

БОТАНИКА

УДК 630.1

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-1-1-11.

И. Т. Кищенко

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

СЕЗОННЫЙ РОСТ ВИДОВ *ABIES* MILL., ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

Изучение роста 4 интродуцированных видов *Abies* проведено в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета (южная Карелия, подзона средней тайги). Рост побегов в годы с дружной весной начинается одновременно. В годы с затяжной весной различия в началах роста между видами могут достигать 1 недели. Различия в сроках прекращения роста побегов также не превышают 1 недели. Ранее всего кульминация прироста происходит у *A. holophylla*, а позже всего – у *A. balsamea*. Наибольшая величина максимального прироста характерна для *A. holophylla*, у других видов она на 10–20% меньше. Начало и кульминация прироста зависят от температурного режима воздуха. Начало роста хвои отмечается в конце мая-начале июня, различия не превышают 2–4 сут. Раньше всего кульминация прироста хвои отмечается у *A. holophylla* и *A. concolor*. Его величина у данных видов в 1.5–2 раза больше, чем у других видов. Сроки начала, кульминации и окончания роста хвои из года в год могут варьировать в пределах 2–18 сут. Начало роста хвои зависит от температурного режима воздуха, а динамика роста, кроме того, – от влажности воздуха и атмосферных осадков. Характер и степень влияния экологических факторов на рост хвои заметно отличаются у изучаемых видов рода *Abies*. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Ключевые слова: интродукция; *Abies*; рост; побеги; хвоя.

I. T. Kishchenko

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

Seasonal growth of *Abies* Mill. species introduced in the Boreal Zone (Karelia)

The study of the growth of the introduced species of *Abies* was carried out in the Botanical Garden of Petrozavodsk State University (middle taiga subzone, southern Karelia). Studies have established that the growth of shoots of species of the genus *Abies* begins at the same time in years with a friendly spring. In years with a protracted spring, differences between species in the timing of the onset of this phenophase can reach 1 week. The differences in the timing of the termination of shoot growth also do not exceed 1 week. Growth culminates first in *A. holophylla*, and most recently in *A. balsamea*. The highest value of the maximum growth is characteristic of *A. holophylla*, in other species it is 10–20% less. It turned out that the beginning and culmination of growth in them mostly depends on the temperature regime of the air. The air humidity and the amount of atmospheric precipitation constantly exceed the optimal value for this process. It was found that the beginning of the growth of the needles of the studied species of the genus *Abies* is noted in late May-early June. The differences do not exceed 2–4 days. First of all, the culmination of the growth of needles is noted in *A. holophylla* and *A. concolor*. Its value in these species is 1.5–2 times higher than in other species. Studies have shown that the timing of the beginning, culmination and end of needle growth under the influence of environmental factors from year to year can vary within 2–18 days. The beginning of the growth of needles depends on the temperature regime of the air, and the growth dynamics, in addition, on the humidity of the air and atmospheric precipitation. The nature and degree of influence of environmental factors on the growth of needles varies very slightly from year to year, but differs markedly in the studied species of the genus *Abies*. It was found that *A. sibirica* and *A. balsamea* should be recognized as the most promising for landscaping settlements in settlements (with a low degree of pollution by pollutants).

Key words: introduction; *Abies*; growth; needles; shoots.

Введение

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое

внимание как в России, так и за рубежом. И это понятно, т. к. познание этих важнейших биологических процессов имеет решающее значение в теории и практике выращивания растений. При этом

объектами исследований служат аборигенные и интродуцированные древесные растения и, в частности, хвойные.

Известно, что большинство аборигенных видов древесных растений таежной зоны России плохо переносят прогрессирующее загрязнение окружающей среды. Между тем многие виды хвойных растений, в т. ч. и представители семейства *Abies* других географических районов, устойчивы к загазованности и задымленности, отличаются долговечностью и весьма декоративны в течение всего года [Встовская, 1983; Плотникова, 1983; Лапин, 1987; Комарова, 2011; Паутова, 2011; Мерзленко, Захарова, 2013; Мухина и др., 2013; Гуков и др., 2017; Фирсов, Хмарик, 2017]. Кроме того, многие из них отличаются значительно большей продуктивностью, чем местные виды, и нередко способны к натурализации [Калуцкий, Болотов, 1983; Мамаев, Махиев, 1996; Ботенков, Попова, 1997]. Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов, по мнению многих исследователей [Мамаев, Махиев, 1996; Bradshaw, 1997; Исаев и др., 1997; Буданцев, 1999; Морякина, 1998; Сикура, 1998], возможно только через интродукцию древесных растений. Все это свидетельствует о необходимости интродукции хвойных растений и оценки их перспективности. Последняя может быть установлена лишь на основе всестороннего изучения адаптаций, происходящих у испытуемых растений в новых условиях [Ворошилов, 1960; Базилевская, 1964; Гончарова и др., 2013;

Попова и др., 2016]. Главнейшими процессами, характеризующими состояние интродуцированных растений, являются особенности их роста и развития, которые определяются не только генотипом, но и динамикой экологических факторов [Булыгин, 1979; Встовская, 1983; Плотникова, 1983; Трулевич, 1991; Шкутко, 1991].

Между тем выяснилось, что вопросы сезонного роста хвойных интродуцентов изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. В Карелии такие детальные исследования до сих пор не проводились.

Поэтому цель данной работы – выяснение особенностей сезонного роста некоторых интродуцированных видов *Abies* Mill. под влиянием основных климатических факторов и оценка перспективности их использования в озеленении.

Материалы и методы исследований

Изучение роста интродуцированных видов рода *Abies* проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета в 2008–2010 гг. Каждый изучаемый вид представлен групповой посадкой из 10–25 деревьев. Условия водного, минерального и светового режимов у всех изучаемых видов одинаковые. Размещение и густота посадок в каждой группе идентичны. Посадки граничат с сосняком черничным. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1

Таблица 1

Характеристика объектов исследований

Вид рода <i>Abies</i>	Место происхождения саженцев (ботсад–город)	Возраст, лет	Средняя высота, м	Наличие семеношения
<i>A. sibirica</i> Ledeb.	С.–Петербург	53	16.0	есть
<i>A. balsamea</i> Mill.	Копенгаген	43	16.7	есть
<i>A. concolor</i> Lindl. et Gord.	С.–Петербург	36	11.3	есть
<i>A. holophylla</i> Maxim.	Москва	31	9.0	есть

Наблюдения за ростом побегов и хвои проводили по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [1967]. С помощью линейки измеряли длину осевых стеблей (далее побегов) с юго-западной части кроны на высоте около 2 м с момента набухания почек до заложения зимующих почек через каждые 2–3 сут. У каждого вида выбирали по 10 учетных деревьев, у которых промаркировали по 25 побегов. Таким образом, объем выборки по каждому сроку наблюдения составлял 250 побегов. Рост промаркированной хвои с помощью линейки изучали в верхней части тех же побегов, с тем же временным интервалом. Объем выборки тот же, что и для побегов. Величину суточного прироста побегов и хвои определяли как разницу в их длине (среднеарифметической) между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на

число суток этого периода.

Оценку перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений проводили по методике П.И. Лапина и С.В. Сидневой [1973]. При этом учитывались такие показатели, как степень ежегодного вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразовательная способность, регулярность прироста осевых побегов, способность к генеративному развитию, возможность размножения в культуре, общая оценка перспективности.

Климатические данные (суммарная солнечная радиация; атмосферные осадки; среднесуточная, минимальная и максимальная относительная влажность воздуха; среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха) регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеороло-

гическая обсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада.

По результатам наблюдений за ростом и развитием растений, а также за климатическими факторами сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей корреляционного и регрессионного методов [Зайцев, 1981].

Статистическая обработка материалов наблюдений за интродуцентами показала, что при определении среднеарифметической величины прироста побегов показатель точности опыта составляет 3–6%, а коэффициент вариации – 15–22%; хвои – соответственно 4–5% и 12–18%; фенодат – 5–6% и 20–26%.

Результаты и их обсуждение

Линейный рост побегов. Проведенные исследования показали, что сроки начала роста побегов изучаемых видов пихты могут варьировать по годам в пределах двух недель. Подобную изменчивость наблюдал и Н.В. Шкутко [1991]. Наиболее стабильны сроки начала данной фенофазы у *A. holophylla*. В годы с дружной весной рост побегов у всех изучаемых видов начинается одновременно в середине мая. В годы с затяжной весной проявляются различия по видам: последними (в конце мая) трогаются в рост побеги *A. sibirica*. У *A. holophylla* эта фенофаза начинается на неделю раньше (табл. 2).

Таблица 2

Температурный режим воздуха в период роста побегов у различных видов рода *Abies*

Вид рода <i>Abies</i>	Год наблюдения	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С
Начало роста				
<i>A. holophylla</i>	2008	12 V	8.3	240
	2009	15 V	9.9	266
	2010	21 V	9.3	207
<i>A. concolor</i>	2008	12 V	8.3	240
	2009	15 V	9.9	266
	2010	24 V	9.0	234
<i>A. sibirica</i>	2008	12 V	8.3	240
	2009	15 V	9.9	266
	2010	29 V	10.9	284
<i>A. balsamea</i>	2008	12 V	8.3	240
	2009	15 V	9.9	266
	2010	24 V	9.0	234
Кульминация прироста				
<i>A. holophylla</i>	2008	6–8 VI	17.8	570
	2009	4–6 VI	17.2	423
	2010	7–9 VI	11.6	388
<i>A. concolor</i>	2008	6–8 VI	17.8	570
	2009	22–24 VI	14.2	584

Окончание табл. 2

Вид рода <i>Abies</i>	Год наблюдения	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положит. температур, °С
<i>A. concolor</i>	2010	7–9 VI	11.6	388
<i>A. sibirica</i>	2008	10–12 VI	16.4	630
	2009	29–30 VI	16.3	704
	2010	1–2 VII	18.4	744
<i>A. balsamea</i>	2008	18–20 VI	17.0	738
	2009	29–30 VI	16.3	704
	2010	26–27 VI	18.3	653

Окончание роста

<i>A. holophylla</i>	2008	10 VII	16.0	1160
	2009	13 VII	16.8	935
	2010	19 VII	15.7	1063
<i>A. concolor</i>	2008	8 VII	16.2	1130
	2009	10 VII	18.1	885
	2010	15 VII	17.6	975
<i>A. sibirica</i>	2008	12 VII	15.4	1189
	2009	12 VII	16.0	918
	2010	13 VII	16.3	944
<i>A. balsamea</i>	2008	12 VII	15.4	1189
	2009	15 VII	17.6	963
	2010	20 VII	15.9	1059

Установлено, что время кульминации прироста побегов также довольно существенно меняется по годам. Быстрее всех эта фаза наступает у *A. holophylla* (в среднем 6 VI), а позже всех – у *A. balsamea* (23 VI). У остальных видов максимальный прирост приходится на 12–14 VI. Величина максимального прироста у изучаемых видов различается незначительно. Его наибольшая величина (в среднем 4.0 мм/сут.) обнаружена у *A. holophylla* и *A. concolor*. У других видов пихты этот показатель меньше на 10–20%. Следует подчеркнуть, что погодичная изменчивость величины максимального прироста побегов достигает 20–70%

Оказалось, что сроки прекращения роста побегов довольно заметно варьируют по годам лишь у трех изучаемых видов, различаясь при этом на 7–9 сут. У *A. sibirica* эти различия не превышают 2 сут. Первыми (8–15 VII) заканчивают рост побеги у *A. concolor* и *A. sibirica*. Через неделю (10–20 VII) прекращение этой фенофазы отмечается у *A. holophylla* и *A. balsamea* (табл. 2). Окончание роста побегов у видов рода *Abies* в условиях Карелии во второй половине июля отмечено ранее А. С. Лантратовой [1981]. Значительная погодная вариация в продолжительности роста побегов *A. sibirica* в Западной Сибири установлена

П.М. Ермоленко [1995].

Естественно, что погодичные изменения в сроках начала и окончания роста побегов вызывают и соответствующие изменения в продолжительности их формирования. В зависимости от вида растения она варьирует от 45 до 68 сут. (табл. 3). Наиболее стабилен этот показатель у *A. holophylla* и *A. concolor* – 52–59 сут. Продолжительность роста побегов у *A. sibirica* и *A. balsamea* в отдельные годы может различаться на 30–50 %.

Обнаруженная изменчивость в продолжительности и интенсивности роста побегов приводит к соответствующим различиям в величине их годового прироста. Из данных табл. 3 следует, что

наиболее длинные побеги (в среднем 94 мм) формируются у *A. concolor*. У *A. sibirica* этот показатель в среднем составляет всего 72 мм. Анализ результатов исследований свидетельствует о том, что величина годового прироста побегов обуславливается прежде всего различиями в интенсивности их роста. Так, длина побегов у *A. concolor*, больше, чем у *A. sibirica* в среднем на 20 мм. При этом скорость роста у первого вида на 20 % больше, чем у второго, а продолжительность их роста примерно одинакова. Длина побегов у *A. sibirica* и *A. balsamea* из года в год изменяется не более чем на 20%, а у других видов – не более чем на 5%.

Таблица 3

Основные характеристики линейного прироста побегов у различных видов рода *Abies*

Вид рода <i>Abies</i>	Год наблюдений	Максимальный суточный прирост, мм	Годичный прирост, мм	Продолжительность роста, сутки
<i>A. holophylla</i>	2008	3.5	92	59
	2009	3.6	90	59
	2010	5.0	88	59
<i>A. concolor</i>	2008	3.0	95	57
	2009	3.7	96	56
	2010	5.6	91	52
<i>A. sibirica</i>	2008	4.4	75	61
	2009	3.1	61	68
	2010	2.7	79	45
<i>A. balsamea</i>	2008	3.1	85	61
	2009	3.5	77	61
	2010	3.9	99	47

По данным 3-летних наблюдений, начало роста побегов у изучаемых видов начинается при очень близких значениях среднесуточной температуры воздуха (+8.3...+10.9°C). Небольшие погодичные различия в температуре воздуха в момент трогания побегов в рост указывают на значительную зависимость данной фенофазы от этого фактора (табл. 2). Об этом же свидетельствует и довольно слабая погодичная изменчивость теплообеспеченности среды в момент начала роста побегов. Так, сумма положительных температур в этот период составляет от 207 до 266°C. Аналогичные данные для 8 видов рода *Abies* получены ранее Н.В. Гроздовой и В.Д. Кабановой [1979].

Исследования позволили обнаружить, что кульминация прироста побегов у исследуемых видов *Abies* наступает при температуре воздуха не менее +12° С. При этом выявлена следующая закономерность. Дружная весна без резких температурных изменений приводит к быстрой кульминации прироста даже при довольно прохладной погоде. Наоборот затяжная весна с резкими температурными колебаниями отодвигает кульминацию прироста на более позднее время с повышенной температурой воздуха (до +18.4°C). Именно с этим и связаны значительные погодичные различия в

сумме положительных температур (388–738°C) в данный этап развития. В.В. Протопопов [1965] также нашел, что *A. sibirica* находит оптимальные условия для роста побегов при температуре не менее +12° С.

Выяснилось, что рост побегов у видов рода *Abies* прекращается при весьма благоприятном тепловом режиме среды. Температура воздуха в это время составляет от +14.3 до +18.1°C, а сумма положительных температур – от 918 до 1189° С. Эти данные свидетельствуют о том, что сроки прекращения деятельности апикальной меросистемы у представителей этого рода не связаны с температурным режимом, а скорее всего, обусловлены генотипом вида.

Линейный рост хвои. Проведенные исследования позволили установить, что сроки начала роста хвои изучаемых видов рода *Abies* могут варьировать по годам в пределах 10 сут. (табл. 4). При сравнении отдельных видов пихты выяснилось, что рост хвои начинается почти одновременно (различия составляют всего 2–4 сут.). При этом погодичная изменчивость не превышает 10 сут. (24 V–5 VI).

По данным 3-летних наблюдений, рост хвои у изучаемых видов растений начинается при средне-

суточной температуре воздуха +9.7...+14.7°C, (табл. 4). Относительно большой (2–5°C) разброс значений температуры в начальный период роста хвои свидетельствует об отсутствии строго определенной зависимости этой фенофазы от текущей температуры воздуха. Обнаружено, что сумма положительных температур для начала роста хвои, так же как температура воздуха, не является особенно стабильной. Ее погодичная вариация в этот момент достигает 30–50%. Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что теплообеспеченность среды к началу этой фенофазы у всех видов пихты примерно одинакова и составляет не менее 300°C. К аналогичному выводу ранее пришли Н.В. Гроздова и В.Д. Кабанова [1979].

Таблица 4

Температурный режим воздуха в период роста хвои у различных видов рода *Abies*

Вид рода <i>Abies</i>	Годы наблюдений	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °C	Сумма положит. температур, °C
Начало роста				
<i>A. holophylla</i>	2008	24 V	12.6	365
	2009	3 VI	14.7	405
	2010	29 V	10.9	284
<i>A. concolor</i>	2008	24 V	12.6	365
	2009	3 VI	14.7	405
	2010	29 V	10.9	284
<i>A. sibirica</i>	2008	26 V	12.8	390
	2009	5 VI	13.6	436
	2010	3 VI	9.7	342
<i>A. balsamea</i>	2008	28 V	13.0	422
	2009	5 VI	13.6	436
	2010	31 V	11.4	306
Кульминация прироста				
<i>A. holophylla</i>	2008	20–22 VI	17.0	783
	2009	4–6 VI	17.2	423
	2010	17–18 VI	13.3	515
<i>A. concolor</i>	2008	20–22 VI	17.0	783
	2009	4–6 VI	17.2	423
	2010	17–18 VI	13.3	515
<i>A. sibirica</i>	2008	27–29 VI	17.6	892
	2009	22–24 VI	14.2	584
	2010	24–25 VI	15.5	620
<i>A. balsamea</i>	2008	27–29 VI	17.6	892
	2009	22–24 VI	14.2	584
	2010	19–20 VI	13.8	542
Окончание роста				
<i>A. holophylla</i>	2008	7 VII	16.5	1103
	2009	8 VII	21.0	1400
	2010	10 VII	16.8	898
<i>A. concolor</i>	2008	7 VII	16.5	1103
	2009	8 VII	21.0	1400
	2010	10 VII	16.8	898

Окончание табл. 4

Вид рода <i>Abies</i>	Годы наблюдений	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °C	Сумма положит. температур, °C
<i>A. sibirica</i>	2008	3 VII	17.0	1022
	2009	4 VII	15.7	1338
	2010	6 VII	19.1	868
<i>A. balsamea</i>	2008	5 VII	16.9	1070
	2009	6 VII	16.1	1368
	2010	8 VII	17.0	868

Обнаружено, что в период кульминации прироста хвои температура воздуха может варьировать в пределах +13.3...+17.6°C, а сумма положительных температур изменяется в 1.5 раза. Несмотря на подобную изменчивость температурного режима, последний в этот период остается постоянно благоприятным для роста хвои всех изучаемых видов пихты (табл. 5).

Во время прекращения роста хвои среднесуточная температура воздуха и сумма положительных температур варьируют в довольно широких пределах и составляют соответственно +15.7...+21.0°C и 834–1400°C. Эти данные свидетельствуют о том, что прекращение роста хвои у представителей рода *Abies* не связано с температурным режимом, а скорее всего, обусловлено генотипом вида. Результаты исследований Л.А. Фроловой [1979] также показали, что для большинства видов хвойных тепла вполне достаточно для завершения годичного цикла развития вегетативных почек.

В районе исследования аборигенные виды рода *Abies* не произрастают. Поэтому сравнивали динамику роста побегов интродуцентов с соответствующими показателями таких аборигенных видов, как *Picea abies*¹ и *Pinus sylvestris*. Оказалось, что в наибольшей мере ритмика роста побегов изучаемых видов рода *Abies* близка к таковой у *Picea abies*. При этом прослеживается прямая положительная корреляция. Наиболее тесная связь ($r = +0.52 \dots +0.64$) обнаружена между динамикой прироста *P. abies*, с одной стороны, и аналогичным показателем *A. holophylla* и *A. concolor*, с другой. Корреляция между приростами побегов двух последних видов усиливается до +0.8. Динамика прироста побегов *P. abies* и других интродуцентов связаны довольно слабо ($r = -0.2 \dots -0.4$).

Корреляционный анализ результатов исследований позволил установить, что направление и степень влияния факторов среды на рост побегов в

¹ По мнению Л.В. Орловой [Конспект флоры Восточной Европы. СПб.; М., 2012. С. 65], на территории Карелии произрастает *Picea fennica* (Regel) Kom. (прим. отв. ред.).

значительной мере связаны с биологическими особенностями вида. Так, отрицательная зависимость ($r = -0.2 \dots -0.4$) между динамикой прироста побегов у *A. holophylla* и *A. sibirica* и среднесуточной температурой воздуха, по всей вероятности, свидетельствует о том, что температурный оптимум для данных видов находится несколько ниже летних значений температуры района интродукции. Противоположный вывод можно сделать относительно *A. nephrolepis* и *A. balsamea* на основании того, что величина коэффициента корреляции между дина-

микой прироста их побегов и максимальной температурой воздуха всегда положительна и достигает $+0.3 \dots +0.8$. Наиболее существенное влияние температуры воздуха на рост побегов прослеживается лишь до наступления кульминации их прироста. Об этом свидетельствуют и результаты корреляционного анализа ($r = +0.5 \dots +0.9$). Ранее к подобному выводу в отношении интродуцированных видов рода *Abies* пришли А.С. Лантратова [1973] и Н.В. Шкутко [1991].

Таблица 5

Основные характеристики линейного прироста хвои у различных видов рода *Abies*

Вид рода <i>Abies</i>	Год наблюдений	Максимальный суточный прирост, мм	Годичный прирост, мм	Продолжительность роста, сутки
<i>A. holophylla</i>	2008	2.5	26	44
	2009	1.7	23	35
	2010	2.2	26	42
<i>A. concolor</i>	2008	2.7	29	44
	2009	2.0	26	35
	2010	2.6	28	35
<i>A. sibirica</i>	2008	1.5	21	38
	2009	0.9	15	29
	2010	1.3	19	33
<i>A. balsamea</i>	2008	1.8	26	38
	2009	2.2	20	31
	2010	1.7	24	38

При изучении корреляционных связей между динамикой прироста побегов и относительной влажностью воздуха выяснилось, что для всех изучаемых видов они отрицательны по направлению и незначительны по силе ($r = -0.1 \dots -0.5$). Следовательно, режим увлажнения среды для роста побегов рода *Abies* в районе интродукции несколько превышает значения оптимума. Возможно, механизм этого явления связан с уменьшением поступления в побеги органических веществ из-за падения скорости фотосинтеза, вызванного снижением интенсивности солнечной радиации. Последнее в условиях Карелии сопровождается повышением влажности воздуха на фоне усиления облачности и выпадения атмосферных осадков. С этим хорошо согласуются данные корреляционного анализа, показывающие, что для роста побегов интродуцированных видов рода *Abies* количество атмосферных осадков явно превышает норму ($r = -0.2 \dots -0.3$). Можно отметить, что рост побегов испытывает гораздо большее влияние не текущих осадков, а тех, которые выпадают в течение нескольких суток, предшествующих реализации ростовых процессов.

Проведение корреляционного анализа обнаружило максимальную сопряженность динамики роста хвои у *A. holophylla* и *A. concolor* ($r = +0.78 \dots +0.84$). Корреляция роста хвои каждого из этих двух видов с *A. sibirica* и *A. balsamea* гораздо слабее ($r = +0.37 \dots +0.44$). Наименьшая сопряжен-

ность динамики роста хвои отмечена между *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = +0.29 \dots +0.32$). Наиболее тесная связь ($r = +0.48 \dots +0.57$) обнаружена между динамикой прироста хвои *Picea abies*, с одной стороны, и аналогичным показателем *A. holophylla* и *A. concolor*.

Анализ результатов исследований свидетельствует о различиях в ростовых реакциях на динамику температуры воздуха в зависимости от вида растения. Обнаружено, что данный фактор оказывает очень слабое отрицательное влияние на рост хвои *A. holophylla* и *A. concolor* ($r = -0.12 \dots -0.32$). Совершенно противоположным образом и гораздо более сильно влияет максимальная температура воздуха на этот процесс у *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = +0.31 \dots +0.73$). Эти данные являются косвенным свидетельством того, что температурный режим района интродукции для первых двух видов несколько превышает норму, а для двух других он находится ниже ее. Влияние температуры воздуха на рост хвои видов рода *Abies* в условиях интродукции обнаружено и другими исследователями [Шкутко, 1974].

При изучении корреляционных связей между динамикой прироста хвои и относительной влажностью воздуха оказалось, что для всех изучаемых видов рода *Abies* они либо недостоверны, либо очень слабы по силе и отрицательны по направлению ($r = -0.12 \dots -0.31$). Зависимость роста хвои от

атмосферных осадков так же, как и от влажности воздуха, носит отрицательный характер, но при этом она значительно сильнее, особенно для *A. sibirica* и *A. balsamea* ($r = -0.33 \dots -0.55$).

В условиях высоких широт наиболее важным показателем успешности интродукции является зимостойкость, которая у всех изученных видов достигает максимальных 25 баллов (табл. 6). К аналогичному выводу для этих же видов в других

регионах страны пришли многие исследователи [Паутова, 2011; Мерзленко, Захарова, 2013; Попова и др., 2016; Гуков и др., 2017; Фирсов, Хмарик, 2017]. Интегральная оценка перспективности интродуцентов подтвердила выводы исследования роста и развития изученных видов *Abies* (табл. 6). Наиболее перспективными для условий Карелии являются *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Таблица 6

Оценка перспективности интродукции видов *Abies*, баллы

Вид рода <i>Abies</i>	Степень ежегодного вызревания побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Регулярность прироста осевых побегов	Способность к генеративному развитию	Возможность размножения в культуре	Общая оценка перспективности
<i>A. holophylla</i>	17	25	10	5	4	5	0	66
<i>A. sibirica</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. balsamea</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. concolor</i>	20	25	10	5	5	3	0	68

Выводы

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Рост побегов видов рода *Abies* в годы с дружной весной начинается одновременно. В годы с затяжной весной различия между видами в сроках начала этой фазы могут достигать 1 недели. Различия в сроках прекращения роста побегов при этом также не превышают 1 недели. Ранее всего кульминация прироста происходит у *A. holophylla*, а позже всего – у *A. balsamea*. Наибольшая величина максимального прироста характерна для *A. holophylla*, у других видов она на 10–20% меньше. Сроки начала, кульминации и окончания роста побегов под влиянием экологических факторов варьируют по годам в пределах 1–2 недель.

2. Наиболее длинные побеги формируются у *A. holophylla* и *A. concolor*. Различия в величине данного показателя обуславливаются, прежде всего, различиями в интенсивности, а не в продолжительности их роста побегов. Динамика прироста побегов у видов рода *Abies* весьма заметно различается. Начало и кульминация прироста у них в наибольшей мере зависит от температурного режима воздуха. Влажность воздуха и количество атмосферных осадков постоянно превышают оптимальную величину для этого процесса.

3. Начало роста хвои изучаемых видов рода *Abies* отмечается в конце мая-начале июня. Различия при этом не превышают 2–4 сут. Раньше других кульминация прироста хвои отмечается у *A. holophylla* и *A. concolor*. Его величина у данных видов в 1.5–2 раза больше, чем у других. Сроки начала, кульминации и окончания роста хвои под

влиянием экологических факторов из года в год могут варьировать в пределах 2–18 сут.

4. Самая короткая хвоя формируется у *A. sibirica*, у других видов она на 25–30% длиннее. Наибольшее сходство в динамике роста хвои отмечается у *A. holophylla* и *A. concolor*. Начало роста хвои зависит от температурного режима воздуха, а динамика роста, кроме того, – от влажности воздуха и атмосферных осадков. Характер и степень влияния экологических факторов на рост хвои весьма незначительно меняется по годам, но заметно различается у изучаемых видов рода *Abies*.

5. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов (с низкой степенью загрязнения поллютантами) следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Список литературы

- Базилевская Н.А. Теория и методы интродукции растений. М.: Наука, 1964. 130 с.
- Ботенков В.Н., Попова В.Е. Интродукция высокопродуктивных пород в Сибири // Лесное хозяйство. 1997. № 5. С. 44.
- Буданцев Л.Ю. Биологическое разнообразие растительного мира, разные аспекты – одна задача // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы 2-й Междунар. науч. конф. СПб., 1999. С. 12–14.
- Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: Наука, 1979. 97 с.
- Ворошилов В.Н. Ритм развития у растений. М.: Наука, 1960. 312 с.
- Встовская Т.Н. Интродукция древесных растений Дальнего Востока и Западной Сибири. Новосибирск, 1983. 196 с.
- Гончарова О.А., Салтыкова С.А., Полоскова Е.Ю. Сезонное развитие интродуцированных видов

- Abies* Mill. в Полярно-Альпийском саду-институте. Деп. в ВИНТИ РАН № 175-V2013 20.06.2013. 8 с.
- Гроздова Н.Е., Кабанова В.Д. Влияние температурного фактора на сезонную ритмику интродуцированных хвойных в Подмоскowie // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: материалы Всесоюз. конф. М., 1979. С. 36–37.
- Гуков Г.В., Гриднев А.Н., Гриднева Н.В. Пихта цельнолистная в Приморском крае (современное состояние, проблемы искусственного лесоразведения) // Успехи современного естествознания. 2017. № 10. С. 29–34.
- Гурский А.В. Основные итоги интродукции древесных растений в СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 303 с.
- Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М., 1981. 119 с.
- Елагин И.Н. Связь между фенологическим состоянием и степенью сформированности годичного слоя у древесных пород Сибири // Возобновление и формирование лесов Сибири. Красноярск, 1969. С. 136–142.
- Елагин И.Н. Методика проведения и обработки фенологических наблюдений за деревьями и кустарниками в лесу // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов. Красноярск, 1975. С. 3–20.
- Елагин И.Н. Роль термического фактора в весенне-летнем развитии растений // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: материалы Всесоюз. конф. М., 1979. С. 6–7.
- Елагин И.Н. Характерные особенности развития древесных пород Нечерноземья // Сезонная ритмика феноиндикаторов природы Нечерноземья. М., 1980. 309 с.
- Елагина В.А. Сезонный рост сибирских хвойных пород: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 1969. 27 с.
- Ермоленко П.М. Сезонный рост пихты сибирской в Западной Сибири // Ботанические исследования в Сибири. 1995. № 3. С. 3–9.
- Исаев А.С., Носова Л.М., Пузаченко Ю.Г. Биологическое разнообразие лесов России – предложения к программе действий // Лесоведение. 1997. № 2. С. 3–13.
- Калуцкий К.К., Болотов Н.А. Биоэкологические особенности лесной интродукции // Лесная интродукция. Воронеж, 1983. С. 4–14.
- Комарова Т.А. Рост и развитие *Abies nephrolepis* (Pinaceae) в Южном Сихоте-Алине // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47, № 4. С. 19–33.
- Лантратова А.С. Адаптивная изменчивость листьев в зависимости от характера роста годичных побегов // Ритмы роста и развития интродуцентов. М., 1973. С. 73–75.
- Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции // Бюллетень Главного ботанического сада. АН СССР. 1987. Вып. 65. С. 12–18.
- Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–68.
- Мамаев С.А., Махиев А.К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. 1996. № 5. С. 3–10.
- Мерзленко М.Д., Захарова А.А. Результаты интродукции пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) в лесные культуры Смоленско-Московской возвышенности // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31, № 5–6. С. 45–48.
- Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
- Морякина В.А. Интродукционные фонды растений и их сохранение // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации: тез. докл. Междунар. конф. М., 1998. С. 139–140.
- Мухина Л.Н., Александрова М.С., Каутанова О.А. Комплексная оценка состояния растений рода *Abies* Mill. в Главном ботаническом саду РАН // Бюллетень Главного ботанического сада. 2013. № 2. С. 43–51.
- Паутова Н.В. Интродукция представителей семейства Pinaceae Lindl. в условиях Европейского Северо-Востока // Вестник ИрГСХА. 2011. Т. 6, № 44. С. 102–110.
- Плотникова Л.С. Ареалы интродуцированных древесных растений флоры СССР. М., 1983. 256 с.
- Попова В.Т., Дорофеева В.Д., Попова А.А. Оценка перспективности некоторых видов хвойных растений для интродукции в условиях Центрального Черноземья // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 4. С. 89–97.
- Протопопов В.В. Биоклимат темнохвойных горных лесов южной Сибири. М.: Наука, 1965. 96 с.
- Сикура И.И. Значение интродукции растений в деле сохранения биологического разнообразия видов различных природных флор // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации: тез. докл. Междунар. науч. конф. М., 1998. С. 186–188.
- Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растений природной флоры СССР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1983. 44 с.

- Фирсов Г.А., Хмарик А.Г. Род Пихта (*Abies* Mill., *Pinaceae*) в ботаническом саду Петра Великого // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11: Естественные науки. 2017. Т. 7, № 1. С. 7–18.
- Фролова Л.А. Термический фактор и фазы сезонного развития представителей рода Ель различных географических зон // Термический фактор в развитии растений разных географических зонах: материалы Всесоюз. конф. М., 1979. С. 32–34.
- Шкутко Н.В. Зимний покой хвойных интродуцентов // Ритм роста и развития интродуцентов: тез. докл. Всесоюз. совещ. М., 1973. С. 184–187.
- Шкутко Н.В. Хвойные Белоруссии. М.: Наука, 1991. 263 с.
- Шкутко Н.В., Александрова М.С., Фролова Л.А. К методике фенологических наблюдений над хвойными растениями в ботанических садах // Бюллетень Главного ботанического сада АН СССР. 1974. Вып. 91. С. 8–14.
- Kozłowski T.T. Growth characteristics of forest trees // J. Forestry. 1963. Vol. 61, № 9. P. 655–662.
- Micola P. On variation in tree growth and there significance to growth studies // Comm. Inst. For. Fenn. 1950. № 38. P. 126–131.
- Odin H. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants // Studia Forestalia Suecica. Skogshögskolan Roval College of Forestry. Stockholm, 1972. № 2. 32 p.
- ### References
- Bazilevskaya N.A. *Teorija i metody introdukcii rastenij* [Theory and methods of plant introduction]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 130 p. (In Russ.).
- Botenkov V.N., Popova V.E. [Introduction of highly productive rocks in Siberia]. *Lesnoe hozjajstvo*. N 5 (1997): p. 44. (In Russ.).
- Budantsev L.Yu. [Biological diversity of flora, different aspects – one task]. *Biologicheskoe raznoobrazie. Introdukcija rastenij. Mater. 2-j Meždunar. nauch. konf.* [Biological diversity. Plant introduction. Mater 2nd International scientific conf.]. St. Petersburg, 1999, pp. 12-14. (In Russ.).
- Bulygin N.Ye. *Fenologičeskie nabljudenija nad drevesnymi rastenijami* [Phenological observations of woody plants]. Leningrad, Nauka Publ., 1979. 97 p. (In Russ.).
- Voroshilov V.N. *Ritm razvitija u rastenij* [The rhythm of development in plants]. Leningrad, Nauka Publ., 1960. 312 p. (In Russ.).
- Vstovskaya T.N. *Introdukcija drevesnyh rastenij Dal'nego Vostoka i Zapadnoj Sibiri* [Introduction of woody plants of the Far East and Western Siberia]. Novosibirsk, 1983. 196 p. (In Russ.).
- Goncharova O.A., Saltykova S.A., Poloskova E.Yu. [Seasonal development of introduced *Abies* Mill. in the Polar Alpine Garden-Institute]. *Deponirovannaja rukopis' v VINITI RAN № 175-V2013* 20.06.2013 [Deposited manuscript № 175-B2013 20.06.2013]. (In Russ.).
- Grozдова N.E., Kabanova V.D. [The influence of the temperature factor on the seasonal rhythm of the introduced conifers in the Moscow Region]. *Termičeskij faktor v razvitii rastenij različnyh geografičeskich zon. Material. Vses. konf.* [Thermal Factor in the Development of Plants of Different Geographical Zones. Material. All conf]. Moscow, 1979, pp. 36–37. (In Russ.).
- Gukov G.V., Gridnev A.N., Gridneva N.V. [Solid fir in Primorsky Krai (current state, problems of artificial spreading)]. *Uspechi sovremennogo estestvoznanija*. N 10 (2017): pp. 29–34. (In Russ.).
- Gursky A.V. *Osnovnye itogi introdukcii drevesnyh rastenij v SSSR* [Main results of the introduction of woody plants in the USSR]. Moscow-Leningrad, AN SSSR Publ., 1957. 140 p. (In Russ.).
- Zaitsev G.N. *Fenologija drevesnyh rastenij* [Phenology of woody plants]. Moscow, 1981. 119 p. (In Russ.).
- Elagin I.N. [The relationship between the phenological state and the degree of formation of the annual layer of Siberian tree species]. *Vozobnovlenie i formirovanie lesov Sibiri* [Renewal and formation of the forests of Siberia]. Krasnoyarsk, 1969, pp. 136-142. (In Russ.).
- Elagin I.N. [Methodology for conducting and processing phenological observations of trees and shrubs in the forest]. *Fenologičeskie metody izučenija lesnyh biogeocенозов* [Phenological methods for studying forest biogeocenoses]. Krasnoyarsk, 1975, pp. 3-20. (In Russ.).
- Elagin I.N. [The role of the thermal factor in the spring-summer development of plants]. *Termičeskij faktor v razvitii rastenij različnyh geografičeskich zon. Mater. Vses. konf.* [Thermal factor in the development of plants of different geographic zones. Mater All conf.]. Moscow, 1979, pp. 67. (In Russ.).
- Elagin I.N. [Characteristic features of the development of tree species of the Non-Black Earth Region]. *Sezonnaja ritmika fenoindikatoroj prirody Nečernozem'ja* [Seasonal rhythm of the phen indicators of the nature of the Non-Black Earth Region]. Moscow, 1980, 309 p. (In Russ.).
- Elagina V.A. *Sezonnyj rost sibirskich chvojnyh porod. Avtoref. diss. kand. sel'choz. nauk* [Seasonal growth of Siberian conifers. Abstract Cand. Diss.]. Omsk, 1969. 27 p. (In Russ.).
- Ermolenko P.M. [Seasonal Growth of Siberian Fir in Western Siberia]. *Botaničeskie issledovanija v Sibiri*. N 3 (1995): pp. 3-9. (In Russ.).

- Isaev A.S., Nosova L.M., Puzachenko Yu.G. [Biological Diversity of Russia's Forests – Proposals for an Action Program]. *Lesovedenie*. N 2 (1997): pp. 3-13. (In Russ.).
- Kalutsky K.K., Bolotov N.A. [Bioecological features of forest introduction]. *Lesnaja introdukcija* [Forest introduction]. Voronezh, 1983, pp. 4-14. (In Russ.).
- Komarova T.A. [Growth and development of *Abies nephrolepis* (Pinaceae) in South Sikhote-Alin]. *Rastitel'nye resursy*. V. 47, N 4 (2011): pp. 19-33. (In Russ.).
- Lantratova A.S. [Adaptive variability of larch depending on the nature of the growth of annual shoots]. *Ritmy rosta i razvitiya introducentov* [Rhythms of growth and development of introduced species]. Moscow, 1973, pp. 73-75. (In Russ.).
- Lapin P.I. [The seasonal rhythm of the development of woody plants and its importance for introduction]. *Bjulleten' Glavnogo botaničeskogo sada*. Iss. . 65 (1987): pp. 12-18. (In Russ.).
- Lapin P.I., Sidneva S.V. [Evaluation of the prospects for the introduction of woody plants from visual observation data]. *Opyt introdukcii drevesnykh rastenij* [Experience of introducing woody plants]. Moscow, 1973, pp. 7-68. (In Russ.).
- Mamaev S.A., Makhiev A.K. [Problems of Biological Diversity and its Maintenance in Forest Ecosystems]. *Lesovedenie*. N 5 (1996): pp. 3-10. (In Russ.).
- Merzlenko M.D., Zakharova A.A. [Results of the introduction of Siberian fir (*Abies sibirica* L.) into forest cultures of the Smolensk-Moscow Upland]. *Hvojnye boreal'noj zony*. V. 31, N 5-6 (2013): pp. 45-48. (In Russ.).
- Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izučeniya prirosta drevesnykh rastenij* [Methods for studying the growth of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 95 p. (In Russ.).
- Moryakina V.A. [Plant introduction funds and their conservation]. *Problemy introdukcii rastenij i otdalenoj gibridizacii* [Problems of plant introduction and distant hybridization. Tez. report International conf.]. Moscow, 1998, pp. 139-140. (In Russ.).
- Mukhina L.N., Alexandrova M.S., Kashtanova O.A. [Comprehensive assessment of the status of plants of the genus *Abies* Mill. in the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences]. *Bjulleten' Glavnogo botaničeskogo sada*. N 2 (2013): pp. 43-51. (In Russ.).
- Pautova N.V. [The introduction of representatives of the family Pinaceae Lindl. In the conditions of the European Northeast]. *Vestnik IrGSHA*. V. 6, N 44 (2011): pp. 102-110. (In Russ.).
- Plotnikova L.S. *Arealy introducirovannykh drevesnykh rastenij flory SSSR* [Areal of introduced woody plants of the USSR flora]. Moscow, 1983. 256 p. (In Russ.).
- Popova V.T., Dorofeeva V.D., Popova A.A. [Assessment of the prospects of some species of conifers for introduction in the conditions of the Central Black Soil Region]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo naučno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozjajstva*. N 4 (2016): pp. 89-97. (In Russ.).
- Protopopov V.V. *Bioklimat temnochojnykh gornych lesov južnoj Sibiri* [Bioclimate of dark coniferous mountain forests of southern Siberia]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 96 p. (In Russ.).
- Sikura I.I. [The value of plant introduction in the conservation of biological diversity of species of various natural floras]. *Problemy introdukcii rastenij i otdalenoj gibridizacii* [Problems of plant introduction and distant hybridization. Tez. report International scientific Conf.]. Moscow, 1998, pp. 186–188. (In Russ.).
- Trulevich N.V. *Èkologo-fitocenotičeskie osnovy introdukcii rastenij prirodnoj flory SSSR*. Avtoref. diss. d-ra biol. nauk [Ecological and Phytocenotic Bases for the Introduction of Plants in the Natural Flora of the USSR. Abstract Dis. d-ra biol. sciences]. Moscow, 1983. 44 p. (In Russ.).
- Firsov G.A., Khmarik A.G. [Rod Fir (*Abies* Mill., Pinaceae) in the Peter the Great Botanical Garden]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11: Estestvennye nauki*. V. 7, N 1 (2017): pp. 7-18. (In Russ.).
- Frolova L.A. [Thermal factor and phases of seasonal development of representatives of the genus *Yel* from different geographic zones]. *Termičeskij faktor v razvitiu rastenij raznykh geograficheskikh zonah* [Thermal factor in the development of plants from different geographic zones. Mater All conf.]. Moscow, 1979, pp. 32-34. (In Russ.).
- Shkutko N.V. [Winter dormancy of coniferous introducents]. *Ritm rosta i razvitiya introducentov* [Rhythm of growth and development of introducents. Tez. report All meeting]. Moscow, 1973, pp. 184-187. (In Russ.).
- Shkutko N.V. *Chvojnye Belorussii* [Coniferous Belarus]. Moscow, Nauka Publ, 1991. 263 p. (In Russ.).
- Shkutko N.V., Alexandrova M.S., Frolova, L.A. [On a Method for Phenological Observations on Conifers in Botanical Gardens]. *Bjulleten' Glavnogo botaničeskogo sada*. Iss. 91 (1974): pp. 8-14. (In Russ.).
- Kozłowski T.T. Growth characteristics of forest trees. *J. Forestry*. V. 61, N 9 (1963): pp. 655-662.
- Micola P. On variation in tree growth and there significance to growth studies. *Comm. Inst. For. Fenn*. N 38 (1950): pp. 126-131.
- Odin H. Studies of the increment rhythm of Scots pine and Norway spruce plants. *Studia Forestalia*

Suonica. Skogshögskolan Royal College of Forestry. Stockholm, N 2 (1972): pp. 32 p.

Поступила в редакцию 06.11.2020

Об авторе

Кищенко Иван Тарасович, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений, академик РАН ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет»
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>
185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33;
ivanki@karelia.ru; +79535275529

About the author

Kishchenko Ivan Tarasovich, doctor of biology, professor, of the Department of Botany and Plant Physiology, academician RAE
Petrozavodsk State University.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>
185910, Petrozavodsk, pr. Lenin, 33;
ivanki@karelia.ru; +79535275529

Информация для цитирования:

Кищенко И.Т. Сезонный рост видов *Abies* Mill., интродуцированных в бореальной зоне (Карелия) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 1. С. 1–11. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-1-1-11.

Kishchenko I.T. [Seasonal growth of *Abies* Mill. species introduced in the Boreal Zone (Karelia)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 1 (2021): pp. 1-11. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-1-1-11.

