

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2023. № 2(71). С. 143–149.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V.Philippov. 2023;2(71):143–149.

Научная статья

УДК 630.232.3

doi: 10.34655/bgsha.2023.71.2.018

ВЛИЯНИЕ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ

Ольга Николаевна Тюкавина¹, Дмитрий Юрьевич Корепин²

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

²Филиал ФБУ «Рослесозащита» Центр защиты леса Архангельской области, Архангельск, Россия

¹o.tukavina@narfu.ru

²korepin.mitya@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования является оценка влияния характеристик ассимиляционного аппарата на радиальный прирост сосны обыкновенной. Исследования проводили в сосняках кустарничково-сфагновых осушаемых разного возраста и густоты. Ширину годичных слоев измеряли по кернам с помощью полуавтоматического комплекса Линтаб-6. Керна отбирали на высоте 1,3 м. Ассимиляционный аппарат оценивали по средним ветвям из разных частей кроны. Причем обрывалась вся хвоя по возрастам. Проводили измерения длины, ширины и толщины хвоинки, рассчитывали ее площадь. По массе хвоинки и массе хвои на ветви оценивали количество хвоинок на ветви. Через количество ветвей в кроне определяли массу и площадь хвои на дереве. Характеристики хвоинки не оказывают влияния на радиальный прирост ствола сосны. В 37-летних сосняках выявлена значительная достоверная теснота связи между радиальным приростом ствола и характеристиками хвои на ветви и на дереве. В 100- и 130-летних древостоях характеристики ассимиляционного аппарата не влияют на радиальный прирост ствола сосны. В 45-летних сосняках выявлена высокая значимая теснота связи радиального прироста ствола с количеством ветвей в кроне ($r = 0,51 - 0,81$ при $t = 3,8 - 12,8$). Зависимость радиального прироста от количества ветвей описывается линейным уравнением $y = 0,0704 \cdot x - 0,1704$ ($R^2 = 0,53$). С увеличением густоты древостоя сила влияния количества ветвей на радиальный прирост возрастает. Количество ветвей в кроне может выступать индикатором конкурентной способности деревьев.

Ключевые слова: сосна, радиальный прирост, площадь хвои, масса хвои, количество ветвей, густота древостоя, возраст древостоя.

INFLUENCE OF THE ASSIMILATION APPARATUS ON THE RADIAL GROWTH OF PINE

Olga N. Tyukavina¹, Dmitry Yu. Korepin²

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

²Federal State Institution "Russian Forest Protection" "Forest Protection Center of the Arkhangelsk region", Arkhangelsk, Russia

¹o.tukavina@narfu.ru

²korepin.mitya@yandex.ru

Abstract. *The aim of the study is to assess the influence of the characteristics of the assimilation apparatus on the radial growth of pine. The studies were carried out in pine forests of shrub-sphagnum drained nature of different ages and densities. The width of the annual rings was measured by cores using the Lintab-6. The cores were taken at a height of 1.3 m. The assimilation apparatus was evaluated by the middle branches from different parts of the crown. The needles broke off by age. Measurements of the length, width and thickness of the needles were carried out, and its area was calculated. By the weight of a needle and the weight of the needles on the branch, the number of needles on the branch was estimated. Through the number of branches in the crown, the weight and area of needles on the tree were determined. The characteristics of a needle does not influence the radial growth of the pine trunk. In 37-years-old pine forests, a significant reliable closeness of the relationship between the radial growth of the trunk and the characteristics of the needles on the branch and on the tree was revealed. In 100- and 130-years-old stands, the characteristics of the assimilation apparatus do not affect the radial growth of the pine trunk. In 45-years-old pine forests, a high significant closeness of the relationship between the radial growth of the trunk and the number of branches in the crown was revealed ($r = 0.51 - 0.81$ at $t = 3.8 - 12.8$). The dependence of the radial increment on the number of branches is described by the linear equation $y = 0.0704 \cdot x - 0.1704$ ($R^2 = 0.53$). With an increase in the density of the stand, the strength of the influence of the number of branches on the radial growth increases. The number of branches in the crown can act as an indicator of the competitive ability of trees.*

Keywords: pine, radial growth, area of needles, weight of needles, number of branches, density of the stand, age of the stand.

Введение. Степень развития охвоенная определяет интенсивность депонирования углерода, конкурентную способность деревьев, процессы дифференциации в древостое, продуктивность дерева и древостоя в целом [1-3]. Основой разработки стратегии управления насаждениями является выявление объективных критериев для оценки жизнеспособности деревьев [4-6]. Таким критерием является характер развития ассимиляционного аппарата деревьев [7-10]. Управляя охвоенностью кроны, можно регулировать интенсивность нарастания и качество стволовой древесины [11, 12]. Выявление характеристик ассимиляционного аппарата, обуславливающих радиальный прирост, позволит сфокусировать на их

коррекции лесохозяйственные мероприятия, направленные на повышение продуктивности сосновых лесов.

Цель исследования – оценка влияния характеристик ассимиляционного аппарата на радиальный прирост сосны обыкновенной *Pinus sylvestris*.

Объекты и методы. Объектом исследования являются сосняки кустарничково-сфагновые осушаемые разного возраста и густоты (табл. 1).

Пробные площади закладывали ленточной формы. Модельные деревья выбирали способом пропорционально-ступенчатого представительства по 30 шт. У модельных деревьев измеряли диаметр на высоте 1,3 м, высоту, количество ветвей по частям кроны. Измеряли вы-

Таблица 1 – Таксационная характеристика сосняка кустарничково-сфагнового осушаемого

Состав	Средние		Класс		Относительная полнота	Густота, шт/га	Запас, м ³ /га
	диаметр, см	высота, м	возраста	бонитета			
10С+Б	6,5	5,5	II	V	0,61	3031	36,0
10С+Б	8,0	7,3	III	V	0,42	1662	35,4
10С+Б	7,2	6,8	III	V	0,73	3364	55,8
10С+Б	5,8	6,2	III	V	1,05	7082	71,7
10С+Б	10,7	8,5	VI	Va	0,62	1436	62,2
10С+Б	18,6	12,2	VII	Va	0,53	512	87,9

соту оптическим высотомером ВУЛ-1, диаметр ствола – на высоте 1,3 м мерной вилкой с точностью до 1 см. У модельных деревьев брали керны возрастным буром на высоте 1,3 м. Определение ширины годичных слоев по кернам проводили полуавтоматическим комплексом для распознавания годичных колец Линтаб-6 с точностью ±0,01 мм. Ассимиляционный аппарат деревьев сосны изучали на средних ветвях из верхней, средней и нижней частях кроны. Всю хвою ветви обрывали по возрастам. Взвешивание и измерения хвоинок конкретного возраста проводили в 10-кратной повторности. Длину, ширину

и толщину хвоинки измеряли штангенциркулем. Площадь хвоинки определяли по

формуле: $S = 5,14 \cdot L \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)$, где S – площадь хвоинки, мм²; L – длина хвоинки, мм; a – толщина хвоинки, мм; b – ширина хвоинки, мм.

Через количество ветвей на дереве находили массу и площадь хвои на дереве.

Результаты и обсуждение. Характеристики хвоинки не оказывают влияния на радиальный прирост ствола сосны (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние характеристик ассимиляционного аппарата деревьев на радиальный прирост в разновозрастных сосняках кустарничково-сфагновых осушаемых

Показатели	Возраст древостоя, лет			
	37	45	100	130
Масса хвоинки, мг	0,27/2,0*	0,15/0,9	0,24/1,3	0,34/1,7
Площадь хвоинки, мм ²	0,3/2,0	0,09/0,5	0,36/2,0	0,27/1,3
Количество хвои на ветви, шт.	0,52/4,8	0,62/5,6	-0,26/1,4	-0,36/2,0
Масса хвои на ветви, кг	0,62/7,0	0,53/6,9	-0,14/0,7	-0,27/1,3
Площадь хвои на ветви, м ²	0,57/5,8	0,39/4,4	-0,17/0,9	-0,31/1,5
Количество ветвей, шт	0,52/4,8	0,71/7,9	0,15/0,8	0,14/0,6
Масса хвои на дереве, кг	0,65/7,5	0,70/7,5	-0,02/0,2	-0,22/1,0
Площадь хвои на дереве, м ²	0,62/6,9	0,62/5,5	0,36/3,9	-0,25/1,2

* коэффициент корреляции / достоверность коэффициента корреляции

В сосняке второго класса возраста на радиальный прирост ствола в равной степени оказывает влияние масса и площадь хвои на ветви, количество хвои на ветви

и количество ветвей и, как следствие, масса и площадь хвои на дереве. Теснота связи значительная значимая ($r = 0,52 - 0,65$ при $t = 4,8 - 7,5$). В данном возраст-

те еще не наблюдается жесткого проявления внутривидовой конкуренции, поэтому все органическое вещество, синтезированное хвоей, расходуется на формирование верхушечного и радиального прироста.

В 45-летних насаждениях сосны наибольшее влияние на радиальный прирост оказывает количество ветвей. Теснота связи между данными показателями высокая значимая ($r = 0,71$ при $t = 7,9$). Также значительно влияние на радиальный прирост массы хвои на ветви и на дереве. Конкурентные отношения влияют на поверхность ассимиляционного аппарата и морфологические характеристики хвои [13, 14]. В итоге ранговое положение деревьев в древостое обусловлено развитием их крон [15]. В 45-летнем возрасте у сосняков кустарничково-сфагновых осушаемых наблюдается дифференциация деревьев по степени развития ассимиляционного аппарата, сказывающаяся на радиальном приросте ствола за счет изменения количества ветвей. Это согласуется с исследованиями П.Н. Катютина, В.В. Горшкова [7], согласно которым дифференциация разных виталитетных групп деревьев по величине радиального прироста начинается в возрасте 45-50 лет.

В 100- и 130-летних древостоях процессы дифференциации деревьев не выражены. Все ослабленные деревья уже выпали из сообщества, что привело к изреживанию древостоя. Поверхность

ассимиляционного аппарата достигает своего максимума. В данном возрасте количество, масса и площадь ассимиляционного аппарата не влияют на радиальный прирост деревьев. Исходя из того, что синтезированные в процессе фотосинтеза ассимилянты расходуются деревом в первую очередь на процессы жизнедеятельности и только около 25 -35 % на прирост ствола, то в возрастных древостоях на прирост приходится еще меньшая доля энергии за счет ослабления деревьев, необходимости бороться с патогенными организмами за счет увеличения высоты поднятия растворов и поверхности отложения углеводов.

Как уже указывали выше, сосновым древостоям в 45-летнем возрасте характерно развитие внутривидовой конкуренции. Снижение густоты древостоя ослабляет остроту конкурентной борьбы деревьев. Так, при густоте древостоя 1662 шт./га выявлено влияние на радиальный прирост количества ветвей. Теснота связи значительная значимая ($r = 0,59$ при $t = 4,9$) (табл. 3). При повышении густоты древостоя в 2 раза возрастает сила влияния количества хвои на ветви, количества ветвей в кроне, массы хвои на дереве, площади хвои на дереве на радиальный прирост ($r = 0,62 - 0,71$ при $t = 5,5 - 7,9$). Следовательно, при данной густоте (3300 - 3400 шт./га) происходит дифференциация деревьев по степени развития кроны.

Таблица 3 – Влияние характеристик ассимиляционного аппарата на радиальный прирост в 45-летних сосняках осушаемых кустарничково-сфагновых различной густоты

Показатели	Густота древостоя, шт./га		
	1662	3364	7082
Масса хвоинки, мг	0,09/0,5*	0,15/0,9	0,32/2,0
Площадь хвоинки, мм ²	0,09/0,5	-0,09/0,5	0,18/1,0
Количество хвоинок на ветви, шт.	0,37/2,3	0,62/5,6	0,39/2,5
Количество ветвей, шт.	0,59/4,9	0,71/7,9	0,81/12,8
Масса хвои на дереве, кг	0,51/3,8	0,70/7,5	0,69/7,3
Площадь хвои на дереве, м ²	0,41/2,7	0,62/5,5	0,63/5,7

* коэффициент корреляции / достоверность коэффициента корреляции.

При увеличении густоты до 7000 шт./га отмечается высокая значимая теснота связи радиального прироста с количе-

ством ветвей в кроне ($r = 0,81$ при $t = 12,8$). При жестких конкурентных отношениях происходит дифференциация деревьев

по количеству ветвей. Меньшее количество ветвей в кроне указывает на слабую конкурентоспособность деревьев сосны.

Влияние количества ветвей на ради-

альный прирост ствола в 45-летних сосняках кустарничково-сфагновых осушаемых можно описать линейным уравнением (рис.1).

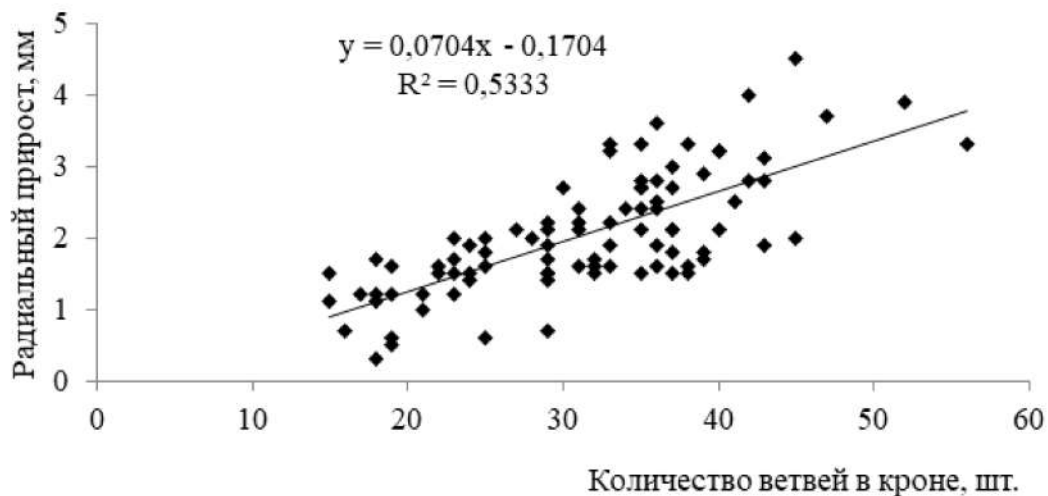


Рисунок 1. Зависимость радиального прироста ствола сосны от количества ветвей в 45-летних сосняках кустарничково-сфагновых осушаемых

Таким образом, радиальный прирост ствола сосны зависит от количества ветвей, массы и площади хвои на дереве ($r = 0,51 - 0,81$ при $t = 3,8 - 12,8$). С увеличением густоты древостоя сила влияния количества ветвей на радиальный прирост возрастает.

Заключение. Характеристики хвоинки не оказывают влияния на радиальный прирост ствола сосны. В молодых сосняках на радиальный прирост ствола в равной степени влияют масса и площадь хвои на ветви, на дереве, количество хвоинок на ветви и количество хвои на дереве. Теснота связи от умеренной до значительной. В спелых древостоях характеристики ассимиляционного аппарата не влияют на радиальный прирост ствола сосны. В 45-летних сосняках радиальный прирост ствола зависит от количества ветвей, массы и площади хвои на дереве ($r = 0,51 - 0,81$ при $t = 3,8 - 12,8$). С увеличением густоты древостоя сила влияния количества ветвей на радиальный прирост возрастает. Количество ветвей может выступать показателем ранжирования деревьев по категориям конкурентной способности.

Список источников

1. Иванов В.В., Борисов А.Н., Петренко А.Е. Влияние густоты древостоя на формирование кроны и рост по диаметру сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 3. С. 9–16. doi:10.17238/issn0536-1036.2019.3.9. EDN: FQETJR
2. Doran O., MacLean D.A., Kershaw J.A. Needle longevity of balsam fir is increased by defoliation by spruce budworm // *Trees-Structure and Function*. 2017. 31, 6. Pp. 1933-1944. doi:10.1007/s00468-017-1597-4
3. Zhao J.H., Maguire D.A., Mainwaring D.B., Kanaskie A. The effect of within-stand variation in Swiss needle cast intensity on Douglas-fir stand dynamics // *Forest Ecology and Management*. 2015. 347. Pp. 75-82. doi:10.1016/J.FORECO.2015.03.010
4. Hood S.M., Varner J.M., van Mantgem P., Cansler C.A. Fire and tree death: understanding and improving modeling of fire induced tree mortality // *Environ. Res. Lett.* 2018. 13, 113004. doi:10.1088/1748-9326/aae934.
5. Stephens L.L., McIver J.D., Boerner R.E.J., Fettig C.J., Fontaine J.B., Hartsough B.R., Kennedy, P.L., Schilck D.W. The effects of forest fuel-reduction treatments in the United States // *BioSci*. 2012. 62. Pp. 549–560. doi:10.1525/bio.2012.62.6.6
6. Wortley L., Hero J., Howes M. Evaluating

ecological restoration success: a review of the literature // *Restor. Ecol.* 2013. 21. Pp. 537–543. doi:10.1111/rec.12028

7. Катютин П.Н., Горшков В.В. Жизненное состояние, скорость роста и надземная фитомасса *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в средневозрастных северотаежных лесах // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, Вып. 2. С. 99–111. doi: 10.31857/S0033994620020065. EDN: OVYMK5

8. Ярмишко В.Т., Игнатъева О.В. Скорость роста и структура фитомассы *Pinus sylvestris* (Pinaceae) в средневозрастных сосняках Мурманской области // Растительные ресурсы. 2020. Т. 56, Вып. 4. С. 314–325. doi: 10.31857/S0033994620040093. EDN: BGKCPG

9. Maguire D.A., Mainwaring D.B., Kanaskie A., Ten-year growth and mortality in young Douglas-fir stands experiencing a range in Swiss needle cast severity // *Can. J. For. Res.* 2011. 41. Pp. 2064–2076. doi:10.1139/x11-114

10. Stravinskiene V., Bartkevicius E., Abraitiene J., Dautarte A. Assessment of *Pinus sylvestris* L. tree health in urban forests at highway sides in Lithuania // *Global Ecology and Conservation.* 2018.16. Pp. 1–16.

doi:10.1016/j.gecco.2018.e00517

11. Дружинин Н.А., Дружинин Ф.Н., Грибов С.Е. Влияние выборочных форм рубок на качественные показатели древесины подпологовой ели // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 6. С. 56–64. doi: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.56 EDN: XAZKZ

12. Кузьмин С.Р., Карпюк Т.В. Связь комплекса показателей ассимиляционного аппарата с анатомическими характеристиками древесины побегов сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. XXXVI. № 4. С. 312–315. EDN: YSZSKL

13. Konôpka B., Pajtík J.: Similar foliage area but contrasting foliage biomass between young beech and spruce stands // *Lesnícky časopis. Forestry Journal*, 2014. Vol. 60. Pp. 205–213. doi:10.1515/forj-2015-0002

14. Tyukavina O.N., Neverov N.A., Klevtsov D.N. Influence of growing conditions on morphological and anatomical characteristics of yu in the northern taiga // *Journal of Forest Science.* 2019. Т.65. No.1. Pp. 33–39. doi: 10.17221/126/2019-JFS

15. Sharma R.P., Bílek L., Vacek Z., Vacek S. Modelling Crown Width-Diameter Relationship for Scots Pine in the Central

Europe // *Trees.* 2017. Vol. 31, iss. 6. Pp. 1875–1889. doi: 10.1007/s00468-017-1593-8.

References

1. Ivanov V.V., Borisov A.N., Petrenko A.E. Influence of Stand Density on Crown Formation and Growth along the Diameter of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L. *Forestry Journal.* 2019;3:9–16 (In Russ.)

2. Doran O., MacLean D.A., Kershaw J.A. Needle longevity of balsam fir is increased by defoliation by spruce budworm. *Trees-Structure and Function.* 2017;31:6:1933–1944.

3. Zhao J.H., Maguire D.A., Mainwaring D.B., Kanaskie A. The effect of within-stand variation in Swiss needle cast intensity on Douglas-fir stand dynamics. *Forest Ecology and Management.* 2015;347:75–82.

4. Hood S.M., Varner J.M., van Mantgem P., Cansler C.A. Fire and tree death: understanding and improving modeling of fire induced tree mortality. *Environ. Res. Lett.* 2018;13:113004.

5. Stephens L.L., McIver J.D., Boerner R.E.J., Fettig C.J., Fontaine J.B., Hartsough B.R., Kennedy, P.L., Schwilk D.W. The effects of forest fuel-reduction treatments in the United States. *BioSci.* 2012;62:549–560.

6. Wortley L., Hero J., Howes M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. *Restor. Ecol.* 2013;21:537–543.

7. Katyutin P.N., Gorshkov V.V. Vitality, Growth Speed and Aboveground Biomass of *Pinus sylvestris* (Pinaceae) in Middle-Aged North Taiga Forests. *Plant resources.* 2020;56(2):99–111 (In Russ.)

8. Yarmishko V.T., Ignatieva O.V. Growth rate and structure of phytomass of *Pinus sylvestris* (Pinaceae) in middle-aged pine forests of the Murmansk region. *Plant resources.* 2020;56(4):314 – 325 (In Russ.)

9. Maguire D.A., Mainwaring D.B., Kanaskie A. Ten-year growth and mortality in young Douglas-fir stands experiencing a range in Swiss needle cast severity. *Can. J. For. Res.* 2011;41:2064–2076.

10. Stravinskiene V., Bartkevicius E., Abraitiene J., Dautarte, A. Assessment of *Pinus sylvestris* L. tree health in urban forests at highway sides in Lithuania. *Global Ecology and Conservation.* 2018;16:1–16.

11. Druzhinin N.A., Druzhinin F.N., Gribov S.E. The Influence of Selective Cutting on the Wood Quality Indicators of Understory Spruce. *Lesnoy zhurnal*, 2016;6:56–64 (In Russ.)

12. Kuzmin S.R., Karpyuk T.V. The

connection of the complex of indicators of the assimilation apparatus with the anatomical characteristics of the wood of shoots of scots pine. *Coniferous boreal zones*. 2018;XXXVI(4):312-315 (In Russ.)

13. Konôpka B., Pajtík J.: Similar foliage area but contrasting foliage biomass between young beech and spruce stands. *Lesnícky časopis. Forestry Journal*. 2014;60:205–213.

14. Tyukavina O.N., Neverov N.A., Klevtsov D.N. Influence of growing conditions on morphological and anatomical characteristics of pine needles in the northern taiga. *Journal of Forest Science*. 2019;65:33-39.

15. Sharma R.P., Bílek L., Vacek Z., Vacek S. Modelling Crown Width-Diameter Relationship for Scots Pine in the Central Europe. *Trees*. 2017;31(6):1875–1889.

Информация об авторах

Ольга Николаевна Тюкавина – доктор сельскохозяйственных наук, доцент;
Дмитрий Юрьевич Корепин – инженер отдела дистанционных наблюдений и ГИС.

Information about the authors

Olga N. Tyukavina – Doctor of Science (Agriculture), Associate Professor;
Dmitry Yu. Korepin – Engineer, Department of Remote Observations and GIS.

Статья поступила в редакцию 30.12.2022; одобрена после рецензирования 25.04.2023; принята к публикации 16.05. 2023.

The article was submitted on 30.12.2022; approved after reviewing on 25.04.2023; accepted for publication on 16.05. 2023.