ЛЕСОВЕДЕНИЕ, 2024, № 1, с. 38–42

*УДК 630*181.7*

ДИАГНОСТИКА РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ В КУЛЬТУРАХ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ[1]

© 2024 г. М. Д. Мерзленко[а], В. А. Брынцев[б], *, А. А. Коженкова[б]

[а]Институт лесоведения РАН, ул. Советская, д. 21, с. Успенское, Московская обл., 143030 Россия

[б]Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, ул. Ботаническая, д. 4, Москва, 127276 Россия

**E-mail: bryntsev@mail.ru*

Поступила в редакцию 10.02.2023 г.
После доработки 23.06.2023 г.
Принята к публикации 10.10.2023 г.

Вопросы диагностики роста деревьев в насаждении имеют значительный научный и практический интерес. Целью исследований являлось обоснование использования показателя “высота деревьев в 10-летнем возрасте” для диагностики их последующего роста и производительности в лесных культурах ели европейской (Picea abies (L.) H. Karst.). Объектами исследования были 70-летние монокультуры ели. На пробных площадях (ПП) по способу пропорционально-ступенчатого представительства брали модельные деревья, которые после раскряжевки подвергали полному анализу древесного ствола, в результате чего рассчитывали высоту дерева в 10-летнем возрасте, высоту, диаметр и объем ствола — в 70-летнем. Установлено, что с возрастом в лесных культурах ели часть деревьев-лидеров способна терять свои позиции, а деревья-аутсайдеры, наоборот, могут повышать свое ранговое положение. При этом средние деревья в насаждении являются как бы центром такого взаимообразного процесса, по всем трем таксационным показателям (высота, диаметр и объем ствола) их положение с возрастом становится наиболее стабильным. Таким образом, высоту в 10-летнем возрасте вполне можно рассматривать как диагностический признак, указывающий на дальнейший рост деревьев в лесных культурах.

Ключевые слова: ель европейская, лесные культуры, ранняя диагностика роста.

DOI: 10.31857/S0024114824010045, **EDN:** SMARKO

Ранняя диагностика последующего роста деревьев в насаждении имеет значительный научный и практический интерес. В ряде работ по ранней диагностике роста деревьев указывается, что размеры сеянцев влияют на их последующий рост в лесных культурах (Мойко, Ковалев, 1977; Пигарев и др., 1987; Werner, 1987; Маркова, 1989; Коженкова, Захарова, 2015). Как правило, высоту сеянцев исследователи относят к наилучшим показателям для прогнозирования дальнейшей быстроты их роста. По данным М.Д. Мерзленко, Ю.Г. Гуртяченко (1990), в лесных культурах ели европейской максимальными годичными приростами в высоту обладали не самые крупные и тем более не самые мелкие, а растения средней высоты из общей выборки посадочного материала. К сожалению, до сих пор почти все исследования не выходят по длительности за рамки II класса возраста насаждений, т.е. 40-летнего возраста. Только в последнее время в работе М. В. Рогозина и Г. С. Разина (2012) установлены зависимости объемов стволов в 70–78-летних культурах ели от диаметров их стволиков в раннем возрасте. Вместе с тем высоты деревьев — это менее варьирующий показатель, чем их диаметры, которые в большей мере зависят от фитоценотической обстановки в насаждении (Миронов, 1977). Высота, по мнению E.G. Stahl (1985) и М.В. Рогозина (2010), является наилучшим из диагностических признаков при проведении отбора, а при использовании двух и более признаков в ходе ранней диагностики на продуктивность и быстроту роста точность прогнозирования существенно не увеличивается.

Целью исследований являлось обоснование использования показателя “высота деревьев в 10-летнем возрасте” для диагностики их последующего роста и производительности в лесных культурах ели европейской.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Объектами для исследования послужили 70-летние монокультуры ели, произрастающие в условиях коренных ельников-кисличников Смоленско-Московской возвышенности на территории пяти лесничеств:

[1]Работа *В.А. Брынцева и А.А. Коженковой* выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН по теме № 122042700002-6.

Дмитровского, Истринского, Волоколамского и Верейского. Густота посадки составляла 5–7 тыс. 2-летних сеянцев на 1 га. Насаждения не подвергались интенсивным рубкам ухода и санитарным рубкам. Полнота в 70 лет составляла 0.8–0.9. Класс бонитета первый.

Методическая работа начиналась с закладки в хорошо сохранившихся насаждениях ПП согласно ОСТ 56-69-83 (всего 8 ПП). После перечислительной таксации по способу пропорционально-ступенчатого представительства (Анучин, 1982) брались модельные деревья (всего взято 106 модельных деревьев из расчета 10% моделей от числа живых деревьев на каждой ПП). Каждое модельное дерево после раскряжевки подвергалось полному анализу древесного ствола, в результате чего рассчитывали основные исходные показатели: высоту дерева в 10-летнем возрасте; высоту, диаметр и объем ствола как показатели производительности в 70-летнем возрасте.

Объем ствола зависит не только от значений его диаметра, высоты и видового числа, но и от характера (формы) боковой поверхности ствола. Последняя в большей степени зависит от фитоценотической обстановки, которая может быть весьма разной на протяжении роста дерева. Это обстоятельство учтено нами путем расчета объемов стволов по сложной формуле срединных сечений двухметровых отрезков раскряжеванного ствола (Анучин, 1982).

В качестве исходного диагностического показателя была взята высота дерева в 10-летнем возрасте. В отличие от диаметра высота в лесных культурах ели — это более стабильный и менее варьирующий от фитоценотической обстановки показатель. Так, например, по нашим расчетам, на основании массовой перечислительной таксации в 70-летних лесных культурах ели региона исследований коэффициент вариации по диаметру составляет 29.2% при показателе точности опыта 1.6%, а по высоте — соответственно 11.9% и 1.3%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании данных по 106 анализам древесных стволов выполнены зависимости высот, диаметров и объемов стволов 70-летних деревьев ели от их высот в возрасте 10 лет (рис. 1, 2, 3). При этом резонно возник вопрос: насколько использование высот, взятых из анализа древесных стволов, соответствует высотам произрастающих лесных культур 10-летнего возраста. Средняя высота в 10 лет по генеральной совокупности всех 106 модельных деревьев составила 2.9 м (коэффициент вариации равен 22.8%, точность опыта — 2.3%). Оказалось, что это значение средней высоты, рассчитанное на основании результатов анализов модельных деревьев, полностью соответствует средней высоте 10-летних лесных культур ели, произрастающих в условиях типичных ельников-кисличников с суглинистыми почвами, подстилаемыми тяжелыми покровными суглинками Смоленско-Московской возвышенности (Бородин, 1972; Мерзленко, Шестакова, 1992).

На рис. 1, 2, 3 нами выделены деревья-лидеры, средние деревья и деревья-аутсайдеры со значениями высот в возрасте 10 лет и соответствующими им значениями высот, диаметров и объемов стволов в возрасте 70 лет. Чтобы разграничить три ранговые группы (лидеры, средние деревья и аутсайдеры), по каждому из таксационных показателей (например, высота) брались максимальные и минимальные значения, диапазон их разницы принимался за 100%.

Таблица. Переход деревьев из одной ранговой группы в другую по таксационным показателям в 70 лет в зависимости от исходного ранга высот в 10 лет (%)

Ранговые группы по высоте в 10 лет	Ранги в возрасте 70 лет		
	аутсайдеры	средние	лидеры
По высоте модельных деревьев			
Аутсайдеры	9	64	27
Средние	–	70	30
Лидеры	–	35	65
Совокупность всех ранговых групп	3	61	36
По диаметру модельных деревьев			
Аутсайдеры	21	70	9
Средние	13	73	14
Лидеры	–	53	47
Совокупность всех ранговых групп	9	69	22
По объему модельных деревьев			
Аутсайдеры	52	48	–
Средние	31	64	5
Лидеры	6	59	35
Совокупность всех ранговых групп	33	58	9

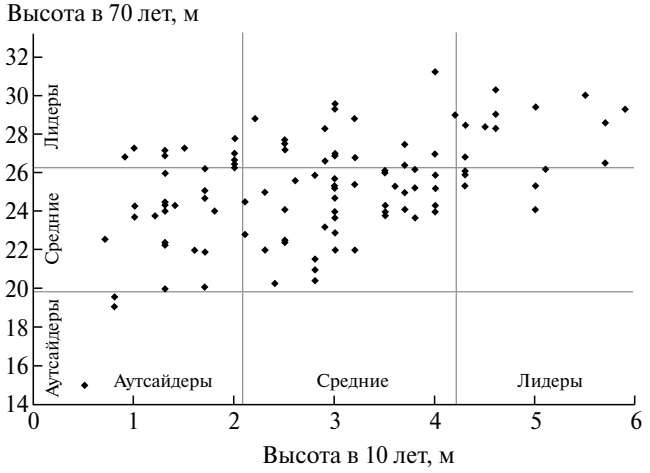

Рис. 1. Матрица изменения ранга по высоте дерева к 70 годам от исходного ранга по высоте в 10 лет.

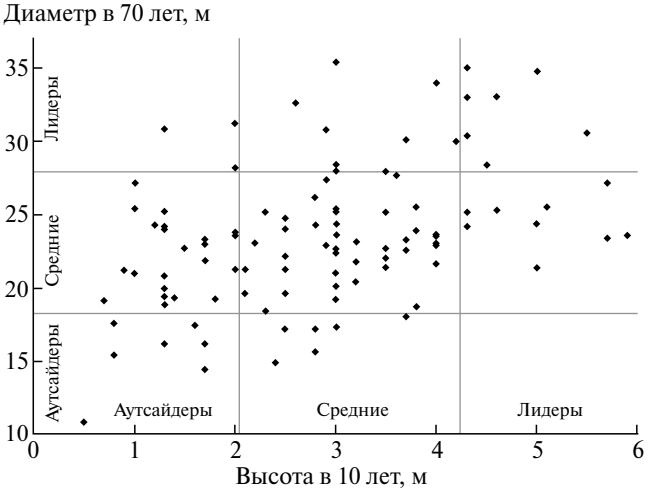

Рис. 2. Матрица изменения ранга по диаметру дерева к 70 годам от исходного ранга по высоте в 10 лет.

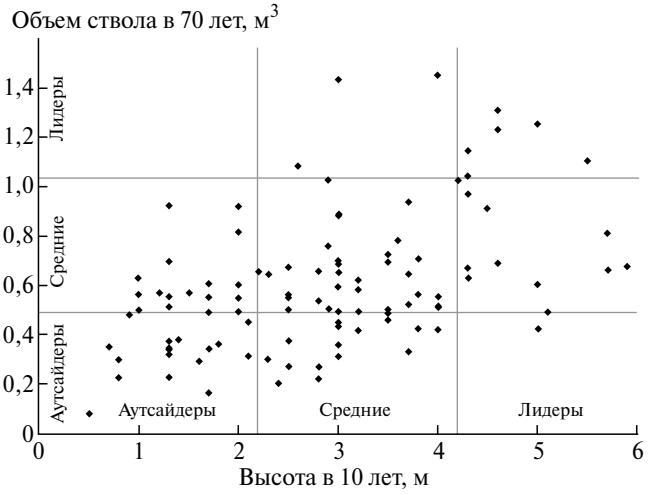

Рис. 3. Матрица изменения ранга по объему ствола дерева к 70 годам от исходного ранга по высоте в 10 лет.

Далее пропорционально из полученной разницы по 30% относили к лидерам и аутсайдерам, а 40% — к средним деревьям, т.е. ранговые группы в итоге выделялись не по численности деревьев, а по ранговым значениям величин конкретных таксационных показателей (Маслаков, 1984). Такой подход выразился в том, что в 10-летнем возрасте на долю деревьев-лидеров приходилось всего 16% из 106 моделей. В абсолютном выражении деревья-лидеры составили 17 экземпляров, средние — 56, аутсайдеры — 33.

Используя данные анализов древесных стволов, рассчитали вероятность (%) перехода к 70-ти годам деревьев из одной ранговой группы в другую в зависимости от исходного ранга по высоте в 10 лет (табл.).

Из таблицы видно, что по всем трем таксационным показателям (высота, диаметр и объем ствола) наиболее стабильна численность в группе средних деревьев. Однако понятие “стабильность” весьма относительное, поскольку по высоте 30% средних деревьев перешло в ранг лидеров, по диаметру в лидеры перешло 14%, а 13% — в ранг деревьев-аутсайдеров. По объему ствола из числа средних деревьев 31% перешел в аутсайдеры, и только 5% оказалось в лидерах. При всем этом и по высоте, и по диаметру, и по объему ствола средние деревья в целом составляют большинство, т.е. наиболее стабильны на протяжении 70 лет.

Деревья-аутсайдеры способны к 70 годам по высоте и диаметру переходить не только в группу средних, но даже и в группу лидеров (это 27% из числа аутсайдеров по высоте и 9% по диаметру). Что касается деревьев-лидеров, то по показателям высоты, диаметра и объема ствола прослеживается четкая тенденция перехода части стволов в группу среднего ранга. Таким образом, с возрастом в лесных культурах ели часть лидеров способна терять свои позиции, а деревья-аутсайдеры, наоборот, могут повышать свое ранговое положение. При этом среднее положение деревьев в насаждении становится как бы центром такого взаимообразного процесса. Следует отметить, что особенность высоких и низких деревьев сближаться с течением времени со средними была зафиксирована ранее Г.Р. Эйтингеном (1962).

Как видно из таблицы, по объему ствола деревья, изначально являвшиеся аутсайдерами, к 70 годам не могут стать лидерами, а вот деревья, будучи лидерами в 10- летнем возрасте, к 70 годам только в 35% случаев сохраняют лидерство по объему стволовой древесины.

Высота как в жизни дерева-индивидуума, так и в жизни древесного сообщества в целом играет очень важную роль. Ее (высоту), как и способность во времени быстро наращивать энергию роста, надо признать важным эволюционным средством в борьбе за жизненное пространство и главное — за световое довольствие. При этом древесный организм в пользу роста по высоте снижает камбиальную деятельность по всей образующей ствола, поскольку, по мнению В.В. Миронова (1977), важнее рост в высоту, а не по диаметру.

Наличие в одновидовом и одновозрастном древостое деревьев с замедленным ростом в молодости и ускоренным в будущем и, наоборот, наличие растений с обратной спецификой роста — это свойство древесного сообщества сохранять в целом свое устойчивое жизненное состояние. Все это хорошо подкрепляется многовековой лесокультурной практикой: создание посадок исключительно из очень крупного посадочного материала приводит к сильной внутривидовой борьбе, расстройству и даже к ранней гибели искусственного насаждения.

Несколько иначе, чем с высотой и диаметром, обстоит дело с учетом итоговой динамики объемов деревьев разных ранговых групп, ибо объем ствола зависит не только от высоты, диаметра и видового числа дерева, но и от сбежистости и формы образующей ствола. Последние два фактора связаны с фитоценотической обстановкой и с генетической конституцией отдельных деревьев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для практики лесного хозяйства важно выделять деревья-лидеры и близкие к ним по признаку высоты средние деревья. Положительными являются своевременные рубки ухода по классическому низовому методу, т.е. приемы с вырубкой наиболее отстающих в росте деревьев. Из практики рубок ухода должны быть исключены верховой и комбинированный методы уходов, при которых вырубаются деревья-лидеры и лучшие экземпляры из числа средних деревьев, что уже давно подтверждено отрицательными результатами таких приемов на ряде экспериментальных объектов (Георгиевский, 1948; Мерзленко и др., 2008). Что касается средних деревьев, то они более стабильны по своему ранговому положению.

Таким образом, высоту в 10-летнем возрасте вполне можно рассматривать как диагностический признак, указывающий на перспективу повышенного роста и производительности деревьев в лесных культурах старших возрастов. При рубках ухода необходимо своевременно удалять из насаждений наиболее отстающие в росте деревья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесная промышленность, 1982. 512 с.

Бородин А.М. Культуры ели в повышении производительности лесов. М.: Лесная промышленность, 1972. 144 с.

Георгиевский Н.П. О развитии насаждений при рубках ухода // Развитие русского лесоводства. Вып. 1. М.— Л.: Государственное лесотехническое издательство, 1948. С. 112–179.

Коженкова А.А., Захарова М.И. Особенности роста посадочного материала сосны обыкновенной в лесных питомниках Смоленско-Московской возвышенности // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. 2015. Т. 19. № 6. С. 34–37.

Маркова И.А. Агротехника и технология создания высокопродуктивных культур ели и сосны промышленными методами на северо-западе РСФСР: автореф. дис. д-ра с.-х. наук: 06.03.01. Л., 1989. 32 с.

Маслаков Е.Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесная промышленность, 1984. 168 с.

Мерзленко М.Д., Гуртяченко Ю.Г. Оптимальная высота трехлетних сеянцев ели // Лесохозяйственная информация. 1990. № 11. С. 30–31.

Мерзленко М. Д., Шестакова Е. Ю. Биологическая продуктивность искусственных молодняков ели // Научные труды Московского государственного университета леса. Вып. 257. М.: МГУЛ, 1992. С. 38–45.

Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Сухоруков А.С. Лесоводственная экскурсия в Лосиный Остров. М.: МГУЛ, 2008. 128 с.

Миронов В.В. Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: Лесная промышленность, 1977. 232 с.

Мойко М.Ф., Ковалев М.С. Рост лесных культур в зависимости от размеров сеянцев // Лесное хозяйство. 1977. № 1. С. 52–54.

ОСТ 56-69-83 Пробные площади лесоустроительные. Методы закладки. М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. 59 с.

Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере. Архангельск: АИЛиЛХ, 1987. 14 с.

Рогозин М.В. Наследуемость высоты у сосны обыкновенной и ели сибирской в Пермском крае // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27. № 1–2. С. 181–184.

Рогозин М.В., Разин Г.С. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. Пермь: Пермский гос. исслед. ун-т, 2012. 210 с.

Эйтинген Г.Р. Избранные труды. М.: Сельхозиздат, 1962. 500 с.

Stahl E.G. Provenance and plus tree selection different age of trees. An analysis of a 41-years old proven ants trial with *Picea abies (L.) Karst*, in South Western // Sweden department of forests research, Report № 16. Swedish university of agricultural sciences. Gartenberg. 1985. P. 1–30.

Werner M. Selection metods and its influence on a large scale propagation programme in Sweden // Forest tree improvement. 1987. № 20. P. 79–101.

Growth and Productivity of Trees in Forest Crops of Norway Spruce in Smolensk-Moscow Upland

M. D. Merzlenko[1], V. A. Bryntsev[2, *], A. A. Kozhenkova[2]
[1]Institute of Forest Science, RAS Sovetskaya st. 21, Uspenskoe, Odintsovsky District, Moscow Oblast, 143030 Russian Federation
[2]The Principal Botanical Garden of the RAS, Botanicheskaya st. 4, Moscow, 127276 Russian Federation
**E-mail: bryntsev@mail.ru*

The issues of diagnosing tree growth in a plantation are of a significant scientific and practical interest. The purpose of the research was to substantiate the use of the indicator "tree height at 10 years of age" to diagnose their subsequent growth and productivity in Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) forest crops. 70-year-old spruce monocultures were chosen as objects for the study. Model trees were chosen on trial plots (TP) using the method of step-by-step proportional representation. After cross-cutting, they were subjected to a complete analysis of the trunk and as a result, the height of the tree at 10 years of age and the height, diameter and volume of the trunk at 70 years of age were calculated. It has been established that with age in spruce forest plantations, some of the trees that started off stronger may eventually lose their ranking positions, while the initially weaker trees, on the contrary, can raise up through the ranks. At the same time, the more average trees in the plantation remain at the centre of such a process; according to all three inventory indicators (height, diameter and the volume of the trunk), their position becomes the most stable with age. Thus, the height at 10 years of age can be considered as a diagnostic sign indicating further growth of trees in forest plantations.

Keywords: European spruce, forest crops, early trunk diagnostics.

Acknowledgements: The work performed by V.A. Bryntsev and A.A. Kozhenkova was carried out within the framework of the State contract with the PBC RAS (No. 122042700002-6).

REFERENCES

Anuchin N.P., *Lesnaya taksatsiya* (Forest taxation), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1982, 552 p.

Borodin A.M., *Kul'tury eli v povyshenii proizvoditel'nosti lesov* (Spruce crops in increasing forest productivity), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1972, 144 p.

Eitingen G.R., *Izbrannye trudy* (Selecta), Moscow: Sel'khozizdat, 1962, 500 p.

Georgievskii N.P., O razvitii nasazhdenii pri rubkakh ukhoda (On the development of plantings during thinning), In: *Razvitie russkogo lesovodstva* (Development of Russian forestry), Moscow–Leningrad: Gosudarstvennoe lesotekhnicheskoe izdatel'stvo, 1948, Issue 1, pp. 112–179.

Kozhenkova A.A., Zakharova M.I., Osobennosti rosta posadochnogo materiala sosny obyknovennoi v lesnykh pitomnikakh Smolensko-Moskovskoi vozvyshennosti (Characteristics of growth of planting material of Scots pine in the forest nurseries of the Smolensk-Moscow region), *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa — Lesnoi vestnik*, 2015, Vol. 19, No. 6, pp. 34–37.

Markova I.A., *Agrotekhnika i tekhnologiya sozdaniya vysokoproduktivnykh kul'tur eli i sosny promyshlennymi metodami na Severo-zapade RSFSR. Avtoref. dis. d-ra s.-kh. nauk* (Agrotechnics and technology for creating highly productive spruce and pine crops by industrial methods in the Northwest of the Russian SFSR. Extended abstract of doctor's agric. sci. thesis), Leningrad: Leningrd. lesotekh. akademiya, 1989, 40 p.

Maslakov E.L., *Formirovanie sosnovykh molodnyakov* (Development of pine young-growth), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1984, 165 p.

Merzlenko M.D., Gurtyachenko Y.G., Optimal'naya vysota trekhletnikh seyantsev eli (Optimal height of three-year-old spruce seedlings), *Lesokhozyaistvennaya informatsiya*, 1990, No. 11, pp. 30–31.

Merzlenko M.D., Mel'nik P.G., Sukhorukov A.S., *Lesovodstvennaya ekskursiya v Losinyi Ostrov* (Silvicultural excursion to Losiny ostrov), Moscow: MGUL, 2008, 128 p.

Merzlenko M.D., Shestakova E.Y., Biologicheskaya produktivnost' iskusstvennykh molodnyakov eli (Biological productivity of artificial young spruce trees), *Nauchnye trudy Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa*, 1992, Issue 257, pp. 38–45.

Mironov V.V., *Ekologiya khvoinykh porod pri iskusstvennom lesovozobnovlenii* (Ecology of conifer during artificial reforestation), Moscow: "Lesnaya prom-ost'", 1977, 232 p.

Moiko M.F., Kovalev M.S., Rost lesnykh kul'tur v zavisimosti ot razmerov seyantsev (Growth of forest crops depending on the size of seedlings), *Lesnoe khozyaistvo*, 1977, No. 1, pp. 52–54.

OST 56-69-83 (OST 56-69-83 Sample plots for forest management), Moscow: TsBNTIleskhoz, 1984, 59 p.

Pigarev F.T., Belyaev V.V., Sungurov R.V., *Kompleksnaya otsenka kachestva posadochnogo materiala i ego primenenie na Evropeiskom Severe* (Comprehensive assessment of the quality of planting material and its use in the European North), Arkhangelsk: AILiLKh, 1987, 14 p.

Rogozin M.V., Nasleduemost' vysoty u sosny obyknovennoi i eli sibirskoi v Permskom krae (Hereditability of height at a pine ordinary and fur-trees Siberian in Perm region), *Khvoinye boreal'noi zony*, 2010, Vol. 27, No. 1–2, pp. 181–184.

Rogozin M.V., Razin G.S., *Lesnye kul'tury Teploukhovykh v imenii Stroganovykh na Urale: istoriya, zakony razvitiya, selektsiya eli* (Forest crops of the Teploukhovs on the Stroganovs' estate in the Urals: history, laws of development, spruce selection), Perm: Permskii gosudarst. issled. un-t, 2012, 210 p.

Stahl E.G., *Provenance and plus tree selection different age of trees. An analysis of a 41-years old provenants trial with Picea abies (L.) Karst, in South Western,* Sweden department of forests research, Report No. 16, Swedish university of agricultural sciences, Gartenberg, 1985, pp. 1–30.

Werner M., Selection methods and its influence on a large scale propagation programme in Sweden, *Forest tree improvement*, 1987, No. 20, pp. 79–101.