14,4±0,2
<i>Abies balsamea</i> – пихта бальзамическая	14.05±1,5	10.07±3,5	57,0±2,0	15,3±1,8
<i>Abies lasiocarpa</i> – пихта субальпийская	14.05±1,1	15.06±1,0	33,0±1,0	6,4±1,5

Примечание. Пб³ – начало роста побегов, Пб⁴ – окончание роста побегов, Пр – продолжительность роста побегов, Вп – величина прироста.

из подсемейства *Laricoidea* (*Larix*, *Pseudotsuga*). Все представители рода *Abies* имеют средние сроки начала роста побегов, как и большая часть видов рода *Picea*. Заметной связи между географическим происхождением и распределением видов по группам не установлено.

Окончание роста побегов наблюдалось с 15 июня по 25 июля. По срокам окончания роста побегов все виды также можно разделить на 3 группы. В группу с ранним окончанием роста побегов попали 2 аборигенных вида сосен (*P. sylvestris* и *P. sibirica*) и 2 таксономически близких вида американских сосен (*P. banksiana* и *P. contorta* var. *latifolia*). Эти же виды сосен отличаются ранним началом роста побегов. Из других таксонов к этой группе отнесены такие американские виды, как *Abies lasiocarpa* и *Picea engelmannii*,

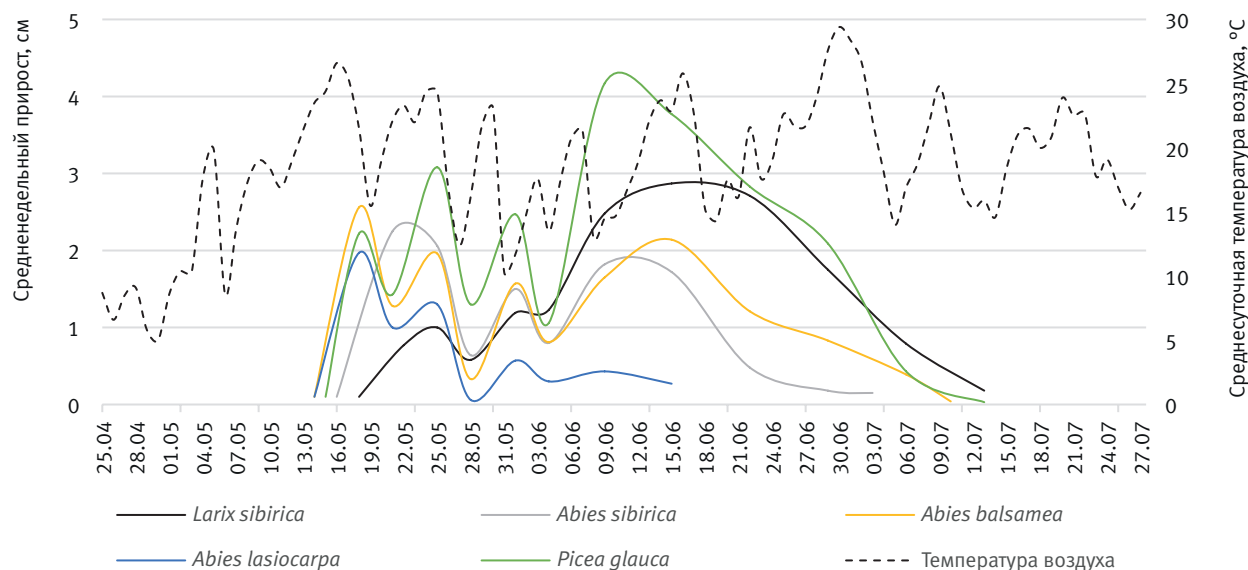
а также местный вид *Picea obovata* и близкий к ней таксон *Picea abies*. Рост побегов этих видов заканчивался с 15 по 25 июня при суммах температур выше 0 °С, равных 1 064,5–1 256,9 °С. Группу со средними сроками окончания роста побегов составляют практически те же виды, что и в группе со средними сроками начала роста, за исключением *Pinus densiflora*, у которой раннее начало роста, а также *Larix sibirica* и *Picea pungens* с поздним началом роста побегов. Линейный рост побегов в этой группе заканчивался с 29 июня по 13 июля при суммах температур выше 0 °С, равных 1 351,9–1 695,8 °С. В группу с поздними сроками окончания роста побегов вошли 2 вида из группы с поздним началом роста: *Picea omorika* и *Pseudotsuga menziesii*. Линейный рост побегов в этой группе завершался с 16 по 25 июля при

суммах температур выше 0 °С, равных 1 737,3–1 881,0 °С. У некоторых растений *Picea omorika* и *P. glauca* наблюдался вторичный рост отдельных побегов в конце августа (26–30 августа).

Анализ данных показал, что на начало ($F = 39,63$; $p = 0,0000$) и окончание линейного роста ($F = 6,24$; $p = 0,000007$) побегов оказывали влияние особенности вида. Сроки наступления данных фенофаз также зависят от погодных условий [17, 18]. Средняя продолжительность роста побегов составила $51,4 \pm 2,04$ сут. Наименьшая продолжительность роста побегов отмечалась у *Picea abies* и *Abies lasiocarpa* – 33 сут, наибольшая у *Pseudotsuga menziesii* – 68,3 сут и *Pinus densiflora* – 63 сут. Наименьший годичный прирост побегов наблюдался у *Abies lasiocarpa* – 6,4 см, а наибольший у *Pinus contorta* var. *latifolia* – 32,8 см. Различия в величине годичного прироста связаны с интенсивностью роста побегов и не зависят от продолжительности роста [17, 19, 20]. По данным дисперсионного анализа данных, на величину годичного прироста побегов оказывали влияние видовые особенности ($F = 8,182$; $p = 0,00000$), тогда как зависимости от продолжительности роста не выявлено ($F = 1,3409$; $p = 0,281$). Между величиной годичного прироста и суммами эффективных температур во время роста побегов существует положительная корреляция [21, 22].

Начало и скорость роста побегов в значительной степени зависят от температуры воздуха [20], при этом интенсивность роста побегов коррелирует с температурой только в первой половине вегетационного периода [23]. Похожие результаты были получены и в наших исследованиях (рисунок). При снижении среднесуточных температур происходит замедление интенсивности роста побегов. Такая динамика наблюдалась в начале линейного роста побегов, преимущественно в мае.

Анализ данных не обнаружил достоверных корреляционных связей с минимальными ($r = 0,0878$; $p = 0,786$) и среднесуточными ($r = 0,2124$; $p = 0,508$) температурами во время роста побегов. Положительная корреляция обнаружена только между максимальными суточными температурами и динамикой роста побегов в первой части вегетационного периода до середины июня ($r = 0,7783$; $p = 0,039$). Между динамикой роста побегов и суммами положительных температур существует достоверная отрицательная связь ($r = -0,6088$; $p = 0,036$), следовательно, при накоплении сумм положительных температур происходит снижение интенсивности роста побегов. В то же время на начало одревеснения существенное влияние оказывают сумма положительных и эффективных температур,



Динамика температуры воздуха и средне недельного прироста побегов некоторых видов

а также гидротермический коэффициент (ГТК) [22]. Снижение интенсивности роста побегов, вероятно, связано с началом их одревеснения. Между началом одревеснения и окончанием роста побегов существует положительная корреляционная связь ($r = 0,4983$; $p = 0,018$). Так, для лиственницы сибирской и ели канадской начало одревеснения побегов (2021 г.) было отмечено 25–30 июня, а пик кривой роста побегов наблюдался 16–20 июня (см. рисунок).

Выводы

В результате исследований, проведенных в 2021 г. в Ботаническом саду УрФУ, были получены следующие данные. Линейный рост побегов у различных представителей семейства Pinaceae Lindl. начинался с 25 апреля по 18 мая, а окончание роста побегов – с 15 июня по 25 июля. По срокам начала и окончания роста побегов все виды можно разделить на группы. В систематическом отношении в группу раноотрастающих попали представители рода *Pinus*, а в группу с поздними сроками начала роста побегов – *Larix* и *Pseudotsuga*. Представители рода *Abies* и большая часть видов рода *Picea* имели средние

сроки начала роста побегов. В группы с ранними и средними сроками окончания роста попали преимущественно виды из северной части ареала семейства Pinaceae Lindl., виды из более теплых регионов завершали рост побегов позже. По фенологическим фазам начала и окончания роста побегов виды достоверно различались. Кроме того, различие зафиксировано по продолжительности роста побегов и величине годичных приростов. Влияния продолжительности роста на величину годичного прироста не выявлено, тогда как зависимость от видовых особенностей существенна. Динамика роста побегов положительно коррелировала с суточными максимумами температур в начале вегетационного периода и отрицательно – с суммами положительных температур в течение всего периода роста побегов. Снижение интенсивности роста побегов во второй половине вегетационного периода связано с началом одревеснения побегов. Между окончанием роста побегов и началом лигнификации существует положительная корреляционная связь. В вегетационный период 2021 г. наибольшей интенсивностью линейного роста побегов и величиной годичных приростов характеризовались представители рода *Pinus* из секций *Pinus* и *Trifoliae*.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации,
тема государственного задания
FEUZ-2021-0014*

Список источников

1. Замолодчиков, Д.Г. Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах / Д.Г. Замолодчиков // Устойчивое лесопользование. – 2011. – № 4(29). – С. 15–22.
2. Замолодчиков, Д.Г. Динамика бюджета углерода лесов России за два прошедших десятилетия / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Краев // Лесоведение. – 2011. – № 6. – С. 16–28.
3. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. – Екатеринбург : УрО РАН, 2007. – 636 с.
4. Моисеев, Б.Н. Методика МГЭИК для расчета годичного депонирования углерода и оценка ее применимости для лесов России / Б.Н. Моисеев, А.Н. Филипчук // Лесное хозяйство. – 2009. – № 4. – С. 11–13.
5. Семкина, Л.А. Рост и продуктивность инорайонных древесных видов в условиях Среднего Урала / Л.А. Семкина, Е.А. Тишкина // Лесной журнал. – 2021. – № 6 (384). – С. 100–109. – DOI 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109.
6. Фирсов, Г.А. Древесные растения в условиях климатических изменений в Санкт-Петербурге / Г.А. Фирсов, А.В. Волчанская; Российская академия наук; Ботанический институт им. В.Л. Комарова. – Москва : Маска, 2021. – 128 с.
7. Фирсов, Г.А. Реакция хвойных интродуцентов Санкт-Петербурга на аномальные метеоусловия зим 2014–2016 гг. / Г.А. Фирсов, А.Г. Хмарик // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2018. – № 4 (204). – С. 32–39.
8. Представители семейства сосновые (*Pinaceae* Lindl.) североамериканской флоры в коллекции дендрологического сада ФБУ «СевНИИЛХ» / Н.А. Демидова, Т.М. Дуркина, Л.Г. Гоголева, Н.Н. Васильева // Лесной журнал. – 2021. – № 4 (382). – С. 36–54. – DOI 10.37482/0536-1036-2021-4-36-54.
9. Elfving, B. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review / B. Elfving, T. Ericsson, O. Rosvall // Forest ecology and management. – 2001. – Т. 141. – № 1–2. – С. 15–29.
10. An assessment of *Pinus contorta* seed production in British Columbia: Geographic variation and dynamically-downscaled climate correlates from the Canadian Regional Climate Model / A. Lew [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. – 2017. – Т. 236. – С. 194–210.
11. Климат Урала [Электронный ресурс] // ФГБУ Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – Режим доступа: URL: http://svngimet.ru/?page_id=1707 (дата обращения: 09.04.2022).
12. Fu, L.G. R. *Pinaceae* Lindley / L.G. Fu, N. Li, R. Mills // Flora of China : Z.Y. Wu, P.H. Raven (eds.). – Vol. 4. *Cycadaceae* through *Fagaceae*. – St. Louis : Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, 1999. – P. 11–52.
13. Thieret, J.W. *Pinaceae* Lindley in Flora of North America / J.W. Thieret // Flora of North America : Editorial Committee (eds.) – Vol. 2. *Pteridophytes and Gymnosperms*. – New York : Oxford University Press, 1993. – P. 352–398.
14. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – Москва, 1975. – 28 с.
15. Зайцев, Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений / Г.Н. Зайцев. – Москва : Наука, 1983. – 269 с.
16. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – Москва : Наука, 1984. – 424 с.
17. Кищенко, И.Т. Рост и развитие интродуцированных видов *Larix* Mill. в таежной зоне (Карелия) / И.Т. Кищенко // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 61–83. – DOI 10.17516/1997-1389-0341.
18. Кищенко, И.Т. Рост и развитие интродуцированных видов *Picea* L. (Karst.) в таежной зоне (Карелия) / И.Т. Кищенко // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 238–258. – DOI 10.17516/1997-1389-0348.
19. Кищенко, И.Т. Сезонный рост видов *Abies* Mill., интродуцированных в бореальной зоне (Карелия) / И.Т. Кищенко // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2021. – № 1. – С. 1–11. – DOI 10.17072/1994-9952-2021-1-1-11.

20. Kishchenko, I.T. The effect of air temperature on seasonal growth of shoots in some species of genus *Abies* (Pinaceae) under conditions of introduction [Электронный ресурс] // Russ J Ecol. –2000. – № 31. – P. 359–361. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/BF02828452>

21. Потапова, С.А. Динамика роста побегов интродуцированных видов сосны / С.А. Потапова // Бюллетень ГБС. – 1983. – Вып. 137. – С. 28–31.

22. Рязанова, Н.А. Клены в Башкирском Предуралье: биологические особенности в условиях интродукции / Н.А. Рязанова, В.П. Путенихин. – Уфа : Гилем, 2012. – 224 с.

23. Кищенко, И.Т. Влияние климатических факторов на рост представителей рода *Pinus* (Pinaceae) в условиях интродукции / И.Т. Кищенко // Экология. – 2004. – № 4. – С. 249-254.

References

1. Zamolodchikov, D.G. Sistemy ocenki i prognoza zapasov ugleroda v lesnyh ekosistemah / D.G. Zamolodchikov // Ustojchivoe lesopol'zovanie. – 2011. – № 4(29). – S. 15–22.

2. Zamolodchikov, D.G. Dinamika byudzheta ugleroda lesov Rossii za dva proshedshih desyatiletija / D.G. Zamolodchikov, V.I. Grabovskij, G.N. Kraev // Lesovedenie. – 2011. – № 6. – S. 16–28.

3. Usol'cev, V.A. Biologicheskaya produktivnost' lesov Severnoj Evrazii: metody, baza dannyh i ee prilozheniya / V.A. Usol'cev. – Ekaterinburg : UrO RAN, 2007. – 636 s.

4. Moiseev, B.N. Metodika MGEIK dlya rascheta godichnogo deponirovaniya ugleroda i ocenka ee primenimosti dlya lesov Rossii / B.N. Moiseev, A.N. Filipchuk // Lesnoe hozyajstvo. – 2009. – № 4. – С. 11–13.

5. Semkina, L.A. Rost i produktivnost' inorajonnyh drevesnyh vidov v usloviyah Srednego Urala / L.A. Semkina, E.A. Tishkina // Lesnoj zhurnal. – 2021. – № 6 (384). – S. 100–109. – DOI 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109.

6. Firsov, G.A. Drevesnye rasteniya v usloviyah klimaticheskikh izmenenij v Sankt-Peterburge / G.A. Firsov, A.V. Volchanskaya; Rossijskaya akademiya nauk; Botanicheskij institut im. V.L. Komarova. – Moskva : Maska, 2021. – 128 s.

7. Firsov, G.A. Reakciya hvojnnyh introducentov Sankt-Peterburga na anomal'nye meteousloviya zim 2014–2016 gg. / G.A. Firsov, A.G. Hmarik // Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. – 2018. – № 4 (204). – S. 32–39.

8. Predstaviteli semeystva sosnovye (Pinaceae Lindl.) severoamerikanskoj flory v kollekcii dendrologicheskogo sada FBU «SevNIILH» / N.A. Demidova, T.M. Durkina, L.G. Gogoleva, N.N. Vasil'eva // Lesnoj zhurnal. – 2021. – № 4 (382). – S. 36–54. – DOI 10.37482/0536-1036-2021-4-36-54.

9. Elfving, V. The introduction of lodgepole pine for wood production in Sweden – a review / B. Elfving, T. Ericsson, O. Rosvall // Forest ecology and management. – 2001. – T. 141. – № 1–2. – S. 15–29.

10. An assessment of *Pinus contorta* seed production in British Columbia: Geographic variation and dynamically-downscaled climate correlates from the Canadian Regional Climate Model / A. Lew [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. – 2017. – T. 236. – S. 194–210.

11. Klimat Urala [Elektronnyj resurs] // FGBU Ural'skoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchej sredy. – Rezhim dostupa: URL: http://svgimet.ru/?page_id=1707 (data obrashcheniya: 09.04.2022).

12. Fu, L.G. R. Pinaceae Lindley / L.G. Fu, N. Li, R. Mills // Flora of China : Z.Y. Wu, P.H. Raven (eds.). – Vol. 4. Cycadaceae through Fagaceae. – St. Louis : Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, 1999. – R. 11–52.

13. Thieret, J.W. Pinaceae Lindley in Flora of North America / J.W. Thieret // Flora of North America : Editorial Committee (eds.). – Vol. 2. Pteridophytes and Gymnosperms. – New York : Oxford University Press, 1993. – P. 352–398.

14. Metodika fenologicheskikh nablyudenij v botanicheskikh sadah SSSR. – Moskva, 1975. – 28 s.

15. Zajcev, G.N. Optimum i norma v introdukcii rastenij / G.N. Zajcev. – Moskva : Nauka, 1983. – 269 s.

16. Zajcev, G.N. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noj botanike / G.N. Zajcev. – Moskva : Nauka, 1984. – 424 s.
17. Kishchenko, I.T. Rost i razvitie introducirovannyh vidov *Larix* Mill. v taezhnoj zone (Kareliya) / I.T. Kishchenko // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2021. – T. 14. – № 1. – S. 61–83. – DOI 10.17516/1997-1389-0341.
18. Kishchenko, I.T. Rost i razvitie introducirovannyh vidov *Picea* L. (Karst.) v taezhnoj zone (Kareliya) / I.T. Kishchenko // Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2021. – T. 14. – № 2. – S. 238–258. – DOI 10.17516/1997-1389-0348.
19. Kishchenko, I.T. Sezonnij rost vidov *Abies* Mill., introducirovannyh v boreal'noj zone (Kareliya) / I.T. Kishchenko // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2021. – № 1. – S. 1–11. – DOI 10.17072/1994-9952-2021-1-1-11.
20. Kishchenko, I.T. The effect of air temperature on seasonal growth of shoots in some species of genus *Abies* (Pinaceae) under conditions of introduction [Elektronnyj resurs] // Russ J Ecol. – 2000. – № 31. – R. 359–361. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1007/BF02828452>
21. Potapova, S.A. Dinamika rosta pobegov introducirovannyh vidov sosny / S.A. Potapova // Byulleten' GBS. – 1983. – Vyp. 137. – S. 28–31.
22. Ryazanova, N. A. Kleny v Bashkirskom Predural'e: biologicheskie osobennosti v usloviyah introdukcii / N.A. Ryazanova, V.P. Putenihin. – Ufa : Gilem, 2012. – 224 s.
23. Kishchenko, I.T. Vliyanie klimaticheskikh faktorov na rost predstavitelej roda *Pinus* (Pinaceae) v usloviyah introdukcii / I.T. Kishchenko // Ekologiya. – 2004. – № 4. – S. 249-254.