

## ЭКОЛОГО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ РАЗВИТИЯ СЕЯНЦЕВ И ВЗРОСЛЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РОДА ABIES

В. Т. Попова, В. Д. Дорофеева, А. А. Попова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Поступила в редакцию 10.02.2017 г.

**Аннотация.** На основе фенологических наблюдений установлено, что 9 видов пихт имеют завершенный цикл фенологических фаз, т.е. сезонное развитие соответствует циркануальной ритмике климаторегиона. Проанализированы факторы, влияющие на активность роста побегов разных видов пихт. При интродукции сроки начала и продолжительность отдельных фаз развития могут определяться их географическим происхождением и погодными условиями данного года. Ключевым фактором является температура в начале вегетационного периода (май).

**Ключевые слова:** интродукция, род *Abies*, рост побегов, количество осадков, температура, продолжительность вегетации.

**Abstract.** The study of 9 species of firs shown that they have completed the phenological phases cycle, i.e. the seasonal development meets circannual rhythm of climatologia. Analyzed factors were affecting on the activity of shoot growth of different fir species. Undo introduction the beginning and duration of individual development phases can be defined by their geographical origin and weather conditions in a studied year. The key factor is the temperature at the beginning of the vegetation period (May).

**Keywords:** introduction, *Abies* sp., the growth of shoots, amount of precipitation, temperature, duration of the growing season.

Успешность интродукции растений анализируется в первую очередь на основе фенологических наблюдений. Смена фенофаз как листовых, так и хвойных растений отражает состояние конкретных экземпляров и их ответную реакцию на климатические и экологические условия места произрастания. Вегетация, наступление, смена и продолжительность фенофаз зависит от нескольких факторов: климатических (температура, осадки, световой период), генетического контроля и других. При совпадении геоклиматических условий и индивидуальных потребностей растения наступление и смена фенофаз находятся в пределах нормы для вида. При их несовпадении может наблюдаться сдвиг или их выпадение фенофаз. Обоснованно считается, что интродукционная фенология позволяет оценивать соответствие интродуцентов новым условиям [1,2,3].

При многочисленности фенологических параметров для хвойных растений одним из информативных является продолжительность вегетаци-

онного периода, начало и конец вегетации. Для роста побегов необходимо большое количество энергии и субстрата, активные ростовые процессы в конце вегетационного периода не позволяют растению подготовиться к зиме, что в конечном итоге, может сказываться на интродукции. Продолжительность роста побегов является индивидуальным видовым признаком различных групп древесных растений и может отличаться между видами в пределах одного рода и, возможно, между разными возрастными группами одного вида [4]. Развитие побегов зависит не только от климатических параметров среды, но и от физиологических факторов и анатомического строения особей, так Castagneri D. с соавторами [5] показали для рода *Abies*, что климат-контроль роста деревьев происходит на тканево-органном уровне путем изменения просвета трахеид.

Вечнозеленые хвойные растения на сегодняшний день широко используются в ландшафтном дизайне. В садово-парковом строительстве часто за основу (доминанту) вводятся следующие хвойные растения древесных форм жизни: сосны,

ели, лиственницы, кедры, тсуги, лжетсуги, пихты. Хвойные растения, сохраняя декоративность в течение года, остаются незаменимыми и активно используются в озеленении, как частных, так и общественных территорий [6,7,8].

Род Пихта (*Abies*) относится к семейству Сосновые (*Pinaceae*), распространен в умеренной зоне Северного полушария. Представители рода – это вечнозеленые деревья с конусовидной кроной, начинающейся у основания ствола. Пихты являются теневыносливыми, в начале роста требуется полутень, в дальнейшем хорошо растут и на открытом солнце. Они требовательны к влажности плодородию, водоотведению почвы. Род насчитывает около 50 видов.

Целью исследования является определение состояния древесных растений из рода *Abies* в дендрарии ВГЛТУ и выявление влияния температуры, количества осадков, генетической компоненты на их вегетационный период и активность роста объектов исследования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются 9 видов рода *Abies*: *A. sibirica*, *A. nephrolepsis*, *A. holophylla*, *A. alba*, *A. balsamea*, *A. concolor*, *A. Fraseri*, *A. Veitchii*, *A. subalpine*. Данные виды древесных растений являются интродуцентами для г. Воронежа, произрастающие в дендрарии ВГЛТУ. Посажены в коллекцию дендрария пятилетними саженцами в 1975 г., часть пихт были привезены саженцами из ЛОСС, а некоторые виды (*Пихта сибирская*, *П. белокорая*, *П. бальзамическая*) выращены из семян, полученных по делектусу из ботанических садов. Возраст деревьев составляет более 40 лет. В результате многолетних фенологических наблюдений отмечено более обильное семяношение *Пихты белой*, при этом всхожесть семян очень высокая и составляет, в зависимости от года, более 90 %. Проведены многолетние фенологические наблюдения за ростом побегов 30 сеянцев *Abies alba*. Семена собирались в дендрарии, сразу после предпосевной обработки проводилась посадка в питомнике ВНИИЛГИСбиотех. Предпосевная обработка заключалась в следующем: в течение трех дней семена вымачивались в воде, воду меняли ежедневно, после закладывали в емкость с песком и стратифицировали в течение 4 месяцев при температуре 0 до + 5 °С. Посев с конца апреля по середину мая. Сеянцы находились в открытом грунте, уход – полив, прополка. Первые всходы появились через 10-14 дней.

Статистический анализ проводили с использованием статистического пакета статистических программ «Stadia». Алгоритм группировки данных их обработка представлена в работе Кулаичева [9].

Для кластерного анализа применяли метрику нормированный Эвклид, стратегию классификации — группового соседа. При кластеризации сеянцев *пихты белой* в матрицу данных вносили показатели годовых приростов (2010 и средний по 2010-2015 г.) каждого из 30 изучаемых сеянцев.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ фенологических наблюдений взрослых особей 9 видов пихт за период 2010 – 2013 г. представлен в таблице 1.

Период вегетации всех видов пихт начинается в первой декаде апреля. Продолжительность набухания почек 20-26 дней при среднесуточной температуре воздуха + 9 - + 11 °С. В годы с дружной весной, при отсутствии резких колебаний температуры начало роста побегов у многих видов пихт совпадает, при затяжной весне различия между видами в сроках могут достигать 1 недели. Расхождение в сроках остановки роста побегов не превышают 1 недели, время прекращения деятельности апикальных меристем у видов рода *Abies* не связаны с температурным режимом, а скорее всего находятся под контролем генотипа [10].

Характеристика климатических условий (температурный режим и влажность) за весенне-летние месяцы 2010-2014 г, представлены в таблицах 2 - 5. Основной рост побегов у пихт приходится на май. В период с 2010 по 2014 годы в мае не происходили колебания по средним значениям температуры и влажности, однако было зафиксировано повышение максимальных и понижением минимальных температур.

При рассмотрении климатических показателей летних месяцев, особенно выделяется 2010 год. В этот год отмечаются температурные рекорды (максимумы температуры), которые достигали 38,9 °С, 40,1 °С, 40,5 °С, что приближено к критическим показателям для роста растений. Также в 2010 году в летние месяцы отмечается снижение выпавших осадков (49% от нормы в июне, 53% - в июле, 56% - в августе), что в совокупности с температурой снижает, или совсем может прекратить ростовые процессы. Для 2011 – 2014 г. максимальные температуры также остаются высокими (таблицы 2-5). Средние температуры по месяцам являются стабильными (таблицы 2-5). В эти годы

Таблица 1.

Продолжительность роста побегов и годичный прирост побегов у пихт разных видов.

Вид пихт	Средний прирост, см					Средняя продолжительность роста побегов (количество дней)
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2010-2013г.	
<i>A. concolor</i>	29.2 ± 1.8	29.7 ± 2.8	31.6 ± 2.0	32.5 ± 0.8	30.8 ± 0.8	58.0 ± 1.3
<i>A. alba</i>	16.1 ± 1.1	19.4 ± 0.9	41.0 ± 2.1	38.8 ± 1.1	28.8 ± 6.4	58.6 ± 0.5
<i>A. Veitchii</i>	17.1 ± 0.7	12.4 ± 1.5	18.6 ± 1.5	19.3 ± 1.3	16.9 ± 3.0	61.3 ± 0.8
<i>A. balsamea</i>	23.21 ± 3.0	24.15 ± 1.2	31.66 ± 1.6	36.7 ± 1.2	28.9 ± 3.2	58.0 ± 1.4
<i>A. Fraseri</i>	17.42 ± 1.1	18.5 ± 0.9	17.0 ± 1.1	18.2 ± 1.0	17.8 ± 0.3	59.5 ± 0.8
<i>A. lasiocarpa</i>	30.28 ± 2.0	30.72 ± 1.0	39.42 ± 1.5	37.9 ± 1.3	34.6 ± 2.4	60.0 ± 1.3
<i>A. sibirica</i>	17.81 ± 0.6	18.65 ± 1.3	20.19 ± 2.8	19.2 ± 1.5	19.0 ± 0.5	61.1 ± 0.7
<i>A. nephrolepsis</i>	18.29 ± 2.0	22.0 ± 1.0	24.13 ± 1.2	23.5 ± 0.6	22.0 ± 1.3	58.3 ± 1.2
<i>A. holophylla</i>	26.01 ± 1.8	17.82 ± 1.5	29.62 ± 2.0	27.4 ± 1.2	25.2 ± 2.6	61.6 ± 0.5

Таблица 2.

Климатические показатели мая в период за 2010 – 2014 г.

Климатические показатели	Май				
	2010	2011	2012	2013	2014
Норма среднемесячной температуры, °С	14.8				
Фактическая температура месяца, °С	17.3	17.1	18.4	19.5	18.5
Отклонение от нормы:	+ 2.7	+ 2,3	+ 3.6	+ 4.7	+ 3.7
Норма суммы осадков, мм	46				
Выпало осадков, мм	55 (125%)	26 (57%)	21 (46 %)	64 (139%)	42 (91%)
Самая низкая температура воздуха, °С	7.6	7.0	3.0	4.0	2.4
Самая высокая температура воздуха, °С	28.5	29.2	31.8	32.5	32.6

Таблица 3.

Климатические показатели июня мая в период за 2010 – 2014 г.

Климатические показатели	Июнь				
	2010	2011	2012	2013	2014
Норма среднемесячной температуры, °С	18,5°				
Фактическая температура месяца, °С	22.4°.	20.6	20.1	21.2	18.0
Отклонение от нормы:	+3.9°.	+ 2.1	+ 1.6	+ 2.7	- 0.5
Норма суммы осадков, мм	74				
Выпало осадков, мм	36 (49%)	65 (88%)	184 (249%)	18 (24%)	99 (134%)
Самая низкая температура воздуха, °С	8.0 (7.06)	11.0	7.5	10.2	7.0
Самая высокая температура воздуха, °С	38.9*	32.5	32.5	33.4	33.0

\* РЕКОРД!

Таблица 4.

Климатические показатели июля в период за 2010 – 2014 г.

Климатические показатели	Июль				
	2010	2011	2012	2013	2014
Норма среднемесячной температуры, °С	20.5°				
Фактическая температура месяца, °С	26,4	23.7	22.1	20.1	22.3
Отклонение от нормы:	+5,9 *	+ 3.2	+ 1.6	- 0.4	+ 1.8
Норма суммы осадков, мм	62				
Выпало осадков, мм	33 (53%)	47 (76%)	64 (103%)	83 (134%)	2* (3 %)
Самая низкая температура воздуха, °С	16.4	14.5	12.6	9.2	11.2
Самая высокая температура воздуха, °С	40.1*	35.1	32.5	33.7	34.2

\* РЕКОРД!

Таблица 5.

Климатические показатели августа в период за 2010 – 2014 г.

Климатические показатели	Август				
	2010	2011	2012	2013	2014
Норма среднемесячной температуры, °С	19.2				
Фактическая температура месяца, °С	25.5°	20,2	20.3	20.4	21.8
Отклонение от нормы:	+6.3 *	+1.0	+1.1	+1.2	+ 2.6
Норма суммы осадков, мм	52				
Выпало осадков, мм	29 (56%)	97 (187%)	186* (358%)	86 (165%)	47 (90%)
Самая низкая температура воздуха, °С	8.4	8.2	8.4	10.0	8.5
Самая высокая температура воздуха, °С	40.5 *	35.0	35.4	34.0	37.5

\* РЕКОРД!

для летних месяцев отмечается большой объем выпавших осадков (более 100% от нормы).

Основное большинство изучаемых видов в 2010 году показало низкий рост (в сравнении с последующими годами) – это *A. concolor*, *A. alba*, *A. balsamea*, *A. lasiocarpa*, *A. sibirica*, *A. nephrolepsis*, *A. Veitchii* (таблица 1). Полного прекращения роста побегов или их усыхания отмечено не было. Несмотря на снижение прироста побегов, можно заключить, что взрослые особи растений показывает высокую устойчивость по отношению к климатическим факторам.

*A. Fraseri* показывает стабильность роста даже в экстремальных климатических условиях 2010 года.

*A. holophylla* показывает активный рост в 2010 и 2012 годах, 2011 год отмечается снижение роста. Сравнивая климатические показатели этих лет, можно предположить, что для данного вида пихт особенно важным является май и количество осадков, выпавших в этот месяц. Также можно отметить устойчивость этого вида к высоким температурам.

*A. Veitchii* среди всех видов пихт показывает наименьший рост побегов, что, скорее всего, связано с видовыми особенностями (медленно растущий вид).

Таким образом, можно говорить о разной устойчивости видов в роде *Abies* к температурным показателям. При проведении интродукционных мероприятий необходимо учитывать данную характеристику вида.

Семериковым, Семериковой [11] исследованные виды деревьев были разделены в соответствии с филогенетическим деревом рода *Abies*, построенного с помощью байесовского метода для 53 об-

разцов *Abies* и *Keteleeria* на основе нуклеотидных последовательностей фрагментов хлоропластной ДНК общей длиной 5580 пн (таблица 6). Получены достоверные различия ( $P \leq 0.05$ ) по среднему приросту побегов по группам, таким образом, влияние генетической компоненты на особенности роста в роде *Abies* не нивелируется экологическими факторами места произрастания, даже после многолетней акклиматизации деревьев.

Сравнивая группы пихт, можно отметить, что у видов из IV и VI групп по Семериковой [11] (*A. alba*, *A. Veitchii*, *A. sibirica*, *A. nephrolepsis*, *A. holophylla*) среднегодовой прирост ниже, чем у видов из III, V групп (*A. concolor*, *A. lasiocarpa*, *A. Fraseri*).

По средней продолжительности роста побегов (количество дней вегетации) схожи между собой пихты из группы VI (Азия) и группы IV (Европа, Средиземноморье), а так же пихты из группы V (Северо-запад, Северо-восток Северной Америки) и группа III (Запад Северной Америки, Центральная Америка) и группа V (Северо-запад, Северо-восток Северной Америки).

Разная скорость роста побегов среди изучаемых видов может быть связана не только с климатическими условиями места произрастания, но и происхождением интродуцентов. Сглаживание же различий между группами видов пихт по происхождению может происходить при длительной интродукции в новых климато-географических условиях. При полной акклиматизации растения могут полностью адаптироваться и изменять ритмы фенофаз.

Среди проанализированных видов, *A. alba* был одним из наиболее чувствительных к климатическим условиям 2010 года в роде, рост побега в этот и последующий год (2011) меньше более,

Таблица 6.

Показатели прироста и продолжительности вегетации 9 видов пихт в зависимости от филогенетической группы по Семериковой [11]

Группы пихт на основе филогенетической реконструкции по Семериковой [11], совпадающей с географическим происхождением	Виды пихт в группе	Средний прирост побегов 2010 – 2013 г., см	Средняя продолжительность роста побегов (количество дней) по группе
Группа III (Запад Северной Америки, Центральная Америка)	<i>A. concolor</i>	30.8 ± 0.8	58.0 ± 1.3
Группа IV (Европа и Средиземноморье)	<i>A. alba</i>	22.9 ± 50.6	60.0 ± 1.9
	<i>A. Veitchii</i>		
Группа V (Северо-запад, Северо-восток Северной Америки)	<i>A. balsamea</i>	27.1 ± 1.0	59.2 ± 1.0
	<i>A. Fraseri</i>		
	<i>A. lasiocarpa</i>		
Группа VI (Азия)	<i>A. sibirica</i>	22.1 ± 0.5	60.3 ± 1.8
	<i>A. nephrolepsis</i>		
	<i>A. holophylla</i>		

Таблица 7.

Годовой прирост главного побега у сеянцев *Abies alba*.

№ сеянца	Годовой прирост побега, см						Ср. прирост сеянца за 6 лет
	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014 г.	2015 г.	
1	7	7	7	4	6	14	7.5 ± 1.4
2	5	5	5	7	11	15	8 ± 1.7
3	9	9	9	4.5	7	12	8.4 ± 1.0
4	2	2	2	3	6	17	5.3 ± 2.4
5	9	9	9	4	7	12.5	8.4 ± 1.1
6	7	7	7	2	11	11	7.5 ± 1.4
7	6	6	6	7	9	13	7.8 ± 1.1
8	2	2	2	2	9	11	4.7 ± 1.7
9	10	10	10	3	11	9	8.8 ± 1.2
10	4	4	4	1	10	13	6 ± 1.8
11	10	10	10	2	13	13	9.7 ± 1.6
12	7	7	7	3	8	12	7.3 ± 1.2
13	2	2	2	4	14	10.5	5.8 ± 2.1
14	5	5	5	3	6	10	5.7 ± 1.0
15	4	4	4	4	1	12	4.8 ± 1.5
16	6	6	6	2	7	13	6.7 ± 1.4
17	2	2	2	2	7	9	4 ± 1.3
18	7	7	7	2.5	11	14.5	8.2 ± 1.7
19	6	6	6	2	8	12.5	6.8 ± 1.4
20	3	3	3	3.5	2	11	4.3 ± 1.4
21	6	6	6	2	11	11	7 ± 1.4
22	3	3	3	5	7	9	5 ± 1.0
23	4	4	4	2	6	8	4.7 ± 0.8
24	4	4	4	5	6	7	5 ± 0.5
25	4	4	4	9	13	15	8.2 ± 2.0
26	6	6	6	1.5	9	9	6.3 ± 1.1
27	5	5	5	1	7	11	5.7 ± 1.3
28	6	6	6	4	9	11	7 ± 1.0
29	5	5	5	3	9	12	6.5 ± 1.4
30	3	3	3	9	15	12	7.5 ± 2.2
Средне-годовой прирост	5.3 ± 2.3	5.3 ± 2.3	5.3 ± 2.3	3.6 ± 2.1	8.5 ± 3.2	11.7 ± 2.2	

чем на 20 см, поэтому было проанализировано влияние условий произрастания на прирост не только на взрослых деревьях, но и на сеянцах.

Данные по годовому приросту главного побега у сеянцев пихты белой в период за 2010 – 2015 годы представлены в таблице 7.

Исходя из полученных данных по среднему приросту (в см) главного побега, можно говорить о стабильном росте сеянцев (+ 5.3 см в первые три года, возраст сеянцев 2, 3, 4 года, соответственно) с момента посадки. В 2013 году наблюдается замедление роста, затем в 2014 и в 2015 годах в возрасте 6, 7 лет отмечается усиленный рост (+ 8.5 и 11.7 см, соответственно).

Кулагин, Давыдычев [12] проводили анализ интенсивности роста сеянцев пихты сибирской, авторами было выявлено, что повышение интенсивности роста растений наблюдается через 2-3 года после появления боковых или межмутовочных побегов, за счет увеличения ассимиляционной по-

верхности. Появление боковых ветвей происходит на третий год. Можно предположить, что для этих видов характерен низкий рост в первые пять – шесть лет, затем интенсификация ростовых процессов.

Распределение, построенное по активности роста побега (рис. 1), показывает, что большинство сеянцев имеют средний прирост в диапазоне от 5 до 9 см. Показатели свыше 9 см имеют 13.3 %, ниже 5 см – 3.3 %.

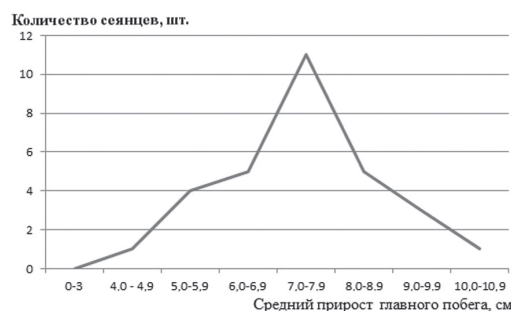


Рис. 1. Распределение сеянцев пихты белой по приросту главного побега



Сеянцы пихты белой были разделены с помощью кластерного анализа на группы по приросту главного побега. Всего было сделано два кластерных анализа: 1) по данным за 2010 год, который отмечается высокими температурами в течение вегетационного периода; 2) по средним данным за 6 лет (2010 – 2015 г.).

По результатам первого кластерного анализа (по 2010 г.) были получены пять групп сеянцев.

Группа № 1. Низкий годовой прирост (2010: + 3.4 см, 2010-2015: +5.1 см). В группе 5 сеянцев – 16.7 % (из 30 обследованных).

Группа № 2. Средний годовой прирост (2010: + 4 см, 2010-2015: +6.1 см). В группе 5 сеянцев – 16.7 % (из 30 обследованных).

Группа № 3. Наиболее активно растущая группа в 2010 году, однако уступает группе № 5 по среднегодовым показателям (2010: + 8.2 см, 2010-2015: +8.5 см). В группе 5 сеянцев – 16.7 % (из 30 обследованных).

Группа № 4. Высокий годовой прирост, однако рост этих сеянцев в 2010 году является угнетенным (в сравнении с активно растущими группами № 3, 5). 2010: + 5.3 см, 2010-2015: +7.4 см). В группе 11 сеянцев – 33.6 % (из 30 обследованных).

Группа № 5. В группе 4 сеянца – 13.3 % (из 30 обследованных). Характеризуется высоким среднегодовым приростом (2010: +5,5 см, 2010-2015: +9,8 см).

Таким образом, среди проанализированных сеянцев можно выделить группы с активным или низким ростом главного побега. Наибольшее количество сеянцев входит в группу № 4, обладающую высоким годовым приростом.

Дендрограмма, полученная по средним данным за 2010-2015 г., отличается от первой дендрограммы количеством групп и их долями среди всех сеянцев, выделение же групп по параметру «интенсивность роста» не изменилось. Выделяется 4 группы сеянцев.

Группа № 1. Низкий годовой прирост (2010-2015: + 4,6 см). 7 сеянцев – 23,4 % (из 30 обследованных). Увеличение доли данной группы (в сравнении с 2010 г.) происходит за счет перехода сеянцев из группы № 2 со средним приростом.

Группа № 2. Средний годовой прирост (2010-2015: +5,8 см). 6 сеянцев – 20 % (из 30 обследованных). Увеличение доли данной группы (в сравнении с 2010 г.) происходит за счет перехода сеянцев из группы № 4 с высоким приростом.

Группа № 3. Наиболее активно растущая группа (2010-2015: +8,4 см). 8 сеянцев – 26,6 % (из 30 обследованных).

Группа № 4. Высокий годовой прирост, (2010-2015: +7,1 см). В группе 9 сеянцев – 33,6 % (из 30 обследованных).

Всего на долю активно растущих сеянцев (по средним данным 2010-2015 г.) приходится 56,6 %. По данным 2010 года – 66,6 %, то есть доля сеянцев с высоким потенциалом роста падает, но несильно. Снижение происходит за счет перехода сеянцев из активно растущих групп в умеренно растущую группу, однако основная же доля сеянцев сохраняет высокий потенциал роста. Matias L. с соавторами [13] при изучении природных популяций *пихты белой* показал, что существует доля растений с засухоустойчивых генотипом, которые более устойчивы к изменению климата. Авторами так же было установлено, что сеянцы, полученные из семян из мест с более суровыми климатическими условиями, являются более устойчивыми по отношению к погодным условиям.

Многолетние исследования зависимости роста побегов от климатических показателей среди сеянцев пихты белой отражают положительную корреляцию по температурному фактору (рис. 2). В зависимости от года данная связь характеризуется средними и высокими коэффициентами корреляции (от 0,5 до 0,8). Однако для пихт оптимальной температурой для роста является от + 18 до + 25 °С, свыше данной температуры рост побегов замедляется (результаты по 2010 г.) Зависимость активности роста от температурного фактора у растений одного рода может быть различной, в работе Герасимовой, Жарниковой и др. [14] показан разный климатический отклик деревьев рода *Abies* в зависимости от положения в рельефе. По их данным наиболее значимым фактором при произрастании на горных хребтах является температура в начале вегетационного периода, при произрастании на склонах – температура июля. Деревья интродуценты находятся в особом положении, связанном с необходимостью приспособления к новым условиям произрастания. В работах Лантратовой [15], Шкутко [16] отмечается, что для интродуцентов влияние температуры на рост побегов наиболее значительно лишь до кульминации роста. То есть до момента полной акклиматизации может происходить сдвиг ростовых процессов в течение вегетационного периода. Анализируемые в нашей работе сеянцы и деревья находятся в условиях плато, большая часть годового прироста приходится на май, как следствие, можно говорить о критичности климатических факторов в ЦЧР для

годового прироста растений рода *Abies*. Коэффициент корреляции между ростом побегов и количеством осадков изменяется год от года и может иметь как положительную, так и отрицательную направленность. Похоже, в паре температура – влажность (осадки) для пихты белой, температурный показатель играет лидирующую роль для вегетации растений: при высоких температурах осадки снижают возможное вредное воздействие и способствуют росту или поддержанию норм функционирования растений, при средних или низких температурах обилие осадков ведет к торможению ростовых процессов. Важно так же отметить, что для пихт количество осадков является важным фактором и их дефицит может привести к снижению декоративности и даже гибели растений, особенно в начале онтогенеза. Так в работе Лазаревой [17] рекомендуется для декоративности хвои и равномерных приростов в засушливых условиях необходим искусственный полив в период с апреля по июнь для секции *Momi*, *Balsamea*; в августе – сентябре – секции *Abies*, *Grandis*. Подобное разделение говорит об индивидуальных видовых потребностях деревьев из рода *Пихта*, которые могут быть установлены в ходе интродукционных мероприятий для каждого региона.

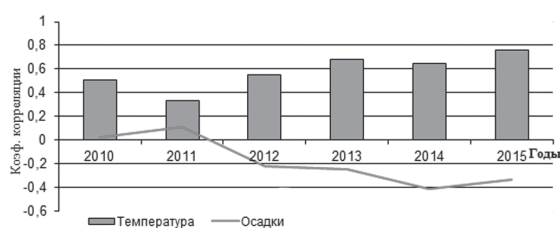


Рис. 2. Коэффициент корреляции между показателем прироста побегов сеянцев пихты белой и температурой и количеством осадков

Молодые и взрослые (зрелые) растения имеют разные пределы климатических факторов для оптимального роста. Молодые особи более требовательны как к температуре, так и к осадкам. Взрослые растения могут преодолевать более значительные отклонения климатических факторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство испытанных пихт имеют завершённый цикл фенологических фаз, т.е. сезонное развитие соответствует циркануальной ритмике климаторегiona.

1. Различные виды пихт показали разную скорость роста, причем это может быть связано с особенностями происхождения, в частности у видов

из IV и VI групп по Семерику, Семериковой [11] (*A. alba*, *A. Veitchii*, *A. sibirica*, *A. nephrolepsis*, *A. holophylla*) среднегодовой прирост ниже, чем у видов из III, V групп (*A. conlor*, *A. lasiocarpa*, *A. Fraseri*).

2. Длительность роста побегов не зависит от филогенетического происхождения.

3. Экстремальные погодные условия 2010 года (высокие максимальные температуры, недостаток влаги) оказали максимальное негативное воздействие на рост большинства изучаемых видов: *A. conlor*, *A. alba*, *A. balsamea*, *A. lasiocarpa*, *A. sibirica*, *A. nephrolepsis*, *A. Veitchii*; наиболее устойчивой оказалась *A. Fraseri*.

4. *A. alba* был одним из чувствительных видом в роде, поэтому проанализировано влияние условий произрастания не только на взрослых деревьях, но и на сеянцах.

5. Неблагоприятные климатические условия 2010 г. воздействовали на группы сеянцев пихты белой неодинаково. Дендрограмма, построенная на основе данных по 2010 г., показывает наличие групп с активным (интенсивным) или низким ростом главного побега. Наибольшее количество сеянцев входит в группу № 4, обладающую высоким годовым приростом, и более успешной стратегией адаптации к температурному фактору и количеству осадков.

Таким образом, нами проанализированы факторы, влияющие на активность роста побегов разных видов пихт. При интродукции сроки вступления и продолжительности отдельных фаз развития могут определяться их географическим происхождением и погодным условиям данного года. Ключевым фактором для взрослых деревьев и сеянцев, выращенных из семян акклиматизированных деревьев, является температура в начале вегетационного периода (май), филогенетическое происхождение не оказывает достоверного влияния, однако может вносить изменения в сроках вегетации на индивидуальном уровне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козик Л.Н. Сезонное развитие древесных интродуцентов в урбоэкосистемах / Е.В. Козик, Л.Н. Сунцова, Е.М. Иншаков // Хвойные бореальной зоны. — 2009. — XXVI. — № 2. — С. 217-220.
2. Булыгин Н. Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями: пособие по проведению учебно-научных исследований по курсу дендрологии / Н. Е. Булыгин. — Л.: ЛТА, 1979. — 96 с.

3. Залывская О.С. Сезонное развитие дендрофлоры в северных урбаносистемах / О.С. Залывская // ARCTIC ENVIRONMENTAL RESEARCH. — 2011. — № 4. — С. 60-65.
4. Эколого-фитоценологические основы интродукции растения / Н.В. Трулевич. — Москва, 1991. — 214 с.
5. Castagneri D. How does climate influence xylem morphogenesis over the growing season? Insights from long-term intraring anatomy in *Picea abies* / D. Castagneri et al. // Ann Bot. — 2017. — doi: 10.1093/aob/mcw274.
6. Карпун Ю.Н. Зеленые сокровища «Белых ночей» / Ю.Н. Карпун. — СПб., 2003. — 144 с.
7. Коляда Н.А. Об использовании североамериканских хвойных растений в озеленении городов России / Н.А. Коляда // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2010. — № 9. — С. 73-76.
8. Farjon A. World checklist and bibliography of conifers / A. Farjon // 2 ed. — Kew: The Royal Bot. Gardens. — 2001. — 309 p.
9. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного статистического анализа данных : учеб. пособие — 5-е изд., перераб. и доп. / Кулаичев А.П. — ИНФРА-М Москва. — 2017. — 484 с.
10. Кищенко, И. Т. Рост и развитие интродуцированных хвойных видов деревьев в условиях Карелии [Электронный ресурс] / И. Т. Кищенко ; М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования Петрозавод. гос. ун-т. — Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2015.
11. Семерикова С.А., Семериков В.Л. Молекулярно-филогенетическая характеристика рода *Abies* (Pinaceae) на основе анализа нуклеотидных последовательностей хлоропластной ДНК / С. А. Семерикова, В. Л. Семериков // ГЕНЕТИКА. — 2014. — Т. 50. — № 1. — С. 12–25.
12. Кулагин А.Ю., Давыдычев А.Н. Особенности роста пихты сибирской на начальных этапах онтогенеза в широколиственно-хвойных лесах Уфимского плато / А.Ю. Кулагин, А.Н. Давыдычев // ИВУЗ. «Лесной журнал». — 2007. — № 3. — С. 44-51.
13. Matías L. Role of geographical provenance in the response of silver fir seedlings to experimental warming and drought / Matías L. et al. // Tree Physiol. — 2016. — 36(10). — P. 1236-1246.
14. Герасимова О.В. Климатически обусловленная динамика радиального прироста кедра и пихты в горно-таежном поясе природного парка «Ергаки» / О.В. Герасимова и др. // Journal of Siberian Federal University. Biology. — 2010. — 3. — С. 18-29.
15. Лантратова, А. С. Адаптивная изменчивость лиственниц в зависимости от характера роста годичных побегов / А. С. Лантратова // Ритмы роста и развития интродуцентов. — Москва, 1973. — С. 73—75.
16. Шкутко Н. В. Хвойные Белоруссии / Н. В. Шкутко. — Москва, 1991. — 263 с.
17. Лазарева С. М. Закономерности роста побегов второго порядка у некоторых видов рода пихт в Среднем Заволжье / С. М. Лазарева // Вестник ПГТУ. Лес. Экология. Природопользование. — 2013. — №1. — С. 14-24.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

Попова В. Т., зав. кафедрой ботаники и физиологии растений, к.б.н., доцент  
E-mail: botfizrast@vglta.vrn.ru  
Тел.: +7 (473) 253-73-88

Дорофеева В. Д., к. с-х.н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений

Попова А. А., преподаватель кафедры ботаники и физиологии растений, к.б.н.  
E-mail: logachevaaaa@rambler.ru  
Тел.: +7 950 754-76-24

G.F. Morozov Voronezh State Forestry University

Popova V. T., Head of Botany and Plant Physiology Dept.  
E-mail: botfizrast@vglta.vrn.ru  
Ph.: +7 (473) 253-73-88

Dorofeeva V. D., Associated Prof., Dept. of Botany and Plant Physiology

Popova A. A., Lecturer, Dept. of Botany and Plant Physiology  
E-mail: logachevaaaa@rambler.ru  
Ph.: +7 950 754-76-24