

Научная статья

УДК 630*266, 232.13

doi: 10.34655/bgsha.2024.75.2.011

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И СЕЛЕКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ РОДА *BETULA L.* В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Вячеслав Иванович Михин¹, Игорь Юрьевич Исаков²,Елена Александровна Михина³^{1,2,3}Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова,
Воронеж, Россия¹dr.mikhin2018@yandex.ru²labgen@vglta.vrn.ru³mihinaelena@bk.ru

Аннотация. Берёза повислая и пушистая широко используется в лесовосстановлении, лесоразведении и озеленении Центрального Черноземья России. Цель исследования – изучение особенностей роста, формирования искусственных насаждений и сбежистости формы ствола у селекционных форм разного генетического происхождения местных видов берёз – берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) и берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.). В насаждениях защитного назначения берёза повислая наибольшим ростом, сохранностью обладает при первоначальной густоте создания 3333 шт/га. В более узких по ширине искусственных берёзовых биологических объектах отмечается наибольшая средняя высота и количество сохранившихся экземпляров. Лучшим ростом по диаметру обладают центральные ряды (на 5,9 - 15,9%), по высоте – периферийные (на 7,8 – 18,9%), что обусловлено различиями в физиологических процессов развития древостоя. При таких параметрах формируется оптимальная структура биологического объекта. Оценивались также селекционные формы этого вида, а также берёзы пушистой, полученных искусственным путем (самоопылением) по следующим признакам: рост в высоту, диаметр у основания дерева и на высоте груди, коэффициент полндревесности ствола (КПС) и ранговый коэффициент корреляции. У всех селекционных форм берёзы повислой, полученных при свободном опылении, КПС был больше 0,6 (0,65; 0,61 и 0,64, соответственно). У берёзы пушистой среди всех селекционных форм аутогамная Б-12 имела значение этого показателя меньше 0,6 (0,59). У обоих видов лучшим ростом при самоопылении отличается семенное потомство самофертильных форм (8,6 и 7,4 м), а при свободном опылении – самостерильных (8,1 и 8,0 м).

Ключевые слова: Центральное Черноземье, рост, формирование, берёза повислая, берёза пушистая, семенное потомство, инбредное и аутбредное происхождение.

GROWTH FEATURES AND SELECTION POTENTIAL OF ARTIFICIAL PLANTS OF THE GENUS *BETULA* L. IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

Vyacheslav I. Mikhin¹, Igor Yu. Isakov², Elena A. Mikhina³

^{1,2,3}Voronezh State Forestry University named after. G.F. Morozova, Voronezh, Russia

¹dr.mikhin2018@yandex.ru

²labgen@vglta.vrn.ru

³mihinaelena@bk.ru

Abstract. Silver and downy birch are widely used in reforestation, afforestation and landscaping of the Central Black Earth Region of Russia. The purpose of the research is to study the characteristics of growth, development of artificial plantings and stem shape in selection forms of different genetic origins of local birch species - silver birch (*Betula pendula* Roth) and downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.). In plantings for protective purposes, silver birch grows the most and is preserved with an initial density of 3333 pcs/ha. In artificial birch biological objects that are narrower in width, the greatest average height and number of preserved specimens are noted. The central rows have the best growth in diameter (by 5.9 - 15.9%), in height - peripheral rows (by 7.8 - 18.9%), which is due to differences in the physiological processes of development of the forest stand. With these parameters, the optimal structure of a biological object is formed. Breeding forms of this species, as well as a downy birch, obtained artificially (self-pollination) were also assessed according to the following characteristics: height growth, diameter at the base of the tree and at a breast height, trunk fullness coefficient (TCC) and rank correlation coefficient. In all selected forms of silver birch obtained through open pollination, the TCC was more than 0.6 (0.65, 0.61 and 0.64, respectively). In downy birch, among all selected forms, autogamous B-12 had a value of this indicator less than 0.6 (0.59). In both species, the seed progeny of self-fertile forms have the best growth during self-pollination (8.6 and 7.4 m), and during open pollination, the seed progeny of self-sterile forms (8.1 and 8.0 m).

Keywords: Central Black Earth Region, growth, formation, silver birch, downy birch, seed progeny, inbred and outbred origin.

Введение. Береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и берёза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) являются одними из главных древесных пород при создании лесных культур, озеленении и для защитного лесоразведения, переработки древесины, фармацевтике, известны также их экологические и климатообразующие функции [1]. Такие большие области использования достигаются за счет того, что этот вид чрезвычайно полиморфен. Выявлено формовое разнообразие березы по типу и характеру кроны дерева, типу коры, типам жизненных форм, системам размножения; установлен также полиплоидный ряд для данного рода, от диплоидных видов (берёза повислая) до октаплоидных (береза бумажная) [2].

Все эти признаки являются важными

для проведения селекционных работ с целью получения целевых плантационных насаждений.

В настоящее время для увеличения продуктивности растений установлен приоритет в создании новых генетико-селекционных технологий перед совершенствованием агротехнологий и микро- и макрорландшафтным районированием [3]. При селекционных работах с древесными видами необходимо учитывать их онтогенетические особенности, биологию размножения, другие фенотипические и генотипические особенности проявления признаков [4].

Районирование семян определенных генотипов березы должен проходить в два основных этапа: отбор устойчивых (плюсовых) по признаку деревьев и испы-

тание их семенного потомства в новых условиях путем создания объектов постоянной лесосеменной базы – испытательных культур (ИК), плантационных насаждений (ПН), лесосеменных плантаций (ЛСП).

Ранее проведенные исследования [5] показали, что берёза в лесостепной зоне сохраняет агромелиоративное значение в возрасте до 80 лет и более. Такие насаждения в значительной степени выполняют свои мелиоративные функции. По своему составу, в основном, они представлены чистыми, так и имеются смешанные, где в качестве дополнения вводятся медленнорастущие экземпляры пород [6-10]. При этом линейные биологические объекты с участием рода *Betula* L. показывают высокую продуктивность и в них формируется оптимальная структура. Такие биологические объекты во многих странах мира улучшают среду обитания и эстетику ландшафтов [11-14]. Для их воспроизводства может использоваться семенная база данных насаждений защитного характера. При этом может служить пример, когда, например, перемещение семян в пределах региональной области (расстояние до 200 км в восточном и северо-восточном направлениях) не влияет на рост культур. Учет полусибирских потомств показал эффективность отбора на признак «прямызны стволов» (там же). Отмечается также, что у деревьев повислой берёзы, произрастающих в географических культурах, рост и развитие их семенного потомства и продолжительность вегетации находятся в зависимости от их происхождения и длительности безморозного периода [15].

Цель исследования – изучение особенностей роста, формирования искусственных насаждений и сбежистости формы ствола у селекционных форм разного генетического происхождения местных видов берёз – берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) и берёзы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.).

Объекты и методика исследований. Объектами исследований являются опытные искусственные культуры из берёзы повислой, берёзы пушистой (семенное потомство двух видов берёз, по три контрастные формы от каждого вида в возрасте 13 лет) и линейные искусственные защитные насаждения с участием берёзы повислой в условиях Центральной лесостепи в границах Воронежской области.

Исследование опытных объектов проводилось по общепринятым методикам, принятым в лесовосстановлении и лесоразведении^{1,2}. Возрастные показатели пород в насаждении определялись по архивным материалам, годичным кольцам на срезах у пня или путём их подсчёта на отобранных кернях. Диаметр ствола измерялся мерной вилкой на высоте 1,3 м и у основания, показатели высоты определялись с использованием лазерного высотомера. Сохранность пород рассчитывалась в процентах в зависимости от первоначальной густоты создания и количества сохранившихся экземпляров на единицу площади (1 га). С использованием шкалы М.М. Орлова определялся бонитировочный показатель, где входные данными были представлены возрастом, высотой и происхождением насаждений. Густота посадки рассчитывалась с учётом площади питания экземпляра растения с переводом на 1 га площади. Диаметр рассчитывался с учётом суммы площадей сечения и средней площади сечения ствола с переводом в средний диаметр. Высота определялась по графику соотношений диаметров и высот с учётом среднего диаметра. Структура насаждений определялась по соотношению просветов в вертикальном профиле насаждения. При оценке качества ствола использовался коэффициент полндревесности ствола (КПС), который определялся как отношение диаметра ствола на высоте 1,3 метра к диаметру у основания

¹ Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов. Москва : ВАСХНИЛ, 1985. 125 с.

² Пятницкий С.С. Практикум по лесной селекции. Москва : Сельхозиздат, 1961. 265 с.

дерева. Определялся также ранговый коэффициент корреляции с.

Результаты и их обсуждение. Берёза повислая (*Betula pendula* L.) в искусственных насаждениях имеет определенные показатели роста в зависимости от особенностей создания с учётом лесокультурных и агротехнических приёмов (табл. 1). В линейных насаждениях ширина и, соответственно, количество рядов формируют структуру биологического объекта. При этом отмечаются определённые закономерности в росте и сохранности породы. В возрасте 24 лет при первоначальной густоте создания 5714 шт/га

(размещение 2,5x0,7 м) сохранность породы выше на 5,8 % в более узких насаждениях (ширина 5,0 м, количество рядов – 2) по сравнению с культурами шириной 12,5 м (пробн. площади 1 и 2). Кроме того, различия в росте по высоте (на 11,6 %) также в пользу насаждений и наименьшей шириной и количеством рядов. Аналогичные закономерности выявлены и в культурах в возрасте 33 лет (пробн. площади 4 и 5). При этом, различие по ширине 3,0 м (уменьшение на 1 ряд) способствует повышению сохранности на 5,1 %, средней высоты – на 8,8 %.

Таблица 1 – Биометрическая характеристика насаждений из берёзы повислой

№ п/п	Схема смещения Кол-во рядов	Параметры посадочных мест, М Ширина, м	Густота, шт. га	Сохранность, %	Возраст, лет	Средняя высота, м	Бонитет
1	<u>Бп-Бп-Бп</u> 5	<u>2,5x0,7</u> 12,5	5714	39,6	24	14,4	Ia
2	<u>Бп-Бп</u> 2	<u>2,5x0,7</u> 5,0	5714	45,4	24	16,3	Ia
3	<u>Бп-Бп-Бп-Бп</u> 4	<u>2,5x1,0</u> 12,5	4000	25,6	33	17,2	Ia
4	<u>Бп-Бп-Бп-Бп</u> 4	<u>3,0x1,0</u> 12,0	3333	33,4	33	19,8	Ia
5	<u>Бп-Бп-Бп</u> 3	<u>3,0x1,0</u> 9,0	3333	38,5	33	21,7	Ia

Различия в росте берёзы повислой и ее сохранности особенно значимо проявляются в зависимости от первоначальной густоты создания и размещения посадочных мест. В возрасте 33 лет (пробн. площади 3 и 4) лучшим ростом быстрорастущие породы обладают в вариантах с густотой посадки 3333 шт/га, по сравнению с более загущенными искусственными насаждениями (4000 шт/га). Различия в показателях средней высоты составляют 13,1 %, сохранности – 7,8 %. Все обследованные насаждения в росте оцениваются по Ia классу бонитета.

В чистых по составу насаждениях из берёзы повислой (табл. 2) шириной 15,0-18,0 м в возрасте 25-40 лет проявляется

опушечный эффект в росте породы по высоте и диаметру (пробн. площади 6-10).

Отмечается превышение по высоте центральных рядов перед периферийными на 7,8-18,9 % и, соответственно, минимальные биометрические значения роста по диаметру (на 5,9-15,9 %) центральных рядов по отношению к периферийным. При этом, с увеличением возрастного периода с 25 лет к 40 годам наиболее выражено проявляются различия в росте (5,9-7,8 % и соответственно 14,5-18,9%). Данные сравниваемых вариантов достоверны ($t_b = 4,67-18,18 > t_{0,05} = 2,85$; $t_d = 7,85-12,27 > t_{0,05} = 3,02$). Эти различия свидетельствуют об особенностях физиологических процессов в искусствен-

Таблица 2 – Особенности роста берёзы повислой в защитных насаждениях

№ п/п	Возраст, лет	Периферийные ряды		Центральные ряды		Различия в росте, %	
		средние значения				Высоте	диаметру
		высота, м	диаметр, см	высота, м	диаметр, см		
1	25	16,3 \pm 0,20	21,4 \pm 0,16	18,5 \pm 0,23	19,2 \pm 0,17	9,5	5,9
2	27	17,9 \pm 0,24	22,9 \pm 0,18	19,3 \pm 0,21	20,6 \pm 0,15	7,8	10,0
3	35	20,6 \pm 0,24	25,6 \pm 0,17	22,6 \pm 0,22	22,9 \pm 0,15	9,7	10,5
4	38	20,7 \pm 0,21	26,8 \pm 0,19	23,7 \pm 0,19	24,1 \pm 0,19	14,5	10,1
5	40	22,2 \pm 0,22	28,8 \pm 0,19	26,4 \pm 0,21	24,2 \pm 0,18	18,9	15,9

ных берёзовых насаждениях, что следует учитывать при формировании структуры биологических объектов, выполняющих защитные функции в ландшафтах.

Результаты исследований материнских деревьев берёзы повислой показывают (табл. 3), что инбредное потомство аллогамной формы берёзы пушистой (Б-18) характеризуется угнетённым ростом (5,7 м) и пониженным значением КПС

– 0,56. Семенное потомство аутбредного происхождения этой формы имеет среднюю высоту 8,1 метра и значения КПС – 0,64. Полнодревесным стволом должны обладать деревья, у которых это отношение равно или близко к единице. Соответственно, деревья с таким показателем являются наиболее ценными с производственной точки зрения.

Таблица 3 – Среднесемейные показатели высоты Н, КПС и с у семенного потомства селекционных форм берёзы пушистой

Способы опыления	Признак	Берёза пушистая, селекционные формы / n		
		Б – 18	Б – 12	Б – 10
СВ	Н, м	8,11 \pm 0,32 / 10	6,24 \pm 0,48 / 7	7,04 \pm 0,33 / 13
	КПС	0,64	0,59	0,61
	ρ	0,05	0,14	- 0,19
СО	Н, м	5,69 \pm 0,79 / 7	8,60 \pm 0,20 / 3	6,95 \pm 0,28 / 13
	КПС	0,56	0,61	0,57
	ρ	0,17	-0,62	0,48

По общему количеству полученных деревьев у берёзы пушистой наблюдается явное преимущество, далее по сравнению с б. повислой: свободное опыление аллогамная – 10/3, аутогамная – 7/5, переходная – 13/25; самоопыление аллогамная – 7/6, аутогамная – 3/8, переходная – 13/17.

При анализе таблицы 3 видно, что контрастные по уровню самофертильности селекционные формы берёзы пушистой, аллогамная Б-18, аутогамная Б-12 и переходная Б-10 по количественным характеристикам существенно отличаются друг от друга. Особенно это заметно по при-

знаку роста в высоту. При свободном опылении получено 10 деревьев этого происхождения (Б-18), среднее значение составило 8,1 м, и это самый большой показатель среди из учетных форм, при альтернативном самоопылении – всего 5,7 м. Разница по этому признаку при разных типах скрещивания у аллогамной формы берёзы пушистой статистически достоверна ($t_b = 8,11 - 5,69 > t_{0,05} = 2,13$), так же, как и по сравнению с аутогамной селекционной формой у этого вида.

Данные аналогичных признаков у берёзы повислой представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднесемейные показатели высоты Н, КПС и с у семенного потомства селекционных форм берёзы повислой

Способы опыления	Признак	Берёза повислая, селекционные формы / n		
		С – 26	С – 54	С – 30
СВ	Н, м	8,02 + 0,62 / 3	5,25 + 0,62 / 5	7,72 + 0,23 / 25
	КПС	0,65	0,61	0,64
	ρ	0,4	- 0,25	0,09
СО	Н, м	6,10 + 1,75 / 6	7,36 + 0,54 / 8	7,78 + 0,25 / 17
	КПС	0,55	0,64	0,66
	ρ	1*	0,4	0,12

Потомство первой генерации берёзы повислой также дифференцировано по признаку самофертильности их материнских деревьев (С-26 – аллогамная, С-54 – аутогамная, С-30 – переходная форма) как между этими деревьями, так и по способу опыления. Так, у С-26 этот признак (8 м) достоверно различается от С-54, так и при самоопылении.

Заключение. В насаждениях из берёзы повислой в возрасте 26 лет при густоте создания 5714 шт/га сохранность породы выше на 5,6 %, высота – на 10, 8 % в вариантах с меньшей шириной создания (5,0 м). При уменьшении данного параметра на один ряд в искусственных биологических объектах отмечается повышение сохранности и высоты на 4,9 - 9,1 %. Наиболее лучшие насаждения в возрасте 35 лет по биометрическим показателям роста выявлены при первоначальной густоте создания 3333 шт/га. В возрасте 25 - 40 лет у берёзы повислой проявляется опущенный эффект. Отмечается превышение по высоте центральных рядов над опущенными на 9,5-18,9 % и наибольший диаметр в крайних рядах на 5,9 - 10,5% по сравнению с показателями средних рядов, что связано с физиологическими процес-

сами роста и развития.

Выявлена видовая и внутривидовая специфика между показателями высоты ствола (Н) и коэффициентом полноресности ствола (КПС). У потомства аутогамной формы берёзы пушистой при самоопылении отмечена тенденция к отрицательной зависимости между Н и КПС. Однако у аллогамной формы берёзы повислой выявлена прямая зависимость ($s = 1$), а у аутогамной формы берёзы пушистой – отрицательная корреляция.

При изучении фенотипической изменчивости нужно учитывать, что целостный фенотип сегодня рассматривается в качестве основного субстрата естественного отбора [16]. Конечной целью работы селекционера является фенотип дерева, результаты работы показывают, что перспективными деревьями для дальнейшей работы для сортовыведения и создания целевых плантаций могут быть деревья следующих селекционных категорий у обоих видов берёзы: самофертильные – Б-12, С-54, для них возможно получение чистых линий; Б-18, С-26 – для их семенного потомства возможно получение сортов-популяций.

Список источников

1. The effect of tree age, daily sap volume and date of sap collection on the content of minerals and heavy metals in silver birch (*Betula pendula* Roth) tree sap / P. Staniszewski, T. Moskalik, M. Bilek, W. Szwerc, R. Kocjan, R. Tomusiak, P. Osiak / PLOS ONE. 2020. Т. 15. № 12. doi: 10.1371/journal.pone.0244435
2. Skvortsov A.K. A new system of the genus *Betula* // Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologie. 2002;107:73-76.
3. Драгавцев В.А. Будущность генетико-селекционных технологий // Экономист. 1998. № 1. С. 22-24.

4. Фенотипическая и генетико-селекционная оценка березы повислой и березы пушистой *ex situ* и *in vitro* / И.Ю. Исаков, Т.М. Табацкая, Н.И. Внукова, О.С. Машкина, В.И. Михин, З. Говедар // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13. № 2 (50). С. 25–42. EDN: QPHGFM. doi: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/2
5. Козьмин А.В. Отбор и испытание плюсовых деревьев березы повислой для защитного лесоразведения // Генетико-селекционные основы улучшения лесов: сборник научных трудов НИИЛГиС. Воронеж, 1999. С. 176–184.
6. Системы защитных лесных насаждений в условиях Центрального Черноземья России / В.И. Михин, Е.А. Михина, Д.В. Михин, В.В. Михина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (научный журнал КубГАУ). 2016. № 10 (24). 10 с. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/10/pdf/21.pdf>.
7. Опыт лесной мелиорации в степных ландшафтах : монография / В.И. Турусов, А.А. Лепёхин, А.С. Чеканышкин. Воронеж: Истоки, 2017. 228 с.
8. Кузнецов А.П. Рост берёзы в зависимости от густоты посадки // Эрозия почв, защитное лесоразведение и урожай. Куйбышев, 1972. С. 172–178.
9. Лашков В.А. Рост и состояние берёзы повислой в полевых защитных насаждениях Саратовской области // Труды ВНИАЛМИ. 1988. № 3 (95). С. 97–113.
10. Шокин В.И. Особенности роста тополя и берёзы в полевых защитных полосах сухой степи // Биологические основы защитного лесоразведения в Западной Сибири. М.: Колос, 1983. С. 84–92.
11. Doddabasawa, Chittapur B.M., Murthy M.M. Traditional agroforestry systems and biodiversity // *Bangladesh Journal of Botany*. 2018. Vol. 47 (4). P. 927–930.
12. Felix G. F. [et al.] Enhancing agroecosystem productivity with woody perennials in semi-arid West Africa: a meta-analysis // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 640–641. Pp. 89–97.
13. Saint-Laurent D. [et al.] Habitat fragmentation and structure and composition of tree populations in an agroforestry landscape (southern Quebec, Canada) // *Agroforestry systems*. 2019. Vol. 92(6). Pp. 517–534.
14. Santos P.Z.F., Crouzeilles R., Sansevero J.B.B. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest // *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 433. P. 140–145.
15. Козьмин А.В. Сезонная динамика роста березы повислой разного географического происхождения // Лесоведение. 2002. № 5. С. 78–79.
16. Попов Е.Б., Драгавцев В.А., Малецкий С.И. Три кита эконики: Истоки и перспективы нового направления в общей биологии. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2020. 132 с.

References

1. Staniszewski P., Moskaliuk T., Bilek M., Szwerc W., Kocjan R., Tomusiak R., Osiak P. The effect of tree age, daily sap volume and date of sap collection on the content of minerals and heavy metals in silver birch (*Betula pendula* Roth) tree sap / *PLOS ONE*. 2020; Vol. 15. No. 12. doi: 10.1371/journal.pone.0244435
2. Skvortsov A. K. A new system of the genus *Betula*. *Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologii*. 2002;107:73-76.
3. Dragavtsev V.A. The future of genetic breeding technologies. *Economist*, 1998;1:22-24 (In Russ.)
4. Isakov I. Yu., Tabatskaya T.M., Vnukova N. I., Mashkina O.S., Mikhin V. I., Govedar Z. Phenotypic and genetic breeding evaluation silver birch (*Betula pendula* Roth) and downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) *ex situ* and *in vitro*. *Forestry Journal*. 2023;Vol.13.No2(50):25-42 (In Russ.). doi: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/25.
5. Kozmin A.V. Selection and testing of silver birch trees for protective afforestation. *Genetics and selection principles for forest improvement*. Proc. of Sci. article NIILGiS. Voronezh, 1999. Pp. 176–184 (In Russ.)
6. Mikhin V.I., Mikhina E.A., Mikhin D.V., Mikhina V.V. Systems of protective forest plantings in the conditions of the Central Chernozem Region of Russia. *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University (scientific journal of KubSAU)*. 2016;10(24):10 (In Russ.)
URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/10/pdf/21.pdf>.
7. Turusov V.I., Lepyokhin A.A., Chekanyshkin A.S. Experience of forest reclamation in steppe landscapes: monograph. Voronezh: Origins, 2017. 228 p. (In Russ.)
8. Kuznetsov A.P. Birch growth depending on planting density. *Soil erosion, protective afforestation and harvest*. Kuibyshev, 1972. Pp. 172–178 (In Russ.)
9. Lashkov V.A. Growth and condition of silver birch in field protective plantings of the Saratov region. *Proceedings of VNIALMI*. 1988;3(95):97-113 (In Russ.)
10. Shokin V. I. Features of the growth of poplar and birch in shelterbelts of the dry steppe. *Biological foundations of protective afforestation in Western Siberia*. M.: Kolos, 1983. Pp. 84–92 (In Russ.)
11. Doddabasawa., Chittapur B.M., Murthy M.M. Traditional agroforestry systems and biodiversity conservation. *Bangladesh Journal of Botany*. 2018;Vol.47(4): 927–930.
12. G.F. Felix [et al.] Enhancing agroecosystem productivity with woody perennials in semi-arid West Africa: a meta-analysis. *Science of the Total Environment*. 2018;Vol.640–641:89–97.

13. D. Saint-Laurent [et al.] Habitat fragmentation and structure and composition of tree populations in an agroforestry landscape (southern Quebec, Canada). *Agroforestry systems*. 2019;Vol.92(6):517–534 (In Russ.).
14. Santos P.Z.F., Crouzeilles R., Sansevero J.B.B. Can agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem service provision in agricultural landscapes? A meta-analysis for the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*. 2019;Vol.433:140–145.
15. Kozmin A.V. Seasonal dynamics of the growth of silver birch of different geographical origins. *Forest Science*. 2002;5:78-79.
18. Попов Е.В., Драгавтсев В.А., Маletzкий С.И. Три столпа экономики: Истоки и перспективы нового направления в общей биологии. St. Petersburg: Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2020. 132 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Вячеслав Иванович Михин – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесных культур, селекции и лесомелиорации;

Игорь Юрьевич Исаков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации;

Елена Александровна Михина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации.

Information about authors

Vyacheslav I. Mikhin – Doctor of Science (Agriculture), Head of the Chair of Forest Crops, Selection and Forest Reclamation;

Igor Yu. Isakov – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Forest Crops, Selection and Forest Reclamation;

Elena A. Mikhina – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Forest Crops, Selection and Forest Reclamation.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 02.04.2024; принята к публикации 09.04.2024.

The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 02.04.2024; accepted for publication 09.04.2024.