HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

17 / 2022

HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

17 / 2022

ISSN 1994-3849
Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор
А. А. Прохоров

Редакционный совет
П. Вайс Джексон
Лей Ши
Йонг-Шик Ким
Т. С. Мамедов
В. Н. Решетников

Редакционная коллегия
Г. С. Антипина
Е. М. Арнаутова
А. В. Бобров
Ю. К. Виноградова
Е. В. Голосова
Е. Ф. Марковская
Ю. В. Наумцев
Е. В. Спиридович
К. Г. Ткаченко
А. И. Шмаков

Редакция
Е. А. Платонова
С. М. Кузьменкова
А. Г. Марахтанов

Адрес редакции
185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20, каб. 408.
E-mail:hortbot@gmail.com
http://hb.karelia.ru
© 2001 - 2022 А. А. Прохоров

На обложке:
Драконовы деревья в ботаническом саду 'Viera-i-Klaviho', о-в Гран Канария (фото А. Прохорова,15.12.2011)

Разработка и техническая поддержка
Отдел объединенной редакции научных журналов ПетрГУ, РЦ НИТ ПетрГУ, Ботанический сад ПетрГУ

Петрозаводск
2022

Семенная продуктивность культиваров туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в условиях южной Карелии

ПЛАТОНОВА Елена Анатольевна — *Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия meles@sampo.ru*

АНТИПИНА Галина Станиславовна — *Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия antipina.galina2013@yandex.ru*

НИКИТЧЕНКО Диана Эдуардовна — *Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия nikitchenkodi@yandex.ru*

Ключевые слова: наука, ex situ, Ботанический сад Петрозаводского государственного университета, культивары, семенная продуктивность, всхожесть семян, Thuja occidentalis, Cupressaceae

Аннотация: Туя западная (*Thuja occidentalis* L.) – североамериканское хвойное растение, широко используемое в озеленении. В Ботаническом саду Петрозаводского госуниверситета собрана коллекция 45 культиваров туи западной, за развитием растений ведутся систематические наблюдения. Исследовали семенную продуктивность 14 культиваров возрастом 14-20 лет с использованием оригинальной методики, позволяющей рассчитать количество шишек и семян на 1 м² кроны дерева и в целом на одном дереве. В 2019 году количество шишек на 1 м² кроны у разных культиваров изменялось в широких пределах – от 1116 (Aurea Group) до 3672 ('Spiralis') со средними значениями 2158. Соответственно, значительно варьировала и семенная продуктивность – в пределах 5578-18359 семян в расчете на 1 м² кроны. Семенная продуктивность в пересчете на одно растение изменялась от 31300 до 338713 шт. семян и зависела от размерных показателей деревьев. Всхожесть семян составила 50–60 %, что сравнимо с аналогичными показателями в пределах культигенного ареала. В условиях Карелии у культиваров туи западной проявляется периодичность семеношения, связанная с истощением растений в предшествующие годы обильного урожая семян. Семена туи западной местной репродукции используются для получения посадочного материала семенного происхождения и селекции, для обмена семенами с ботаническими и лесохозяйственными организациями.

Получена: 11 февраля 2022 года **Подписана к печати:** 07 ноября 2022 года

Введение

Туя западная (*Thuja occidentalis* L., семейство Cupressaceae) – североамериканское

хвойное растение, успешно интродуцированное в разных регионах Европы, России (Булыгин, Ярмишко, 2002; Воскресенская, Сарбаева, 2006; Матюхин и др., 2009; Святковская и др., 2019), в том числе Карелии (Андреев, 1970; Лантратова, 1991; Лантратова и др., 2007). На родине ее ареал располагается преимущественно в Восточном муссонном секторе, средней и южной части бореальной зоны и зоне смешанных лесов (Johnson, 1990). Широкий климатический диапазон охватывает 2-7 зоны USDA (Bannister, Neuner, 2001).

Благодаря зимостойкости, экологической пластичности, долговечности и устойчивости в городской среде, это ценное для озеленения хвойное дерево с XVI века используется в декоративном садоводстве и имеет широкий культигенный ареал. В настоящее время известно несколько сотен сортов, или культиваров туи западной, различающихся по габитусу, типу и окраске хвои (Карпун, Перфильева, 2004; Матюхин и др., 2009; Auders, Spicer, 2012).

Семеношение туи западной редко рассматривается в описаниях ее культиваров, тем не менее, является интегральным показателем степени адаптации растений в условиях интродукции (Лапин, Сиднева, 1968, 1973; Батыгина, Васильева, 2002), определяет декоративные качества определенных форм и возможность получения семенного потомства для размножения и селекции. Имеются лишь единичные работы по оценке семенной продуктивности туи в условиях Карелии, в частности, балловая оценка семеношения ряда культиваров коллекции Ботанического сада Петрозаводского госуниверситета (Еглачева и др., 2014).

Настоящая работа представляет собой продолжение исследований биологии туи западной в Ботаническом саду ПетрГУ. Количественный анализ семенной продуктивности проводится с целью выявления показателей развития генеративной сферы и анализом факторов, определяющих семенную продуктивность разных культиваров. Практическая значимость исследований связана с оценкой репродуктивного потенциала изучаемых форм туи западной в условиях южной Карелии, возможности получения семенного потомства для целей размножения и селекции.

Объекты и методы исследований

Ботанический сад Петрозаводского государственного университета основан в 1951 году, имеет площадь 367 га. Сад расположен в Петрозаводском городском округе, на берегу Петрозаводской губы Онежского озера. Он выделяется среди всех ботанических садов России своим северным положением. В работах по продвижению растений в более северные широты сад рассматривается как интродукционная ступень между Полярно-альпийским и Санкт-Петербургскими ботаническими садами.

Территория расположена на границе 3 и 4 зон USDA, согласно региональному районированию — в Южном агроклиматическом районе Карелии, наиболее благоприятном для интродукции растений (Атлас Карельской АССР, 1989). Отрицательными факторами для выращиваемых растений здесь являются поздние весенние и ранние осенние заморозки, а также возврат холодов в мае-июне. Территория Ботанического сада занимает хорошо прогреваемый участок южного склона Соломенской гряды. Преобладают супесчаные почвы, промежуточные по свойствам между подзолами и кислыми буроземами (Марковская и др., 1996). Для повышения плодородия почвы коллекционного участка в Ботаническом саду вносят комплексные минеральные удобрения и мульчируют поверхность почвы вокруг растений сосновой и еловой корой.

В составе коллекций Ботанического сада туя западная появилась в 1950-60-е гг. В этот период было завезено большое количество хвойных растений, саженцы туи западной были получены из питомников г. Сортавалы и г. Выборга и высажены в секторе североамериканской флоры арборетума.

Формирование коллекции культиваров туи западной началось в конце 1990-х гг. и продолжается по настоящее время. Сейчас в экспозиции «Декоративный арборетум» представлены 45 культиваров туи западной (рис. 1). Возраст большей части растений превышает 15 лет.

Рис. 1. Коллекция культиваров туи западной в Ботаническом саду ПетрГУ.

Fig. 1. Collection of northern white cedar cultivars in the Botanic Garden of PetrSU.

В данной работе исследовано 14 культиваров (19 растений) туи западной из коллекции Ботанического сада ПетрГУ. Посадочный материал в виде укорененных черенков был получен из Субтропического ботанического сада Кубани (г. Сочи) и Ботанического сада Тверского государственного университета в период 1995-2005 гг., часть молодых саженцев приобретены в питомниках Санкт-Петербурга, один культивар 'Zakany Soveny' был получен позже и уже представлял собой крупное многолетнее растение. Выбранные для работы культивары туи западной по общему габитусу можно отнести к трем группам: с конусовидной формой кроны – 12 деревьев, колонновидной – 4, округлой и шаровидной – 3. Все исследованные растения находятся в генеративном онтогенетическом состоянии. Первое семеношение отмечалось в 2005-2007 годах, у других – в более поздние годы (Еглачева и др., 2014). Характеристики растений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика исследованных культиваров туи западной

Table 1. Characteristics of the studied cultivars of northern white cedar

Номер	Название	Форма кроны	Высота, м	Год получения саженцев	Откуда получен
2033	'Alba-spicata'	Широкая конусовидная	2,3	1995	Тверь

2170	'Alba-spicata'	Широкая конусовидная	2,5	2001	Тверь
2195	'Aurea Group'	Конусовидная	3,1	2002	Санкт-Петербург
2168	'Aurea Group'	Конусовидная	3,0	2001	Тверь
2109	'Aurea Group'	Конусовидная	2,7	1999	Сочи
2181	'Aurea Group'	Конусовидная	2,6	2002	Санкт-Петербург
2184	'Holmstrup'	Конусовидная	2,8	2002	Санкт-Петербург
2105	'Pyramidalis Lutea'	Узкая конусовидная	1,6	2005	Санкт-Петербург
2190	'Pyramidalis'	Узкая конусовидная	3,5	2002	Санкт-Петербург
2112	'Rosenthalii'	Узкая конусовидная	4,6	1999	Сочи
2114	'Spiralis'	Конусовидная	4,0	1999	Сочи
2107	'Wareana'	Широкая округло-конусовидная	3,2	1999	Сочи
2224	'Columna'	Конусовидная	4,3	2005	Санкт-Петербург
2223	'Brabant'	Колонновидная	4,3	2005	Санкт-Петербург
2167	'Fastigiata'	Колонновидная	5,2	2001	Тверь
2110	'Malonyana'	Колонновидная	7,0	1999	Сочи
1728	'Zakany Soveny'	Колонновидная	1,6	2017	Санкт-Петербург
2191	'Globosa'	Шаровидная	1,1	1999	Сочи
2106	'Globosa'	Шаровидная	1,5	1999	Сочи

Семенная продуктивность – количество семян, образовавшееся за год на одной учетной единице (особи, генеративном побеге, популяции) (Корчагин, 1960; Вайнагий, 1974; Колясникова, 2017). Выделяют две категории семенной продуктивности: потенциальную и фактическую (реальную). Потенциальная семенная продуктивность – максимально возможное количество семян, которое способен производить побег, растение, популяция при условии, что все семязачатки смогут сформировать зрелые семена. Фактическая (реальная) семенная продуктивность – это число семян, образовавшихся на побеге, особи, в популяции (Вайнагий, 1974; Беляева и др., 2014; Колясникова, 2017). Неполное заложение семязачатков и развитие из них семян связано со многими причинами – дефектами в формировании женских и мужских гамет, неполным опылением, недоразвитием опыленных семязачатков и т. д. (Работнов, 1960; Батыгина, Васильева, 2002; Ткаченко и др., 2016; Орлова и др., 2020). В данной работе учитывали семена, образовавшиеся на растении, то есть определяли фактическую (реальную) семенную продуктивность.

Изучение семенной продуктивности древесных имеет свои особенности по сравнению с травянистыми растениями. У деревьев и кустарников очень сложно, а чаще невозможно, собрать полностью все плоды (у покрытосеменных растений) или шишки (у голосеменных растений) для последующего извлечения семян и подсчета их количества. В связи с этим при изучении семенной продуктивности древесных, в том числе хвойных растений,

используют расчетные методы (Вайнагий, 1974). Наиболее распространен метод учета семенной продуктивности в расчете на 1 погонный метр побега с оценкой количества семян на модельных ветвях сплошным пересчетом или в баллах (Корчагин, 1960; Мауринь, 1967; Воскресенская, Сарбаева, 2006).

В нашей работе использован оригинальный метод определения семенной продуктивности в расчете на единицу площади кроны дерева (1 м^2). Выбор этого метода обусловлен наличием плотной кроны у исследуемых культиваров и расположением генеративных органов только на концах побегов. Стандартизация показателей позволяет получить сравнительные данные для анализа семенной продуктивности разных культиваров. Возможен расчет семенной продуктивности одного дерева.

Для работы в кроне каждого исследованного дерева выделяли учетные площадки 20х20 см (400 см^2), ограниченные рамкой, на которых подсчитывали количество женских шишек. Площадки размещали на двух уровнях высоты кроны дерева (1/3 и 2/3) по две площадки соответственно каждой стороне света (север, юг, запад, восток), то есть для каждого дерева исследовали 8 учетных площадок. Всего учет выполнен на 152 учетных площадках.

Для расчета количества семян на единицу площади кроны составили смешанную пробу из 152 шишек (1 шишка с каждой учетной площадки). Из шишек извлекли и подсчитали семена и определили среднее количество семян в одной шишке, которое оказалось равно 5. Затем произвели подсчет количества семян на 1 м^2 кроны.

В работе оценивали также общее количество семян, которое образуется на отдельном дереве. Использовали расчетный метод: семенную продуктивность 1 м^2 кроны дерева умножали на площадь поверхности кроны данного дерева. При определении площади поверхности форму кроны соотносили с геометрической фигурой, площадь поверхности которой вычисляли по стандартным математическим формулам: площадь боковой поверхности конуса, площадь поверхности цилиндра без основания, площадь поверхности шара за вычетом нижней части (условно площадь нижней части рассчитывали в форме круга).

Всхожесть семян – один из важных показателей не только качества семенного материала, но и признак успешной интродукции вида. В работе оценивали полевую всхожесть семян исследуемых культиваров. Семена стратифицировали с марта по май 2020 года во влажном субстрате при температуре 2-5 °С, в начале мая высевали в контейнеры. Почву, подготовленную для посева, смешивали с древесными опилками и крупнозернистым песком. Растения выращивали в открытом грунте в контейнерах с притенением.

Расчет количества шишек и семян туи, сбор семян выполнили в октябре 2019 года, оценку всхожести семян – весной 2020 года.

Результаты и обсуждение

Согласно литературным данным, семеношение туи западной начинается с 6-12-летнего возраста (Carey, 1993; Мисник, 1956; Воскресенская, Сарбаева, 2006). Максимальный урожай семян отмечается в возрасте 30 лет (Carey, 1993), что соответствует средневозрастному генеративному состоянию (Воскресенская, Сарбаева, 2006). Ряд авторов отмечает у туи чередование лет с обильным и ограниченным семеношением в природе (Johnson, 1990) и культуре (Осипов, 1988). Обильное семеношение (61-100 % по отношению к максимальному) в США и Канаде наблюдается с периодичностью 1-5 лет (Godman, Mattson, 1976). Высокие урожаи семян у данного вида всегда чередуются с малоурожайными годами, в течение которых растения накапливают питательные вещества для образования генеративных органов на следующий год (Каплуненко, 1963; Осипов, 1988).

Генеративные почки у туи западной формируются в конце вегетационного периода за год до семеношения. Пыление туи в Карелии происходит в середине июня, рост женских шишек продолжается до середины июля, созревание семян – до середины сентября (Кищенко, Кравцова, 2016). Раскрытие шишек и выпадение семян растягивается на длительный срок, обычно большинство семян опадает до конца ноября. На деревьях сохраняются все шишки независимо от того, были они опылены или нет (Осипов, 1988). Недоразвитые шишки остаются на деревьях до следующего года. Некоторые раскрытые шишки держатся на ветках в течение 1-3 лет. Нередко эту особенность растения рассматривают как показатель, снижающий декоративность растений.

Общее число и особенности распределения шишек по поверхности кроны, распределение по побегам разных ярусов зависят от размещения деревьев на местности, общего состояния дерева, его возраста, освещения кроны и наличия перекрестного опыления, т. е. от количества рядом растущих деревьев данного вида. На территории Ботанического сада ПетрГУ посадки культиваров размещаются в однородных условиях по рельефу, освещенности и типу почв. Возраст исследуемых деревьев достаточно выравнен.

В целом, несмотря на имеющиеся фактические различия семенной продуктивности, уровень семеношения у всех культиваров туи нами оценивается положительно. Это свидетельствует о том, что наследственные качества изучаемых интродуцентов в достаточной степени соответствуют климатическим условиям Карелии, а значит, их интродукция и более широкое использование в озеленении являются перспективными.

Семенная продуктивность

В ходе многолетних наблюдений за развитием коллекционных растений отмечена периодичность в характере семенной продуктивности в разные годы. В 2019 году наблюдалось наиболее интенсивное развитие шишек на исследуемых деревьях туи западной за весь период их выращивания в Ботаническом саду ПетрГУ.

Число шишек на 1 м^2 кроны у разных культиваров изменяется в широких пределах (табл. 2) – от 1115 ('Aurea') до 3673 ('Spiralis') со средними значениями 2158. Соответственно, значительно варьирует и семенная продуктивность – в пределах 5575-18363 шт. семян / 1 м^2.

Таблица 2. Число шишек и семян на 1 кв. метр кроны у культиваров туи западной в 2019 году*

Table 2. The number of cones and seeds per 1 sq. crown meter for northern white cedar cultivars in 2019*

Номер	Название культивара	Число шишек, шт. / 400 см^2	Число шишек, шт. / 1 м^2	Число семян, шт. / 1 м^2
2033	'Alba-spicata'	65,5 ± 4,0	1637,5	8187,5
2170	'Alba-spicata'	105,4 ±7,9	2635	13175
2195	'Aurea Group'	101,6 ± 14,0	2540	12700
2168	'Aurea Group'	56,8 ± 5,9	1420	7100
2109	'Aurea Group'	44,6 ± 5,0	1115	5575
2181	'Aurea Group'	97,8 ± 11,0	2445	12225
2184	'Holmstrup'	78,5 ± 6,7	1962,5	9812,5
2105	'Pyramidalis Lutea'	77,4 ± 5,0	1935	9675
2190	'Pyramidalis'	64,3 ± 8,3	1607,5	8037,5

2112	'Rosenthalii'	88,1 ± 11,7	2202,5	11012,5
2114	'Spiralis'	146,9 ± 15,2	3672,5	18362,5
2107	'Wareana'	101,5 ± 5,8	2537,5	12687,5
2224	'Columna'	108,5 ± 16,5	2712,5	13562,5
2223	'Brabant'	94,3 ± 11,9	2357,5	11787,5
2182	'Fastigiata'	55,1 ± 3,4	1377,5	6887,5
2110	'Malonyana'	79,0 ± 6,8	1975	9875
1728	'Zakany Soveny'	73,9 ± 6,8	1847,5	9237,5
2106	'Globosa'	95,0 ± 11,2	2375	11875
2191	'Globosa'	106,1 ± 7,2	2652,5	13262,5

* n=8 (выборка для каждого из культиваров).

* n=8 (sample size for every cultivar).

Обращает на себя внимание, что даже у растений, которые относятся к одной группе по общему габитусу (конусовидная, колонновидная или шаровидная форма кроны), наблюдается значительная разница в числе шишек и семян на единицу площади кроны. Наличие особей с разной семенной продуктивностью, принадлежащих одному культивару (например, 'Alba-spicata', 'Globosa'), или группе культиваров ('Aurea Group') свидетельствует о том, что этот показатель отражает индивидуальные особенности организмов в сходных условиях произрастания. Корреляционный анализ показал отсутствие связи семенной продуктивности в расчете на 1 м^2 с общими размерами растений - высотой и площадью кроны (размерные параметры указаны в табл. 1, 3).

Результаты исследования семенной продуктивности в пересчете на каждое дерево приведены в таблице 3. Полученные данные сопоставимы с семенной продуктивностью туи на родине. В природных условиях дерево среднего размера с довольно полной кроной может дать от 60000 до 260000 шт. семян (Fowells, 1965, цит. по Johnston, 1990).

Таблица 3. Семенная продуктивность в расчете на площадь кроны у культиваров туи западной в 2019 году

Table 3. Seed productivity per whole crown area of cultivars in 2019

Номер	Название культивара	Площадь поверхности кроны, м^2	Число семян на одном дереве, шт.
2033	'Alba-spicata'	7,88	64518
2170	'Alba-spicata'	10,97	144530
2195	'Aurea Group'	5,27	66929
2168	'Aurea Group'	7,54	53534
2109	'Aurea Group'	6,36	35457
2181	'Aurea Group'	9,50	116138
2184	'Holmstrup'	3,55	34834
2190	'Pyramidalis'	7,85	75949
2105	'Pyramidalis Lutea'	1,67	13423
2112	'Rosenthalii'	12,11	133361

2114	'Spiralis'	12,95	237794
2107	'Wareana'	6,41	81327
2223	'Brabant'	16,57	224731
2224	'Columna'	17,20	202745
2182	'Fastigiata'	20,17	138921
2110	'Malonyana'	34,30	338713
1728	'Zakany Soveny'	3,90	36026
2106	'Globosa'	3,39	40256
2191	'Globosa'	2,36	31300

Семенная продуктивность коллекционных деревьев в условиях Карелии варьировала в широких пределах – от 31300 до 338713 шт. семян, т. е. этот показатель у разных культиваров отличался более чем в 10 раз. В силу крупных размеров дерева максимальную семенную продуктивность в 2019 году имели культивары 'Malonyana', 'Spiralis', 'Brabant', 'Columna', 'Rosenthalii', 'Fastigiata' – высокие колонновидные и узкоконусовидные формы – и наиболее крупный экземпляр 'Alba-spicata' с широкой конусовидной формой кроны. Коэффициенты корреляции, отражающие связь семенной продуктивности дерева с его высотой и площадью кроны высокие – соответственно 0,79 и 0,92. Таким образом, в пределах возрастной категории 14-20 лет семенная продуктивность культиваров туи западной определяется размерными показателями растений.

Периодичность семеношения

Погодные условия – важный фактор, влияющий на развитие генеративной сферы. У хвойных растений существует связь семеношения с конкретными погодными условиями в период заложения генеративных почек, в зимний период, во время распускания почек и опыления, формирования семян (Молчанов, 1961; Козубов, 1974; Кищенко, Кравцова, 2016). Критически важными для формирования семян являются погодные условия в период заложения генеративных почек (июль - август предыдущего года), пыления мужских колосков (середина июня текущего года), роста женских шишек и созревания семян (конец июня – начало сентября текущего года). Нельзя не учитывать и условия зимнего периода: при сильных морозах происходит обмерзание и гибель генеративных почек, что резко снижает количество мужских колосков и женских шишек в следующем сезоне. Для туи в природных условиях указывается периодичность семеношения через 2-3 года, что может обуславливаться как погодными условиями, так и биологическими особенностями растений.

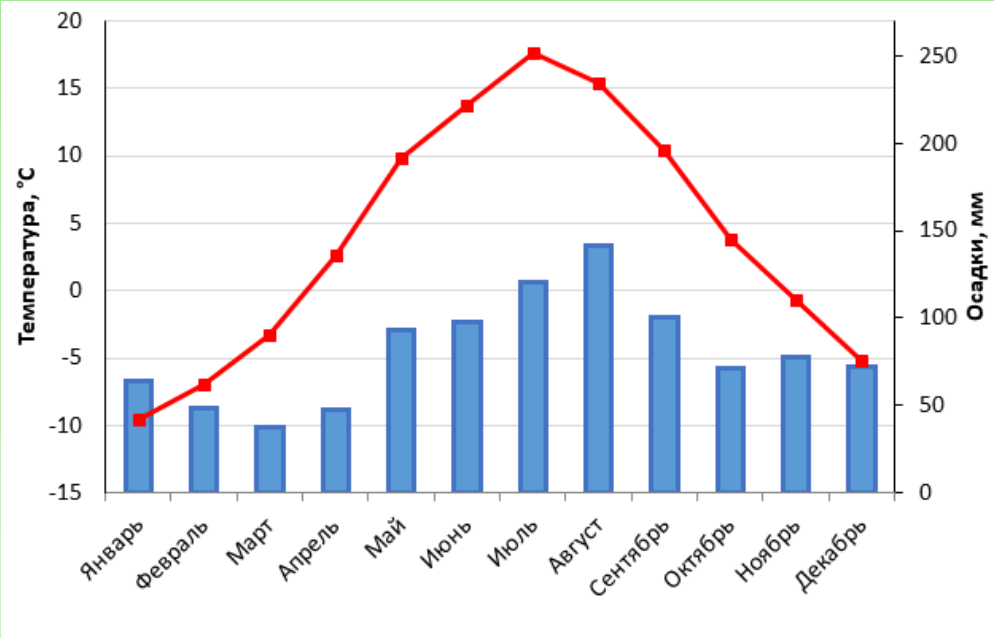

Рис. 2. Среднемесячные температура и количество осадков в период 2008-2017 гг.

Fig. 2. Average monthly temperature and precipitation in 2008-2017.

В 2019 году наблюдался пик семенной продуктивности по сравнению с предыдущими годами. По нашему мнению, это было обусловлено совпадением двух факторов: достижением растениями туи возраста наиболее высокой продуктивности (15-20 лет) и благоприятными погодными условиями в период формирования и развития генеративной сферы.

Период закладки генеративных почек в 2018 году был более теплым в сравнении с летними месяцами предшествующих лет и 2019 года (рис. 2, 3). Средняя температура выше 15 °С в июле - августе и более 10 °С – в сентябре сочеталась с относительно высоким количеством осадков в августе (210 мм). Сравнительно теплая зима 2018-19 гг. способствовала сохранению генеративных почек.

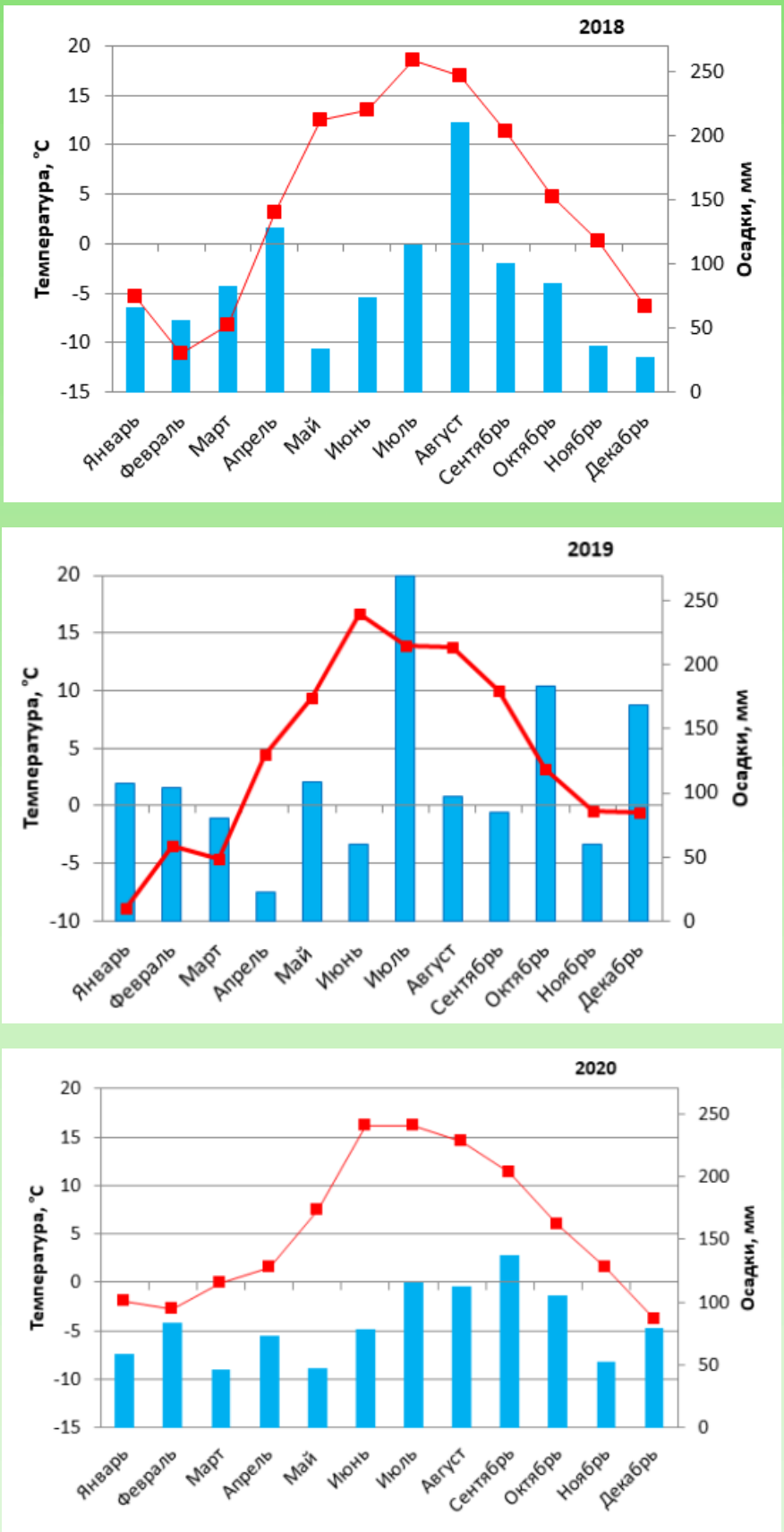

Рис. 3. Среднемесячные температура и количество осадков в 2018, 2019, 2020 гг.

Fig. 3. Average monthly temperature and precipitation in 2018, 2019, 2020.

Рис. 4. Усыхание побегов у культивара 'Холмструп', осень 2019 года.

Fig. 4. Drying of the shoots of the *Thuja occidentalis* 'Holmstrup', autumn 2019.

В период пыления туи в 2019 году (июнь) температура воздуха была выше – более 15 °С (рис. 3) в сравнении с предшествующими годами (средние значения температуры в этом месяце 2007-2017 гг. составляют 12 °С). В июле выпало большое количество осадков (270 мм), что обеспечило оптимальный для растений водный режим. В августе и сентябре количество осадков было невысоким (около 100 мм в месяц). Недостаток влаги в начале осени в сочетании с обилием семян явились причиной усыхания побегов некоторых исследуемых культиваров (рис. 4). Снижение эстетической привлекательности растений туи при интенсивном семеношении важно учитывать в практике озеленения.

Интенсивное семеношение у культиваров туи западной в 2019 году привело к истощению деревьев, в связи с этим в 2020 году семеношение у исследуемых растений отсутствовало.

Всхожесть семян

Средняя всхожесть семян урожая 2019 года у исследуемых культиваров составила 50-60 %, что является достаточно высоким показателем. По литературным данным, средняя всхожесть семян туи западной, собранных в Йошкар-Оле составляет 75 % (Воскресенская, Сарбаева, 2006), во Владивостоке - 84 % (Острошенко, Коляда, 2017), в Иркутске – 42 % (Худоногова, Дубасова, 2021), во Владимире - 60-85 % (Вахромеева, 2018), Архангельской и Вологодской областях – 92 % (Андронова, 2019), в Новосибирске всхожесть семян разных культиваров варьировала от 14 до 87 % (Киселева, Глотова, 2010).

Получение семян культиваров туи западной, обмен семенами с другими ботаническими научными учреждениями, выращивание растений семенного происхождения для озеленения и селекции – важная часть работы Ботанического сада ПетрГУ.

Выводы и заключение

1. Исследовано семенное размножение 14 культиваров, представленных 19 деревьями, из коллекции туи западной Ботанического сада ПетрГУ. В 2019 году число шишек на 1 кв. метр кроны у разных культиваров в возрасте 14-20 лет изменяется в широких пределах – от 1115 ('Aurea Group') до 3673 ('Spiralis') со средними значениями 2158 шт. Соответственно, значительно варьирует и семенная продуктивность – в пределах 5575-18363 шт. семян в расчете на 1 $м^2$ кроны.
2. Наличие особей с разной семенной продуктивностью, принадлежащих одному культивару (например, 'Alba-spicata', 'Globosa') или группе культиваров ('Aurea Group'), свидетельствует о том, что этот показатель отражает индивидуальные особенности организмов в сходных условиях местопроизрастания. Семенная продуктивность в расчете на 1 $м^2$ поверхности кроны дерева не связана с общими размерами растений.
3. В 2019 году семенная продуктивность одного растения варьировала в широких пределах – от 31300 до 338713 шт. семян. В пределах возрастной категории 14-20 лет она связана с высотой растений (R=0,79) и площадью кроны (R=0,92). Максимальную семенную продуктивность имел культивар 'Malonyana', также 'Spiralis', 'Brabant', 'Columna', 'Rosenthalii', 'Fastigiata' – высокие колонновидные и узкоконусовидные формы и наиболее крупный экземпляр 'Alba-spicata' с широкой конусовидной формой кроны.
4. Всхожесть семян культиваров составила 50–60 %, что сравнимо с аналогичными показателями этого вида в пределах культигенного ареала.
5. В условиях Карелии у культиваров туи западной проявляется периодичность семеношения, связанная с истощением растений в предшествующие годы обильного урожая семян. Уровень семеношения определяется также погодными условиями во время пыления (весна – начало лета), заложения генеративных почек (осень), а также в зимний период.

Литература

Андреев К. А. Итоги интродукции древесных растений в Карелии: Автореф. дисс. … канд. биол. наук. Петрозаводск, 1970. 24 с.

Андронова М. М. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины: Автореф. дисс. … д-ра. с-х. наук. Архангельск, 2019. 40 с.

Атлас Карельской АССР. М., 1989. 40 с.

Батыгина Т. Б., Васильева В. Е. Размножение растений. СПб., 2002. 230 с.

Беляева Т. Н., Харина Т. Г., Пулькина С. В., Бутенкова А. Н. Практикум по репродуктивной биологии семенных растений. Томск, 2014. 68 с.

Булыгин Н. Е., Ярмишко В. Т. Дендрология. М., 2002. 528 с.

Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т. 59. № 6. С. 826—831.

Вахромеева А. А. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и энергию прорастания туи западной (Thuja occidentalis L.) // Проблемы экологического образования в XXI веке. Труды II Международной научной конференции (очно-заочной). Владимир, 2018. С. 291—294.

Воскресенская О. Л., Сарбаева Е. В. Эколого-физиологические адаптации туи западной (Thuja occidentalis L.) в городских условиях. Йошкар-Ола, 2006. 130 с.

Еглачева А. В., Лопинова Е. В., Принцева И. В. Хвойные растения в декоративном арборетуме ботанического сада Петрозаводского государственного университета // Hortus botanicus. 2014. № 9. С. 77—91. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3421.

Каплуненко Н. Ф. Биологические особенности видов рода туя и биота в связи с культурой их в Полесье и лесостепи Украины: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Киев, 1963. 18 с.

Карпун Ю. Н., Перфильева Г. Ф. Классификация садовых форм туи западной // Hortus botanicus. 2004. № 2. С. 33—41. URL: https://hb.karelia.ru/files/redaktor_pdf/1366053909.pdf.

Киселева Т. И., Глотова И. А. Качество семян Thuja occidentalis L. и ее форм при интродукции // Труды Томского государственного университета. 2010. Т. 274. Сер. Биологическая: Ботанические сады. Проблемы интродукции. Томск, 2010. С. 196—198.

Кищенко И. Т., Кравцова А. Д. Сезонный рост побегов и перспективность интродукции Thuja occidentalis L. в условиях южной Карелии // Вестник САФУ. Сер. Естественные науки. 2016. № 1. С. 51—60.

Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере. М., 1974. 133 с.

Колясникова Н. Л. Биология размножения растений. Пермь, 2017. 105 с.

Корчагин А. А. Методы учета семеношения древесных пород в лесных сообществах // Полевая геоботаника. М.–Л., 1960. Т. 2. С. 41—132.

Лантратова А. С. Деревья и кустарники Карелии. Петрозаводск, 1991. 232 с.

Лантратова А. С., Еглачева А. В., Марковская Е. Ф. Древесные растения, интродуцированные в Карелии (история, современное состояние). Петрозаводск, 2007. 196 с.

Лапин П. И., Сиднева С. В. Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии // Бюллетень Главного ботанического сада. 1968. Вып. 69. С. 14—21.

Лапин П. И., Сиднева С. В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М.: Наука, 1973. С. 7—67.

Марковская Е. Ф., Груздева Е. А., Демидов И. Н., Заугольнова Л. Б., Красильников П. В., Куликова В. В., Куликов В. С., Лантратова А. С., Лукашов А. Д., Прохоров А. А. Экосистемные исследования на территории Ботанического сада ПетрГУ // Бюллетень Главного ботанического сада, 1996. Вып. 173. С. 61—71.

Матюхин Д. Л., Манина О. С., Сысоева Е. С. Виды и формы хвойных, культивируемые в России. Часть 2. Picea A. Dietr., Thuja L. М., 2009. 288 с.

Мауринь А. М. Семеношение древесных экзотов в Латвийской ССР. Рига, 1967. 208 с.

Мисник Г. Е. Календарь цветения и плодоношения деревьев и кустарников. М., 1956. 173 с.

Молчанов А. А. Лес и климат. М., 1961. 280 с.

Орлова Л. В., Фирсов Г. А., Трофимук Л. П., Карамышева А. В. Пихта грациозная (Abies gracilis Kom., Pinaceae) в Санкт-Петербурге и Ленинградской области: история интродукции, биологические особенности и способы ее размножения // Hortus botanicus. 2020. Т. 15. С. 140—164. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=7045.

Осипов В. Е. Туя. М., 1988. 72 с.

Острошенко В. Ю., Коляда Н. А. Интродукция туи западной (Thuja occidentalis L.) на юге Дальнего Востока России // Вестник ДВО РАН. 2017. № 5. С. 97—101.

Работнов Т. А. Методы изучения семенной продуктивности травянистых растений в сообществах // Полевая геоботаника. М.–Л., 1960. Т. 2. С. 20—38.

Святковская Е. А., Салтан Н. В., Тростенюк Н. Н., Гонтарь О. Б. Хвойные дендроинтродуценты в ландшафтном оформлении урбанизированных территорий Кольского Заполярья // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Вологда, 2019. С. 110—113.

Ткаченко К. Г., Фирсов Г. А., Грязнов А. Ю., Староверов Н. Е. Abies semenovii B. Fedtsch. в Ботаническом саду Петра Великого // Hortus botanicus. 2016. Т. 11. С. 111—118. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2783.

Худоногова Е. Г., Дубасова Е. И. Определение качества семян хвойных интродуцентов в условиях г. Иркутска // Вестник ИрГСХА. 2021. № 3 (104). С. 16—25.

Auders A. G., Spicer D. P. Royal Horticultural Society Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species. Vol. 2. Royal Horticultural Society, Kingsblue Publishing Limited, 2012. 1507 p.

Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers // Conifer cold hardiness. F. J. Bigras and S. J. Colombo (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. P. 3—22.

Carey J. H. Thuja occidentalis // Fire Effects Information System (Online). U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). 1993. URL: https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/thuocc/all.html.

Godman R. M., Mattson G. A. Seed crops and regeneration problems of 19 species in northeastern Wisconsin // Res. Pap. NC-123. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1976. 5 p.

Johnston W. F. Thuja occidentalis L. - Northern white-cedar // Silvics of North America, Vol. 1: Conifers. Burns, R. M., and B. H. Honkala (tech. coordinators). USDA Agricultural Handbook 654, 1990. P. 1189—1209.

Seed productivity of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) cultivars in South Karelia

PLATONOVA Elena	Petrozavodsk State University, Lenina av., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia meles@sampo.ru
ANTIPINA Galina Stanislavovna	Petrozavodsk State University, Lelina av., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia antipina.galina2013@yandex.ru
NIKITCHENKO Diana Eduardovna	Petrozavodsk State University, Lenina av., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia nikitchenkodi@yandex.ru

Key words: science, ex situ, Northern white cedar, Botanic Garden of Petrozavodsk State University, cultivars, seed productivity, seed germination, Thuja occidentalis, Cupressaceae

Summary: Northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) is a North American coniferous plant widely used in landscaping. In the Botanic Garden of Petrozavodsk State University, a collection of 45 cultivars of northern white cedar has been collected, and systematic observations on the plant growth are being made. The seed productivity of 14 cultivars aged 14-20 years was studied using an original technique that allows calculating the number of cones and seeds per 1 m² of a tree crown and in general on one tree. In 2019, the number of cones per 1 m² of crown for different cultivars varied widely - from 1116 (Aurea Group) to 3672 ('Spiralis') with an average of 2158. Accordingly, seed productivity also varied within 5578-18359 seeds per 1 m² crown. Seed productivity of one plant varied from 31,300 to 338,713 pcs. seeds and was determined by the size of the plants. Seed germination was 50–60 %, which is comparable with similar indicators in different parts of cultural area. Seeds from northern white cedar cultivars in the Botanic Garden of PetrSU are used to obtain planting material of seed origin and selection, for the exchange of seeds with botanical and forestry organizations.

Is received: 11 february 2022 year **Is passed for the press:** 07 november 2022 year

References

Andreev K. A. Itogi introduktsii drevesnykh rastenij v Karelii: Avtoref. diss. … kand. biol. nauk. Petrozavodsk, 1970. 24 s.

Andronova M. M. Stupentchataya introduktsiya drevesnykh rastenij na severe Russkoj ravniny: Avtoref. diss. … d-ra. s-kh. nauk. Arkhangelsk, 2019. 40 s.

Atlas Karelskoj ASSR. M., 1989. 40 s.

Batygina T. B., Vasileva V. E. Razmnozhenie rastenij. SPb., 2002. 230 s.

Belyaeva T. N., Kharina T. G., Pulkina S. V., Butenkova A. N. Praktikum po reproduktivnoj biologii semennykh rastenij. Tomsk, 2014. 68 s.

Bulygin N. E., Yarmishko V. T. Dendrologiya. M., 2002. 528 s.

Vajnagij I. V. O metodike izutcheniya semennoj produktivnosti rastenij // Botanitcheskij zhurnal. 1974. T. 59. № 6. S. 826—831.

Vakhromeeva A. A. Vliyanie stimulyatorov rosta na vskhozhest semyan i energiyu prorastaniya tui zapadnoj (Thuja ossidentalis L.) // Problemy ekologitcheskogo obrazovaniya v XXI veke. Trudy II Mezhdunarodnoj nautchnoj konferentsii (otchno-zaotchnoj). Vladimir, 2018. S. 291—294.

Voskresenskaya O. L., Sarbaeva E. V. Ekologo-fiziologitcheskie adaptatsii tui zapadnoj (Thuja occidentalis L.) v gorodskikh usloviyakh. Joshkar-Ola, 2006. 130 s.

Eglatcheva A. V., Lopinova E. V., Printseva I. V. Khvojnye rasteniya v dekorativnom arboretume botanitcheskogo sada Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta // Hortus botanicus. 2014. № 9. S. 77—91. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3421.

Kaplunenko N. F. Biologitcheskie osobennosti vidov roda tuya i biota v svyazi s kulturoj ikh v Polese i lesostepi Ukrainy: Avtoref. dis. … kand. biol. nauk. Kiev, 1963. 18 s.

Karpun Yu. N., Perfileva G. F. Klassifikatsiya sadovykh form tui zapadnoj // Hortus botanicus. 2004. № 2. S. 33—41. URL: https://hb.karelia.ru/files/redaktor_pdf/1366053909.pdf.

Kiseleva T. I., Glotova I. A. Katchestvo semyan Thuja occidentalis L. i ee form pri introduktsii // Trudy Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010. T. 274. Ser. Biologitcheskaya: Botanitcheskie sady. Problemy introduktsii. Tomsk, 2010. S. 196—198.

Kitshenko I. T., Kravtsova A. D. Sezonnyj rost pobegov i perspektivnost introduktsii Thuja ossidentalis L. v usloviyakh yuzhnoj Karelii // Vestnik SAFU. Ser. Estestvennye nauki. 2016. № 1. S. 51—60.

Kozubov G. M. Biologiya plodonosheniya khvojnykh na Severe. M., 1974. 133 s.

Kolyasnikova N. L. Biologiya razmnozheniya rastenij. Perm, 2017. 105 s.

Kortchagin A. A. Metody utcheta semenosheniya drevesnykh porod v lesnykh soobtshestvakh // Polevaya geobotanika. M.–L., 1960. T. 2. S. 41—132.

Lantratova A. S. Derevya i kustarniki Karelii. Petrozavodsk, 1991. 232 s.

Lantratova A. S., Eglatcheva A. V., Markovskaya E. F. Drevesnye rasteniya, introdutsirovannye v Karelii (istoriya, sovremennoe sostoyanie). Petrozavodsk, 2007. 196 s.

Lapin P. I., Sidneva S. V. Opredelenie perspektivnosti rastenij dlya introduktsii po dannym fenologii // Byulleten Glavnogo botanitcheskogo sada. 1968. Vyp. 69. S. 14—21.

Lapin P. I., Sidneva S. V. Otsenka perspektivnosti introduktsii drevesnykh rastenij po dannym vizualnykh nablyudenij // Opyt introduktsii drevesnykh rastenij. M.: Nauka, 1973. S. 7—67.

Markovskaya E. F., Gruzdeva E. A., Demidov I. N., Zaugolnova L. B., Krasilnikov P. V., Kulikova V. V., Kulikov V. S., Lantratova A. S., Lukashov A. D., Prokhorov A. A. Ekosistemnye issledovaniya na territorii Botanitcheskogo sada PetrGU // Byulleten Glavnogo botanitcheskogo sada, 1996. Vyp. 173. S. 61—71.

Matyukhin D. L., Manina O. S., Sysoeva E. S. Vidy i formy khvojnykh, kultiviruemye v Rossii. Tchast 2. Picea A. Dietr., Thuja L. M., 2009. 288 s.

Maurin A. M. Semenoshenie drevesnykh ekzotov v Latvijskoj SSR. Riga, 1967. 208 s.

Misnik G. E. Kalendar tsveteniya i plodonosheniya derevev i kustarnikov. M., 1956. 173 s.

Moltchanov A. A. Les i klimat. M., 1961. 280 s.

Orlova L. V., Firsov G. A., Trofimuk L. P., Karamysheva A. V. Pikhta gratsioznaya (Abies gracilis

Kom., Pinaceae) v Sankt-Peterburge i Leningradskoj oblasti: istoriya introduktsii, biologitcheskie osobennosti i sposoby ee razmnozheniya // Hortus botanicus. 2020. T. 15. S. 140—164. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=7045.

Osipov V. E. Tuya. M., 1988. 72 s.

Ostroshenko V. Yu., Kolyada N. A. Introduktsiya tui zapadnoj (Thuja occidentalis L.) na yuge Dalnego Vostoka Rossii // Vestnik DVO RAN. 2017. № 5. S. 97—101.

Rabotnov T. A. Metody izutcheniya semennoj produktivnosti travyanistykh rastenij v soobtshestvakh // Polevaya geobotanika. M.–L., 1960. T. 2. S. 20—38.

Svyatkovskaya E. A., Saltan N. V., Trostenyuk N. N., Gontar O. B. Khvojnye dendrointrodutsenty v landshaftnom oformlenii urbanizirovannykh territorij Kolskogo Zapolyarya // Aktualnye problemy razvitiya lesnogo kompleksa. Materialy XVII Mezhdunarodnoj nautchno-tekhnitcheskoj konferentsii. Vologda, 2019. S. 110—113.

Tkatchenko K. G., Firsov G. A., Gryaznov A. Yu., Staroverov N. E. Abies semenovii B. Fedtsch. v Botanitcheskom sadu Petra Velikogo // Hortus botanicus. 2016. T. 11. S. 111—118. URL: http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2783.

Khudonogova E. G., Dubasova E. I. Opredelenie katchestva semyan khvojnykh introdutsentov v usloviyakh g. Irkutska // Vestnik IrGSKhA. 2021. № 3 (104). S. 16—25.

Auders A. G., Spicer D. P. Royal Horticultural Society Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species. Vol. 2. Royal Horticultural Society, Kingsblue Publishing Limited, 2012. 1507 p.

Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers // Conifer cold hardiness. F. J. Bigras and S. J. Colombo (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. P. 3—22.

Carey J. H. Thuja occidentalis // Fire Effects Information System (Online). U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). 1993. URL: https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/thuocc/all.html.

Godman R. M., Mattson G. A. Seed crops and regeneration problems of 19 species in northeastern Wisconsin // Res. Pap. NC-123. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1976. 5 p.

Johnston W. F. Thuja occidentalis L. - Northern white-cedar // Silvics of North America, Vol. 1: Conifers. Burns, R. M., and B. H. Honkala (tech. coordinators). USDA Agricultural Handbook 654, 1990. P. 1189—1209.

Цитирование: Платонова Е. А., Антипина Г. С., Никитченко Д. Э. Семенная продуктивность культиваров туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в условиях южной Карелии // Hortus bot. 2022. Т. 17, 2022, стр. 154 - 172, URL: http://hb.karelia.ru/journal/atricle.php?id=8225.
DOI: 10.15393/j4.art.2022.8225
Cited as: Platonova E., Antipina G. S., Nikitchenko D. E. (2022). Seed productivity of northern white cedar (*Thuja occidentalis* L.) cultivars in South Karelia // Hortus bot. 17, 154 - 172. URL: http://hb.karelia.ru/journal/atricle.php?id=8225