

УДК 630.182

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-19-24

СЕЗОННЫЙ РОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ КАРЕЛИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

И.Т. Кищенко

Петрозаводский государственный университет, 185640, Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

ivanki@karelia.ru

Изучался сезонный рост побегов, хвои и стволов *Pinus sylvestris* L. в молодом (22 года), средневозрастном (55 лет) и приспевающем (86 лет) древостоях сосняка брусничного. Выявлено, что время начала роста побегов, хвои и стволов не зависит от возраста дерева. Исследования проводились в 2014–2015 гг. в южной Карелии (средняя подзона тайги). Окончание роста побегов и хвои у деревьев разного возраста наблюдается в одно время, а формирование древесины стволов в сравнительно молодых древостоях протекает на 18–25 сут дольше. Обнаружено, что интенсивность роста стволов с возрастом дерева уменьшается, хвои — увеличивается, а у побегов наибольшей величины она достигает в среднем возрасте. Установлено, что годичный прирост вегетативных органов составляет (в среднем за период наблюдений) в молодняке, средневозрастном и приспевающем древостоях соответственно 2,54, 2,11 и 1,06 мм, хвои — 11,3, 15,5 и 18,8 мг, побегов — 35,1, 38,4 и 34,4 см. Определено, что различия в годичном приросте побегов и хвои связаны исключительно с изменением интенсивности их роста, а стволов, кроме того, и с разницей в продолжительности их формирования. Выявлено, что черты кривых, отображающих динамику нарастания вегетативных органов в древостоях разного возраста, в целом остаются неизменными, кульминация их прироста при этом наблюдается почти одновременно.

Ключевые слова: рост, побеги, хвоя, стволы, онтогенез

Ссылка для цитирования: Кищенко И.Т. Сезонный рост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в таежной зоне Карелии на разных этапах онтогенеза // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 2. С. 19–24. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-19-24

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. Эти важнейшие биологические процессы имеют решающее значение в теории и практике выращивания растений. Многие исследователи считают, что без знания ритмики сезонных изменений аборигенных лесообразующих видов невозможно раскрыть существенные стороны их биологии и экологии, а также жизни лесных биоценозов, образуемых ими [1–6]. Биологическая продуктивность и устойчивость древостоев зависят от продолжительности и интенсивности роста всех органов дерева. Динамика формирования органического вещества древостоем определяется лесорастительными условиями конкретного биогеоценоза. Данные сезонного хода формирования всех вегетативных органов позволяют эффективнее проводить лесохозяйственные мероприятия в целях повышения продуктивности древостоев. Известно, что в процессе индивидуального развития требовательность растения к факторам среды существенно изменяется [7, 8]. В связи с этим важно установить различия в интенсивности деятельности меристематических тканей на разных этапах онтогенеза растений.

Цель работы

Цель работы — изучение особенностей сезонного роста вегетативных органов сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на разных этапах онтогенеза.

Материалы и методы

Исследования проводили в ботаническом саду Петрозаводского государственного университета в 2014–2015 гг. (подзона средней тайги). Объектами исследований служили древостои сосняка брусничного в молодом (22 года), среднем (55 лет) и приспевающем (86 лет) возрасте.

Закладку пробных площадей и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам [9, 10]: на каждой пробной площади выбирали деревья II–III классов роста и развития по Крафту. Наблюдения за ростом вегетативных органов проводили по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [11]. С момента набухания почек до заложения зимующих почек через каждые 2–3 дня линейкой на высоте около 5 м (с помощью стремянной лестницы) измеряли с точностью до 1 мм длину стеблей (далее просто побегов) второго порядка в юго-западной части кроны. В каждом типе леса выбирали по 10 учетных деревьев, у каждого из которых маркировали по 10 побегов. Таким образом, объем выборки по каждому сроку наблюдения составлял 100 побегов. Формирование хвои изучали также на 10 учетных деревьях, у которых срезали 10 побегов второго порядка ветвления из средней части кроны. С основания этих побегов отбирали по 3 хвоинки, а затем высушивали при температуре +105 °С до постоянного веса, измеряемого с точностью до 1 мг. Объем выборки по каждому сроку наблюдений составлял 150 хвоинок.

Для изучения сезонного радиального прироста древесины ствола у 10 учетных деревьев через каждые 3 сут после начала деятельности камбия брали высечки древесины (фрагмент тканей ствола, включающий в себя кору и древесину) на высоте 1,3 м [11]. Высечки вырезали, начиная с его западной стороны. Для этого на исследуемой части ствола с помощью струга снимали пробку, стараясь не повредить нижележащие ткани коры. Скальпелем делали два параллельных надреза длиной 1,5 см на расстоянии около 0,5 см один от другого на глубину не менее двух годичных слоев. Затем участки коры между ними перерезали сверху и снизу двумя параллельными надрезами через 2 мм и вынимали кусочки коры. После этого стамеской с шириной лезвия 5 мм делали зарубки на этих местах на глубину, несколько меньшую, чем у двух первых параллельных надрезов. С помощью стамески вынимали образец размером 1,0×0,5 см, стараясь не отделять кору от древесины. Образцы тканей ствола отбирали вдоль воображаемой спирали — снизу вверх и слева направо. Между углублениями от взятых участков древесины должны были оставаться ненарушенные участки ствола шириной около 1 см. Препараты древесины готовили для просмотра с помощью микротома GRANUM–202. Ширину слоя древесины текущего года измеряли в трех местах (начиная от камбиальной зоны до зоны поздней древесины прошлого года) с точностью до 1 мкм, используя микроскоп МБМ с микрометром МОВ-1-16.

Величину суточного прироста побегов, хвои и стволов определяли как разницу среднearифметических показателей между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода.

По результатам наблюдений за ростом вегетативных органов сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей методов вариационной статистики [12]. Статистическая обработка материалов наблюдений показала, что при определении среднearифметического значения прироста побегов показатель точности результатов опыта составляет 4...6 %, коэффициент вариации — 14...27 %; прироста хвои — 3...5 % и 12...22 %; прироста ствола — 6...9 % и 19...32 %.

Результаты и обсуждение

Согласно проведенным исследованиям линейный рост побегов у деревьев разного возраста начинается и заканчивается одновременно (табл. 1), поэтому и продолжительность их формирования также остается неизменной. При этом обнаружено, что характер кривой, отображающей динамику формирования побегов в целом, не зависит

Т а б л и ц а 1

Рост вегетативных органов у деревьев разного возраста

Growth of vegetative organs in trees of different ages

Возраст древостоя	Начало роста	Окончание роста	Продолжительность роста, сут
Побеги (2014 г.)			
Молодняк	14.V	15.VI	62
Средневозрастной	14.V	15.VI	62
Побеги (2015 г.)			
Молодняк	5.V	11.VI	67
Средневозрастной	5.V	11.VI	67
Приспевающий	5.V	11.VI	67
Хвоя (2014 г.)			
Молодняк	16.V	15.VI	91
Средневозрастной	16.V	15.VI	91
Приспевающий	16.V	15.VI	91
Ствол (2014 г.)			
Молодняк	1.V	11.VI	72
Средневозрастной	6.V	6.VI	67
Приспевающий	9.V	1.VI	54
Ствол (2015 г.)			
Молодняк	24.V	25.VI	93
Средневозрастной	1.V	19.VI	80
Приспевающий	6.V	1.VI	55

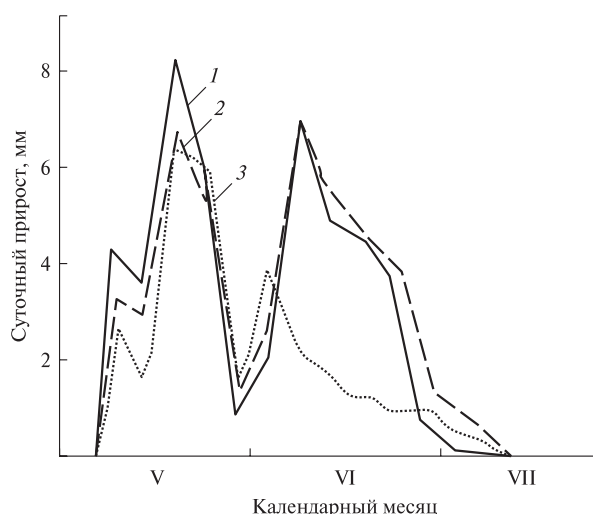


Рис. 1. Сезонная динамика линейного прироста побегов в 2014 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет

Fig. 1. Seasonal dynamics of linear shoots growth in 2014. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

от возраста дерева. Вместе с тем интенсивность их роста не остается постоянной. Быстрее всего растут побеги у деревьев в среднем возрасте, а самый медленный рост характерен для приспевающего древостоя. Например, в 2014 г. в период с 11.V по 15.VI суточный прирост побегов в 55-летнем древостое достиг 8,2, в 22-летнем — 7,4, а в 86-летнем — всего 2,7 мм (рис. 1). К аналогичному выводу ранее пришел В.В. Острошенко [7].

Таблица 2

Годичный прирост вегетативных органов деревьев разного возраста

Annual growth of vegetative organs of trees of different ages

Возраст древостоя	Радиальный прирост ствола, мм	Длина побега, см	Масса одной хвоинки, мг
2014 г.			
Молодняк	2,69	35,1	11,3
Средневозрастной	2,13	38,4	15,5
Приспевающий	1,14	34,4	18,8
2015 г.			
Молодняк	2,56	34,4	Не определено
Средневозрастной	2,10	38,0	Не определено
Приспевающий	0,97	32,3	Не определено

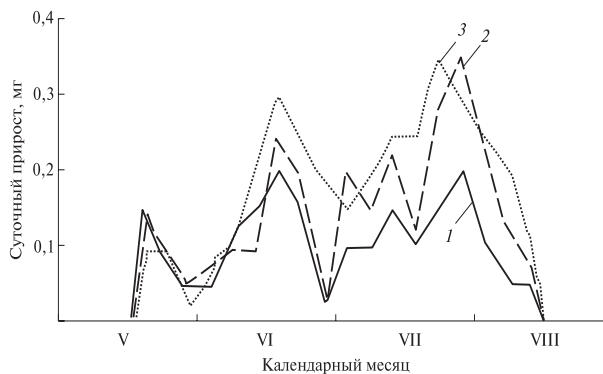


Рис. 2. Сезонная динамика прироста массы хвои в 2014 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет
Fig. 2. Seasonal dynamics of growth in the mass of needles in 2014. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

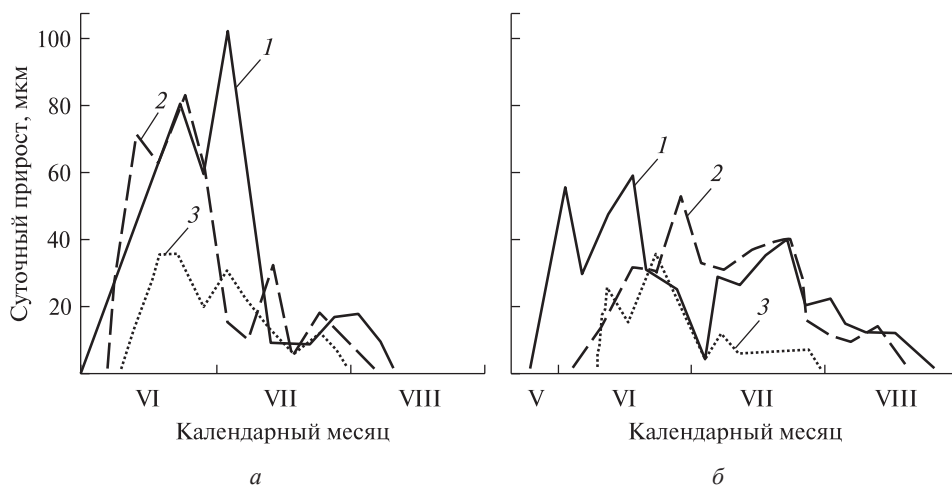


Рис. 3. Сезонная динамика радиального прироста ствола: а — 2014 г., б — 2015 г. Возраст деревьев: 1 — 22 года; 2 — 55 лет; 3 — 86 лет
Fig. 3. Seasonal dynamics of radial trunk growth: а — 2014, б — 2015. Age of trees: 1 — 22 years; 2 — 55 years old; 3 — 86 years old

По этой причине наибольшей длины побеги достигают у средневозрастных деревьев — 38,4 см (табл. 2). В молодом и приспевающем древостоях их длина меньше соответственно на 3,3 и 2,8 см. Уменьшение продолжительности и интенсивности роста побегов дерева с возрастом обнаружено и другими исследователями [13, 14].

Формирование хвои в средней части кроны, по аналогии с побегами, начинается и заканчивается одновременно в древостоях разного возраста. В результате этого продолжительность ее роста также остается неизменной (см. табл. 1). Наряду с этим наблюдаются и значительные различия: с возрастом дерева интенсивность формирования массы хвои значительно усиливается. Например, максимальный суточный прирост хвои в 2015 г. достигал в 22-летнем древостое 0,16, в 55-летнем — 0,28 и в 86-летнем — 0,35 мг (рис. 2). Однако основные черты кривой, отображающей динамику формирования массы хвои, у деревьев

различного возраста остаются неизменными. Наибольший годичный прирост массы хвои отмечается у 86-летних деревьев, где интенсивность ее формирования самая высокая. Так, в молодняке он составил 11,3 мг, в средневозрастном древостое — 15,5 мг и в приспевающем — 19,8 мг (см. табл. 2).

Изучение показало, что время начала формирования ствола на высоте 1,3 м во многом зависит от возраста дерева: чем старше дерево, тем позже начинается этот процесс. Так, за период исследований в молодняке его начало отмечалось 24.V и 1.VI, в средневозрастном — 1.VI и 6.VI и в приспевающем — 6.VI и 9.VI (см. табл. 1).

Сроки прекращения роста ствола также определяются возрастом растения, причем в сравнительно старых древостоях это явление наблюдается значительно раньше. Например, продуцирование камбием древесины (в среднем за 2 года) заканчивалось в молодняке 11.VIII и 25.VIII,

в средневозрастном древостое — 6.VIII и 19.VIII и в приспевающем — 1.VIII. По этой причине, а также вследствие раннего начала роста период формирования древесины в молодняке по сравнению с приспевающим древостоем увеличивается на 18...38 сут. Другие исследователи также отмечают более раннее начало и позднее окончание радиального роста ствола у молодых деревьев [14–22].

Различия в возрасте дерева отражаются и на интенсивности деления камбиальных клеток. В сравнительно молодых древостоях нарастание древесины ствола происходит значительно быстрее (рис. 3). Так, средний максимальный суточный прирост ствола по радиусу составлял в приспевающем древостое — 36 мкм, в средневозрастном — 68 мкм и в молодняке — 76 мкм. У молодых деревьев на образование одного слоя трахеид требуется в среднем 0,9 сут, у средневозрастных — 1 сут, а у приспевающих — 1,2 сут. Несмотря на указанные различия в темпах роста, кривая, отображающая интенсивность формирования ствола в древостоях разного возраста, в целом имеет сходный характер.

Увеличение интенсивности и продолжительности роста ствола в сравнительно молодых насаждениях способствует возрастанию его годовичного радиального прироста. Так, за период наблюдений в среднем он составлял в приспевающем древостое 1,06 мм, в средневозрастном — 2,11 мм и в молодняке — 2,54 мм (см. табл. 2). Отметим, что указанные различия связаны в первую очередь с неодинаковой скоростью деления клеток камбия. Например, в молодняке по сравнению с приспевающим древостоем, дополнительный радиальный прирост ствола в среднем на 80 % обеспечивается усилением интенсивности деятельности камбия. В связи с этим лесохозяйственные мероприятия, направленные на повышение продуктивности лесов, необходимо проводить прежде всего в молодняках, с тем чтобы использовать их наивысшую энергию роста.

Выводы

1. Динамика сезонного роста вегетативных органов у деревьев в процессе онтогенеза несколько изменяется. Начало роста побегов, хвои и стволов не зависит от возраста дерева. Образование клеток древесины в нижней части ствола у сравнительно молодых деревьев начинается на 8...12 сут раньше, чем у средневозрастных и приспевающих.

2. Окончание роста побегов и хвои у деревьев разного возраста наблюдается в одно время. Формирование древесины ствола в сравнительно молодых древостоях протекает на 18...25 сут дольше, чем в средневозрастных и приспевающих.

3. Интенсивность формирования стволов с возрастом дерева уменьшается, хвои — увеличивается, а у побегов наибольшей величины она достигает в среднем возрасте.

4. Годичный прирост стволов в среднем составляет в молодняке, средневозрастном и приспевающем древостоях соответственно 2,54; 2,11 и 1,06 мм, хвои — 11,3; 15,5 и 18,8 мг, побегов — 35,1; 38,4 и 34,4 см. Различия в годовичном приросте побегов и хвои связаны исключительно с изменением интенсивности их роста, а стволов, кроме того, и с разницей в продолжительности их формирования.

5. Черты кривых, отображающих динамику нарастания вегетативных органов в древостоях различного возраста, в целом остаются неизменными, кульминация их прироста при этом наблюдается почти одновременно.

Список литературы

- [1] Елагин И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 1976. 230 с.
- [2] Кищенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства Pinaceae Lindl. в условиях Карелии. Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. 211 с.
- [3] Румянцев Д.Е. Влияние климатических факторов на рост сосны в Южной Карелии // Лесоведение, 2004. № 5. С. 73–75.
- [4] Забуга В.Ф., Забуга Г.А. Особенности роста вегетативных органов сосны обыкновенной в лесостепном Предбайкалье // Экология, 2007. № 6. С. 409–416.
- [5] Кищенко И.Т., Вантенкова И.В. Сезонный рост вегетативных органов ели европейской в разных типах леса Северной Карелии // Лесоведение, 2009. № 1. С. 63–67.
- [6] Балун О.В. Влияние метеорологических факторов на радиальный прирост ели в кисличном типе леса // Изв. Самарского НЦ РАН, 2013. Т. 15. № 33. С. 1035–1037.
- [7] Острошенко В.В. Сезонный рост сосны обыкновенной на Охотском побережье // Лесное хозяйство, 1991. № 5. С. 33–35.
- [8] Митрухова Т.В. Структурные особенности древесины сосны обыкновенной и ели сибирской из промышленных районов Европейского Севера: дис. ... канд. биол. наук, 03.00.05. С-Пб.: Ботанический институт РАН, 1993. 202 с.
- [9] Полевая геоботаника. В 3 т. / под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. М.; Л.: Изд-во АН СССР [Ленинградское отделение], 1959–1964. Т. 3. 530 с.
- [10] Программа и методы биогеоценологических исследований / под ред. Н.В. Дылыса. М.: Наука, 1974. 404 с.
- [11] Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 156 с.
- [12] Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 345 с.
- [13] Харитонович Ф.Н. Закономерности роста сосны обыкновенной // Лесное хозяйство, 1961. № 11. С. 18–22.
- [14] Лобжанидзе Э.Д., Канделаки А.А. Особенности деятельности камбия стволов и корней пихты кавказской разных поколений // Изв. вузов СССР. Лесной журнал, 1971. № 1. С. 126–128.
- [15] Митруков А.Е., Иванов В.Ф. Сезонный рост хвои, побегов и ствола у деревьев в сосняке лишайниковом // Конф. молодых ученых и специалистов Карелии. Тезисы докладов. Петрозаводск: ПетрГУ, 1975. С. 67–69.

- [16] Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А., Чупров А.В., Беляев В.В. Реакция роста сосны обыкновенной на климатические изменения в широтном градиенте // ИВУЗ Лесной Журнал, 2018. № 5. С. 82–93.
- [17] Memišević Hodžić M., Bejtić S., Ballian D. Interaction Between the Effects of Provenance Genetic Structure and Habitat Conditions on Growth of Scots Pine in International Provenance Tests in Bosnia and Herzegovina // South-east European forestry, 2020, v. 11, no. 1, pp. 1–6.
- [18] Sophan Chhin Dendroclimatic analysis of white pine (*Pinus strobus* L.) using long-term provenance test sites across eastern North America // Forest Ecosystems, 2018, no. 18, pp. 1–15.
- [19] Zhang, Z., Jin, G., Feng, Z. Joint influence of genetic origin and climate on the growth of Masson pine (*Pinus massoniana* Lamb.) in China // Scientific Reports, 2020, no. 10, p. 4653.
- [20] Бессчетнова Н.Н. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Репродуктивный потенциал плюсовых деревьев. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. 586 с.
- [21] Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 240 с.
- [22] Balekogu, S., Calinskan, S. & Dirik, H. Effects of geoclimatic factors on the variability in *Pinus pinea* cone, seed, and seedling traits in Turkey native habitats // Ecological Processes, 2020, no. 9, p. 55.

Сведения об авторе

Кищенко Иван Тарасович — д-р биол. наук, профессор Петрозаводского государственного университета, акад. РАЕ, ivanki@karelia.ru

Поступила в редакцию 16.11.2020.

Принята к публикации 04.02.2021.

SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) SEASONAL GROWTH AT DIFFERENT STAGES OF ONTOGENESIS IN TAIGA ZONE (KARELIA)

I.T. Kishchenko

Petrozavodsk State University, 33, Lenin av., 185640, Petrozavodsk, Karelia, Russia

ivanki@karelia.ru

The studies were conducted in 2014–2015 in southern Karelia (middle taiga subzone). The aim of the research was to study the seasonal growth of shoots, needles and trunks in young (22 years old), middle-aged (55 years old) and ripening (86 years old) stands of *Pinetum vacciniosum*. The study found that the dynamics of the seasonal growth of vegetative organs in trees during ontogenesis varies somewhat. The beginning of the growth of shoots, needles and trunks does not depend on the age of the tree. The formation of wood cells in the lower part of the trunk in relatively young trees begins on days 8–12 earlier. The end of the growth of shoots and needles in trees of different ages is observed at the same time. The formation of trunks in relatively young stands lasts for 18–25 days longer. The growth rate of the trunks decreases with the age of the tree, the needles — increase, and in shoots it reaches its greatest value in middle age. On average, the annual growth of trunks in young, middle-aged and ripening stands is 2,54, 2,11 and 1,06 mm, respectively, needles — 11,3, 15,5 and 18,8 mg, shoots — 35,1, 38,4 and 34,4 cm. Differences in annual growth of shoots and needles are associated exclusively with the change the intensity of their growth, and the trunks, in addition, and with a difference in the duration of their formation. The features of the curves reflecting the dynamics of growth of vegetative organs in stands of different ages generally remain unchanged, the culmination of their growth being observed almost simultaneously.

Keywords: growth, shoots, needles, trunks, ontogenesis

Suggested citation: Kishchenko I.T. *Sezonnyy rost sosny obyknovennoy (Pinus sylvestris L.) na raznykh etapakh ontogeneza v taizhnoy zone (Kareliya)* [Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seasonal growth at different stages of ontogenesis in Taiga zone (Karelia)]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 2, pp. 19–24. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-2-19-24

References

- [1] Elagin I.N. *Sezonnoe razvitie sosnovykh lesov* [Seasonal development of pine forests]. Novosibirsk: Nauka [Science], 1976, 230 p.
- [2] Kishchenko I.T. *Rost i razvitie aborigennykh i introdutsirovannykh vidov semeystva Pinaceae Lindl. v usloviyakh Karelii* [The growth and development of indigenous and introduced species of the family Pinaceae Lindl. in the conditions of Karelia]. Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk state University, 2000, 211 p.
- [3] Rumyantsev D.E. *Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na rost sosny v Yuzhnoy Karelii* [The Influence of climatic factors on the growth of pine in southern Karelia]. *Lesovedenie [Forestry]*, 2004, no. 5, pp. 73–75.
- [4] Zabuga V.F., Zabuga G.A. *Osobennosti rosta vegetativnykh organov sosny obyknovennoy v lesostepnom Predbaykal'e* [Growth characteristics of vegetative organs of Scotch pine in the forest-steppe Cisbaikalia]. *Ekologiya [Ecology]*, 2007, no. 6, pp. 409–416.
- [5] Kishchenko I.T., Vantenkova I.V. *Sezonnyy rost vegetativnykh organov eli evropeyskoy v raznykh tipakh lesa Severnoy Karelii* [Seasonal growth of vegetative organs of Norway spruce in different forest types of North Karelia]. *Lesovedenie [Forestry]*, 2009, no. 1, pp. 63–67.

- [6] Balun O.V. *Vliyaniye meteorologicheskikh faktorov na radial'nyy prirost eli v kislichnom tipe lesa* [Influence of meteorological factors on the radial increment of spruce in forest type sorrel]. *Izvestiya Samarskogo NTs RAN* [Proceedings of the Samara scientific center. Russian Academy of Sciences], 2013, t. 15, no. 33, pp. 1035–1037.
- [7] Ostroschenko V.V. *Sezonnyy rost sosny obyknovennoy na Okhotskom poberezh'e* [Seasonal growth of Scots pine on the Okhotsk coast]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1991, no. 5, pp. 33–35.
- [8] Mitrukhova T.V. *Strukturnye osobennosti drevesiny sosny obyknovennoy i eli sibirskoy iz promyshlennykh rayonov Evropeyskogo Severa* [The Structural features of wood of Scots pine and Siberian spruce from industrial areas in the European North]. *Diss Cand. Sci. (Biol.)*, Sankt-Peterburg: Botanicheskiy institut RAN, 1993, 202 p.
- [9] *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow: Publishing house of the USSR, 1964, v. 3, 530 p.
- [10] *Programma i metody biogeotsenologicheskikh issledovaniy* [The program and methods biogeocenological research]. Moscow: Nauka [Science], 1974, 404 p.
- [11] Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy* [The Methodology of studying the growth of woody plants]. Moscow: Nauka [Science], 1967, 156 p.
- [12] Zaytsev G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka [Science], 1984, 345 p.
- [13] Kharitonovich F.N. *Zakonomernosti rosta sosny obyknovennoy* [Patterns of growth of Scots pine]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1961, no. 11, pp. 18–22.
- [14] Lobzhanidze E.D., Kandelaki A.A. *Osobennosti deyatel'nosti kambiya stvolov i korney pikhty kavkazskoy raznykh pokoleniy* [Peculiarities of the cambium of trunks and roots of the Caucasian fir different generations]. *Izvestiya vuzov SSSR. Lesnoy zhurnal* [News of the institutes of the USSR. Forest magazine], 1971, no. 1, pp. 126–128.
- [15] Mitrukov A.E., Ivanov V.F. *Sezonnyy rost khvoi, pobegov i stvola u derev'ev v sosnyake lishaynikovom* [Seasonal growth of needles, shoots and trunk of trees in the pine lichen]. *Konf. molodykh uchenykh i spetsialistov Karelii. Tezisy dokladov* [Conference of young scientists and specialists of Karelia. Abstracts of reports]. Petrozavodsk: PGU, 1975, pp. 67–69.
- [16] Nakvasina E.N., Prozherina N.A., Chuprov A.V., Belyaev V.V. *Reaktsiya rosta sosny obyknovennoy na klimaticheskie izmeneniya v shirotnom gradiente* [Growth response of Scots Pine to Climate in the Latitudinal Gradient] *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal), 2018, no. 5, pp. 82–93.
- [17] Memišević Hodžić M., Bejtović S., Ballian D. Interaction Between the Effects of Provenance Genetic Structure and Habitat Conditions on Growth of Scots Pine in International Provenance Tests in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 2020, v. 11, no. 1, pp. 1–6.
- [18] Sophan Chhin Dendroclimatic analysis of white pine (*Pinus strobus* L.) using long-term provenance test sites across eastern North America. *Forest Ecosystems*, 2018, no. 18, pp. 1–15.
- [19] Zhang, Z., Jin, G., Feng, Z. Joint influence of genetic origin and climate on the growth of Masson pine (*Pinus massoniana* Lamb.) in China. *Scientific Reports*, 2020, no. 10, p. 4653.
- [20] Besschetnova N.N. *Sosna obyknovennaya (Pinus sylvestris L.). Reprodukivnyy potentsial plyusovykh derev'ev* [Scots pine. Breeding potential of plus tree]. Nizhny Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya [Nizhny Novgorod State Agricultural Academy], 2015, 586 p.
- [21] Kurnaev S.F. *Lesorastitel'noe rayonirovanie SSSR* [Forest zoning in USSR]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1973, 240 p.
- [22] Balekogu, S., Calinskan, S. & Dirik, H. Effects of geoclimatic factors on the variability in *Pinus pinea* cone, seed, and seedling traits in Turkey native habitats. *Ecological Processes*, 2020, no. 9, p. 55.

Author's information

Kishchenko Ivan Tarasovich — Dr. Sci. (Biology), Professor of the Petrozavodsk State University, Academician RAE, ivanki@karelia.ru

Received 16.11.2020.

Accepted for publication 04.02.2021.