

Научная статья
УДК 630.232.329(571.1)
EDN SXRAQR
DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.08

Выращивание лесных культур сосны с закрытой корневой системой в условиях степи на юге Западной Сибири

Александр Анатольевич Маленко¹
доктор сельскохозяйственных наук

Александр Сергеевич Чичкарев²

Сергей Иванович Завалишин³
кандидат сельскохозяйственных наук

Алексей Анатольевич Малиновских⁴
кандидат биологических наук

Евгения Сергеевна Курсыкова⁵

Аннотация. Приведены результаты исследований по выращиванию лесных культур сосны с закрытой корневой системой в условиях Чупинского бора, расположенного в степной зоне Алтайского края. Установлено, что приживаемость сеянцев, сохранность и рост культур сосны с закрытой (ЗКС) и открытой (ОКС) корневыми системами зависят от лесопригодности почвы. Степная травянистая растительность является опасным конкурентом и оказывает негативное влияние на приживаемость и рост сосны. Посадки с широкими междурядьями зарастают многолетними злаковыми корневищными видами, а смыкание крон деревьев отодвигается почти на 20 лет. Снижать конкуренцию со стороны травянистой растительности следует регулярным проведением агротехнических уходов и регулированием густоты посадки. Устойчивость культур сосны с ЗКС обеспечивается формированием корневой системы стержневого типа. На черноземах обыкновенных с глубоким залеганием карбонатов сосна с ЗКС формирует стержневой корень, длина которого ограничивается глубиной залегания карбонатного горизонта. В особо засушливые годы в данных условиях искусственные насаждения страдают от засухи.

Ключевые слова: почвенный покров, сосна, закрытая корневая система, приживаемость сеянцев, сохранность культур, лесопригодность почвы.

Для цитирования: Маленко А.А., Чичкарев А.С., Завалишин С.И., Малиновских А.А., Курсыкова Е.С. Выращивание лесных культур сосны с закрытой корневой системой в условиях степи на юге Западной Сибири. – Текст: электронный // Лесохозяйственная информация. 2023. № 3. С. 103–116. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.08. <https://elibrary.ru/sxraqr>.

¹ Алтайский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой лесного хозяйства (Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация), malenko51@mail.ru

² Алтайский государственный аграрный университет, ассистент кафедры лесного хозяйства (Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация), Chichkarev94@mail.ru

³ Алтайский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой почвоведения и агрохимии (Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация), serg11zav@mail.ru

⁴ Алтайский государственный аграрный университет, доцент кафедры лесного хозяйства (Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация), almaa1976@yandex.ru

⁵ Алтайский государственный аграрный университет, аспирант кафедры лесного хозяйства (Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация), sinenko19@mail.ru

Original article

EDN SXRAQR

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.08

Growing Forest Crops of Pine With a Closed Root System in the Steppe in the South of Western Siberia

Aleksandr A. Malenko¹

Doctor of Agricultural Sciences

Aleksandr S. Chichkarev²

Sergej I. Zavalishin³

Candidate of Agricultural Sciences

Aleksej A. Malinovskih⁴

Candidate of Biological Sciences

Evgeniya S. Kursikova⁵

Annotation. The results of research on the cultivation of forest plantations of pine with a closed root system in the conditions of the Chupinsky pine forest, located in the steppe zone of the Altai Territory, are presented. It has been established that the survival rate of seedlings, the safety and growth of pine crops with a root-balled tree system depend on the forest suitability of the soil. Steppe herbaceous vegetation is a dangerous competitor and has a negative impact on survival and growth of pine. Plantings with wide aisles are overgrown with perennial cereal rhizomatous species, and the closing of tree crowns is delayed by almost 20 years. To reduce competition from herbaceous vegetation, regular agrotechnical maintenance and regulation of planting density should be carried out. The stability of pine crops with root-balled tree system is ensured by the formation of a rod-type root system. On ordinary black soils with deep carbonate occurrence, pine with root-balled tree system forms a taproot, the length of which is limited by the depth of the carbonate horizon. In especially dry years, under these conditions, artificial plantations suffer from drought and are partially upset. When creating forest plantations with bare root tree system and root-balled tree system, it is necessary to take into account the forest suitability of the soil.

Key words: soil cover, pine, root-balled tree system, survival rate of seedlings, safety of crops, forest suitability of soil

For citation: Malenko A., Chichkarev A., Zavalishin S., Malinovskih A., Kursikova E. Growing Forest Crops of Pine with a Closed Rootsystem in the Steppe in the South of Western Siberia. – Text : electronic // Forestry information. 2023. № 3. P. 103–116. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2023.3.08. <https://elibrary.ru/sxraqr>.

¹ Altai State Agricultural University, Head of the Department of Forestry (Barnaul, Altai Territory, Russian Federation), malenko51@mail.ru

² Altai State Agricultural University, Assistant of the Department of Forestry (Barnaul, Altai Territory, Russian Federation), Chichkarev94@mail.ru

³ Altai State Agricultural University, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry (Barnaul, Altai Territory, Russian Federation), serg11zav@mail.ru

⁴ Altai State Agricultural University, Associate Professor of the Department of Forestry (Barnaul, Altai Territory, Russian Federation), almaa1976@yandex.ru

⁵ Altai State Agricultural University, Postgraduate Student of the Department of Forestry (Barnaul, Altai Territory, Russian Federation), sinenko19@mail.ru

В лесном хозяйстве Алтайского края при выращивании искусственных лесных насаждений с использованием посадочного материала с открытой корневой системой (ОКС) больших проблем не возникало: его применение гарантировало высокую приживаемость и рост устойчивых высокопродуктивных древостоев. Только с 1983 по 2000 г. на землях лесного фонда края было создано около 190 тыс. га лесных культур [1].

С переходом на использование посадочного материала с закрытой корневой системой (ЗКС) столкнулись со сложностями, которые отразились на результатах лесокультурных работ. Возникшие осложнения и отсутствие достоверной информации о формировании лесных культур хвойных пород, созданных посадочным материалом с ЗКС, затрудняют проведение в регионе лесовосстановительных работ, предусмотренных нормативными документами [2].

Цель исследования – изучить приживаемость, сохранность и рост лесных культур сосны обыкновенной, а также развитие корней у сеянцев с закрытой корневой системой на почвах различной лесопригодности в условиях степи.

Материалы и методы исследований

Объекты исследований – культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные на землях лесного фонда Шипуновского лесничества (Управление лесами Алтайского края) и землях, вышедших из-под сельскохозяйственного использования, примыкающих к Чупинскому бору. Территориально лесничество относится к новому, недавно выделенному на Алтае, Новосибирскому району лесостепей и ленточных боров [3].

Чупинский бор представляет собой отдельный лесной массив, расположенный на расстоянии 70 км от южной границы ленточного бора. Известно, что в начале XVII в. его площадь составляла 8–10 тыс. га, а к началу 1950-х гг. в результате бессистемной антропогенной деятельности сократилась до 568 га. Во избежание негативных экологических последствий в бору

и на примыкающих к нему землях сельскохозяйственного назначения стали выращивать искусственные насаждения. Только с 1985 по 2021 г. здесь было заложено посадочным материалом с ОКС около 3,5 тыс. га лесных культур сосны, которые отличаются высокой устойчивостью и продуктивностью [4–6]. В течение последних 8 лет в бору было создано около 200 га лесных культур сосны, преимущественно сеянцами с ЗКС.

Согласно схеме природного районирования Алтайского края [7], территория Шипуновского лесничества относится к степной зоне, подзоне богаторазнотравно-типчаково-ковыльных степей. Климат – резко континентальный, среднегодовая температура воздуха +1,1 °С. Продолжительность вегетационного периода – 196 сут, безморозного периода – 125 сут. Среднегодовое количество осадков – 367 мм, из которых на апрель–июнь приходится 26,7 %. Коэффициент увлажнения – 0,4–0,5.

Наши исследования в Чупинском бору проведены в 2014–2022 гг. В их основу положен комплексный подход, включающий изучение почвы, живого напочвенного покрова и лесных культур сосны. В работе использованы апробированные методики, применяемые в лесокультурном производстве [8], метод пробных площадей (ПП) [9] и методические рекомендации [10]. Изучение почвенного покрова выполнено на полнопрофильных почвенных разрезах, охватывающих все генетические горизонты. Описание морфологического строения профиля почв, отбор образцов для изучения физико-химических свойств почв проведены общепринятыми методами [11–17].

Учет обилия и описание состояния растительного покрова, а также обработку данных осуществляли стандартными геоботаническими методами [18, 19]. Латинские и русские названия видов приведены по сводке «Флора Сибири» [20].

Подготовка лесокультурной площади осуществлялась плугом ПКЛ-70 на глубину 30–35 см, по схемам: 1) одиночными рядами с расстоянием между ними от 1,7 до 4,9 м и 2) парными рядами с шириной междурядий от 1,5 до 3,5 м и шириными междурядьями от 3,7 до 5,0 м, что определило разную исходную густоту посадочного материала.

Механизированную посадку сеянцев сосны 2-летнего возраста с открытой корневой системой (на ПП 1 и 2) и остальных культур, созданных с ЗКС 1-й ротации, осуществляли в дно плужной борозды с помощью МЛУ-1. Посадочный материал с ЗКС выращивали в Алтайском ЛССЦ в кассетах модели BBC SideSlit 81 (типа Plantek). Их внешние размеры – 38,5×38,5×8,5 см, размер ячейки – 4,1×4,1×8,5 см, количество ячеек – 81 шт., объем – 100 см³ каждая. Агротехнические уходы, а также дополнение культур не проводили.

Результаты и обсуждение

Изучение почвенного покрова в исследуемых лесных культурах выявило его неоднородность, а также различия на типовом уровне. На 9-ти пробных площадях было заложено 7 почвенных разрезов.

Разрез 1 (на ПП 1 и 2). Почва – чернозем выщелоченный среднемощный слабогумусированный песчаный. Разрез заложен на выровненном участке.

Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах слабокислая и близка к нейтральной, в средних и нижних – слабо- и среднещелочная. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 82 см, скопления гипса – с глубины 96 см.

Разрез 2 (ПП 5). Почва – чернозем обыкновенный среднемощный слабогумусированный супесчаный. Разрез заложен на выровненном участке, микрорельеф не выражен.

Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах нейтральная, в средних и нижних – среднещелочная. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 65 см.

Разрез 3 (ПП 3 и 4). Почва – чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный среднесуглинистый. Разрез заложен на пологом основании склона, микрорельеф не выражен.

Дерновый горизонт слаборазвит. Реакция почвенного раствора среднещелочная. Карбонаты в профиле почвы находятся близко

к поверхности. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 5 см.

Разрез 4 (ПП 6). Почва – чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный легкосуглинистый. Разрез заложен на выровненном участке, микрорельеф не выражен.

Реакция почвенного раствора среднещелочная. Карбонаты в профиле почвы находятся близко к поверхности. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 3 см, железистые выделения – с глубины 74 см.

Разрез 5 (ПП 7). Почва – погребенная серая лесная песчаная. Разрез заложен на выровненном участке, микрорельеф не выражен.

Погребенный гумусово-элювиальный горизонт находится на глубине 56 см. Почва слабогумусированная. Реакция почвенного раствора среднещелочная. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле не обнаружено. Железистые выделения отмечаются с глубины 139 см.

Разрез 6 (ПП 8). Почва – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный слабогумусированный супесчаный. Разрез заложен на бугре.

Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте нейтральная, вниз по профилю изменяется до среднещелочной, в нижней части профиля сильнощелочная. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 30 см.

Разрез 7 (ПП 9). Почва – навейная дерново-карбонатная супесчаная. Разрез заложен на увале.

Почва слабогумусированная. Реакция почвенного раствора в верхнем горизонте слабощелочная, вниз по профилю изменяется до среднещелочной, в горизонте ВС, при переходе к материнской породе, вновь изменяется до слабощелочной. Карбонаты в профиле почвы находятся близко к поверхности. Вскипание от 10 %-й HCl в профиле отмечается с глубины 6 см.

В целом почвы на обследуемых участках имеют неоднородный гранулометрический состав – от рыхлопесчаного до среднесуглинистого (табл. 1). В почвах разрезов 1, 3 и 4 по всему профилю преобладают крупные и средние фракции песка. Профиль почвы разреза 2 дифференцирован по

ТАБЛИЦА 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

ГЛУБИНА ОБРАЗЦА, СМ	СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИЙ, %							РН ВОДНАЯ	Гумус, %	Нг, МГ-ЭКВ/100 Г	S, МГ-ЭКВ/100 Г
	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	МЕНЕЕ 0,001	∑ ФРАКЦИЙ >0,001				
<i>Разрез 1. Чернозем выщелоченный среднесиловой слабогумусированный песчаный</i>											
3-26	50,61	30,5	11,6	2,32	1,84	3,12	7,28	5,2	2,4	1,94	13,2
26-43	50,01	31,75	7,96	2,48	3,48	4,32	10,28	5,4	0,7	1,06	7,8
43-82	51,70	27,46	9,96	1,76	3,88	5,24	10,88	5,7	-	0,68	11,6
82-96	55,7	27,46	7,44	1,64	3,56	4,20	9,4	7,7	-	0,23	9,4
>96	4,44	40,68	35,60	4,92	8,76	5,60	19,28	7,4	-	0,23	10,8
<i>Разрез 2. Чернозем обыкновенный среднесиловой слабогумусированный супесчаный</i>											
7-40	54,02	22,82	8,28	2,08	2,64	10,16	14,88	6,4	3,8	2,02	22,8
40-67	49,22	27,82	6,40	1,92	2,92	11,72	16,56	5,9	1,4	0,83	18,6
67-85	57,32	19,92	6,60	1,64	2,48	12,04	16,16	7,6	-	0,23	11,8
>85	58,09	20,71	6,08	1,80	2,56	10,76	15,12	8,0	-	0,23	11,6
<i>Разрез 3. Чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный среднесуглинистый</i>											
0-23	4,12	29,72	34,92	4,24	8,00	19,00	31,24	7,6	3,1	0,23	56,4
23-33	49,15	22,93	10,04	2,32	3,80	11,76	17,88	8,3	0,5	0,23	10,8
33-69	35,41	25,83	17,92	2,68	4,16	14,70	20,84	8,3	-	0,23	12,4
69-99	41,61	24,63	11,08	2,96	4,72	15,0	22,68	8,7	-	0,23	9,6
>99	39,84	21,92	17,48	2,44	3,96	14,36	20,76	8,5	-	0,23	8,4
<i>Разрез 4. Чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный легкосуглинистый</i>											
4-18	38,83	25,81	14,56	2,96	2,60	15,24	20,80	7,7	2,1	0,27	58,2
18-29	16,18	47,58	17,48	2,32	6,24	10,20	18,76	7,6	1,4	0,23	4,6
29-78	72,48	18,92	2,40	0,72	1,60	3,88	6,20	7,9	-	0,23	8,2
>78	61,27	30,77	3,28	0,96	1,00	2,72	4,68	8,1	-	0,23	3,8
<i>Разрез 5. Погребенная серая лесная песчаная</i>											
8-37	48,38	37,74	10,04	1,04	1,08	1,72	3,84	8,1	0,4	0,73	3,8
37-56	53,97	35,59	5,96	1,04	1,68	1,76	4,48	7,7	0,6	0,78	0,8
56-71	51,44	39,00	3,84	1,16	1,88	2,68	5,72	7,3	-	1,06	10,2
71-93	50,42	33,26	10,44	1,40	1,72	2,76	5,88	7,2	-	0,85	7,2
93-119	51,78	33,14	9,92	1,68	1,60	1,88	5,16	7,3	-	0,55	5,4
>119	54,87	34,09	5,56	1,84	1,52	2,12	5,48	7,3	-	0,47	3,4
<i>Разрез 6. Чернозем обыкновенный карбонатный среднесиловой слабогумусированный супесчаный</i>											
8-12	22,96	45,96	15,04	3,04	3,36	6,64	13,04	3,4	6,5	-	-
20-30	22,76	44,52	21,12	2,84	2,28	6,48	11,6	4,2	6,6	-	-
45-51	21,63	44,53	18,44	3,48	4,16	7,76	15,40	3,7	7,1	-	-
90-97	25,21	43,59	9,04	2,04	5,36	14,76	22,16	-	-	-	-
<i>Разрез 7. Навейная дерново-карбонатная супесчаная</i>											
6-16	60,48	21,56	4,72	0,08	3,92	9,24	13,24	5,4	0,7	-	-
16-25	51,31	34,89	5,16	1,24	1,6	5,8	8,64	7,3	0,8	-	-
25-34	54,92	28,6	4,6	1,52	1,84	8,52	11,88	8,0	-	-	-
70-100	62,02	31,06	0,4	0,4	1,32	4,8	6,52	7,7	-	-	-

гранулометрическому составу. Верхний горизонт имеет более тяжелый гранулометрический состав по сравнению с нижележащими горизонтами и другими обследуемыми почвами. В этом горизонте снижается доля крупного песка и значительно увеличивается доля пыли и ила, что вызывает уплотнение почвы.

Все почвы характеризуются невысоким содержанием гумуса в верхних горизонтах (от 0,4 до 3,8 %). Реакция среды верхних горизонтов почв варьирует от нейтральной до среднещелочной. Вниз по профилю почв pH почвенного раствора в черноземах увеличивается, в серых лесных почвах, наоборот, снижается.

Таким образом, почвенный покров представлен черноземами обыкновенными, погребенной серой лесной и дерново-карбонатной почвами, которые относятся к разным таксационным единицам и обладают неодинаковыми свойствами, что способствует созданию разнообразных условий для произрастания травянистой растительности, приживаемости лесных культур и роста лесных биоценозов.

Травянистая растительность при выращивании лесных культур может оказывать как положительное (защита почв от эрозии, создание микроклимата, накопление гумуса),

так и отрицательное (корневая конкуренция, задержание почвы) влияние на древесные растения. Видовой состав травянистых фитоценозов указывает на условия местопроизрастания, прежде всего на свойства и характеристики почвы (табл. 2).

Почвенные различия на участках с лесными культурами сосны оказывают влияние не только на рост и развитие древесных растений, но и на формирование живого напочвенного покрова из травянистых растений. На большинстве исследованных участков (ПП 1–5) преобладает вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) – многолетний длиннокорневищный злак. Это растение предпочитает почвы легкого гранулометрического состава и за счет системы разветвленных корневищ разрастается в междурядьях и на опушках создаваемых посадок. Вейник образует чистые или смешанные с другими травянистыми видами сообщества, в составе которых присутствуют степные, луговые и сорные виды. На суглинистых и более гумусированных почвах к вейнику примешивается ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), полынь холодная (*Artemisia frigida* Willd.), на почвах легкого гранулометрического состава – колосняк кистистый (*Leymus racemosus* ssp. *crassinervius* (Kar.&Kir.)Tzvelev),

Таблица 2. Краткая характеристика фитоценозов в лесных культурах сосны обыкновенной разной густоты и сохранности

№ ПП	Количество видов, абс. ед.	Общее проективное покрытие, %	Средняя высота травяного яруса, см	Преобладающие виды растений
1	15–20	80–90	60–80	<i>Bromus inermis</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Stipa capillata</i> .
2	15–20	80–90	60–80	
3	20–24	35–100	40	<i>Calamagrostis sepigeios</i> , <i>Stipa capillata</i>
4	23–26	45–100	42	<i>Calamagrostis epigeios</i>
5	10–20	80–100	50	<i>Calamagrostis sepigeios</i> , <i>Stipa pennata</i> ssp. <i>sabulosa</i>
6	22–25	90–100	55	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Stipa capillata</i>
7	20–30	75–90	50	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Artemisia frigida</i>
8	7–15	80–100	50	<i>Leymus racemosus</i> ssp. <i>crassinervius</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i>
9	20–25	90–100	55	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Stipa capillata</i>

Примечание. ПП 1 и 2 – лесные культуры сосны с ОКС.

качим метельчатый (*Gypsophila paniculata* L.), лапчатка длиннолистная (*Potentilla longifolia* Willd. Ex Schldl.) и др.

Большая часть растений в сообществах относится к не требовательным по отношению к влаге видам – ксерофитам и мезоксерофитам. На отдельных участках с более высоким увлажнением нами отмечены небольшие по площади сообщества с участием мезофитов – пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa* L.) и др. В изученных фитоценозах отсутствуют облигатные галофиты, однако встречаются факультативные галофиты – вейник наземный, виды полыни, латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey) и др. Это подтверждает присутствие карбонатов в почвенном профиле изучаемых участков (ПП 1, 2, 4, 6, 7). Таким образом, в междурядьях культур сосны формируются вторичные луговые, разнотравно-луговые и лугово-степные травянистые фитоценозы, характерные для степной природной зоны Западной Сибири.

Исследования показали, что лесные культуры сосны с открытой и закрытой корневыми

системами на почвах, обладающих неодинаковыми свойствами, сильно различаются по сохранности растений в 7–8-летнем возрасте. Так, сосны с ОКС на черноземе выщелоченном (ПП 1 и 2) имеют худшую сохранность, чем культуры с ЗКС на черноземе обыкновенном (ПП 5 и 8), погребенной серой лесной песчаной (ПП 7) и навейной дерново-карбонатной супесчаной (ПП 9) почвах. Самая низкая сохранность культур сосны с ЗКС (28,3 и 43,5 %) зафиксирована на черноземе обыкновенном карбонатном (ПП 3 и 4) из-за наличия карбонатов кальция в верхнем корнеобитаемом слое почвы (табл. 3).

Осенний учет показал высокую приживаемость семян сосны в первый год роста (табл. 4), которая составила: у семян с ОКС – 72,2–74,6 %, у семян с ЗКС – 70,3–79,6 % (при плановой приживаемости для этих условий – 65 %). Исключение представляют семена сосны с ЗКС, высаженные на черноземе обыкновенном карбонатном маломощном слабогумусированном среднесуглинистом (ПП 3 и 4).

Гибель семян в разной степени (1,6–9,6 %) происходила на всех пробных площадях и на

Таблица 3. Характеристика лесных культур сосны, созданных посадочным материалом с открытой и закрытой корневой системой

Посадочный материал/ПП	№ разреза	Почва	Схема посадки, м	Возраст, лет	Густота, тыс. шт./га		Сохранность, %
					исходная	текущая	
ОКС/1	1	Чернозем выщелоченный среднеспособный слабогумусированный песчаный	1,7×0,8	7	7,3	4,4	60,3
ОКС/2			4,6–1,5×0,7	8	4,5	2,85	63,3
ЗКС/3	3	Чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный среднесуглинистый	4,9×0,9	7	2,3	0,65	28,3
ЗКС/4			4,9×0,9	7	2,3	1,00	43,5
ЗКС/5	2	Чернозем обыкновенный среднеспособный слабогумусированный супесчаный	4,6–3,5×0,8	7	3,47	2,45	70,6
ЗКС/6	4	Чернозем обыкновенный карбонатный маломощный слабогумусированный легкосуглинистый	5,0–2,0×0,8	7	3,6	1,94	53,9
ЗКС/7	5	Погребенная серая лесная песчаная	3,7–2,2×1,0	8	3,6	2,65	73,6
ЗКС/8	6	Чернозем обыкновенный карбонатный среднеспособный слабогумусированный	3,8×1,1	8	2,4	1,7	70,8
ЗКС/9	7	Навейная дерново-карбонатная супесчаная	4,4×1,0	7	4,0	2,9	72,5

Таблица 4. Приживаемость сеянцев и сохранность лесных культур сосны, созданных различным посадочным материалом

№ ПП	Посадочный материал	Приживаемость, %, в возрасте, лет			Сохранность, %, в возрасте, лет				
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ОКС	72,2	64,4	60,3	60,3	60,3	60,3	60,3	–
2	ОКС	74,6	66,8	63,3	63,3	63,3	63,3	63,3	63,3
3	ЗКС	40,2	32,7	30,1	29,8	28,8	28,3	28,3	–
4	ЗКС	57,8	51,4	47,8	45,5	43,5	43,5	43,5	–
5	ЗКС	79,6	75,1	70,6	70,6	70,6	70,6	70,6	–
6	ЗКС	70,3	60,7	55,7	53,9	53,9	53,9	53,9	–
7	ЗКС	79,2	77,6	73,6	73,6	73,6	73,6	73,6	73,6
8	ЗКС	78,2	74,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8
9	ЗКС	78,8	74,8	72,5	72,5	72,5	72,5	72,5	–

второй год роста. В большинстве случаев отмирание сосны завершилось на третий год роста, за исключением культур, созданных на почвах, содержащих в верхнем корнеобитаемом слое (3–5 см) карбонаты (ПП 3 и 4). Сохранность культур с ОКС в 5-летнем возрасте приближается к нормативной (60 % – согласно шкале нормативной приживаемости по лесничествам Алтайского края). В культурах с ЗКС этот показатель остается выше нормативного (70,6–73,6 %) на лесопригодных почвах (ПП 5, 7, 9) и ниже нормативного на лесонепригодных почвах на ПП 3 и 4 (28,8–43,5 %) [21]. Сохранность культур сосны на ПП 8 остается временно высокой (70,8 %), несмотря на лесонепригодность почвы.

Травянистая растительность, более приспособленная к данным условиям, составила конкуренцию сосновым культурам в борьбе за влагу и питательные вещества в почве, что отразилось не только на приживаемости сеянцев, но и на их росте в течение первых 3-х лет после посадки. Заметное увеличение прироста сосны в высоту с 4–5-летнего возраста свидетельствует о снижении степени влияния травостоя на культуры. Изначально наиболее интенсивный рост сосны в высоту отмечен в культурах с ОКС (ПП 2) и культурах с ЗКС на ПП 8 и 5 (табл. 5).

В целом рост культур сосны характеризуется закономерным увеличением диаметра и высоты деревьев с возрастом, достигая наибольших

значений в 8-летних культурах, созданных сеянцами с ОКС (ПП 2) и с ЗКС (ПП 7 и 8) (табл. 6). Самые низкие значения имеют культуры сосны на черноземе обыкновенном карбонатном (ПП 3 и 4), здесь же отмечается наибольшее количество деревьев сосны, не достигших высоты 1,3 м.

В степном лесоразведении процесс смыкания крон имеет большое значение для развития лесного ценоза, способного успешно конкурировать с окружающими коренными степными ассоциациями. В противном случае создаваемое искусственное сообщество распадается, и восстанавливаются степные формации [22, 23].

Исследования показали, что у сосновых культур 7–8-летнего возраста сформировались кроны, равные или незначительно отличающиеся по диаметру и имеющие округлую или слаборазличимую эллипсоидную форму, длинная сторона которых ориентирована поперек ряда. При расстоянии между деревьями в ряду 0,7–1,1 м и ширине междурядий 1,5–2,0 м ветви деревьев соприкасаются друг с другом. При более широких междурядьях (2,2–5,0 м) этого не происходит. Сомкнутость крон (отношение площади крон к площади участка) достигает наибольшего значения (0,42–0,66) в культурах с наибольшей густотой (ПП 1, 2 и 7). В культурах с широкими междурядьями и небольшой густотой сомкнутость крон составляет от 6 до 20 % площади участка. Сомкнутость полога

Таблица 5. Прирост сосны по высоте с возрастом культур, м

№ ПП	Посадочный материал	Прирост культур сосны по высоте, м, в возрасте, лет (М ± м)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	ОКС	0,16 ±0,003	0,11 ±0,009	0,29 ±0,007	0,17 ±0,007	0,24 ±0,012	0,51 ±0,007	0,56 ±0,011	–
2	ОКС	0,20 ±0,002	0,27 ±0,005	0,33 ±0,009	0,29 ±0,009	0,43 ±0,012	0,50 ±0,014	0,70 ±0,013	0,58 ±0,019
3	ЗКС	0,18 ±0,003	0,13 ±0,006	0,22 ±0,007	0,25 ±0,01	0,24 ±0,013	0,34 ±0,018	0,43 ±0,024	–
4	ЗКС	0,19 ±0,003	0,11 ±0,004	0,20 ±0,008	0,24 ±0,008	0,29 ±0,011	0,29 ±0,014	0,46 ±0,018	–
5	ЗКС	0,15 ±0,003	0,10 ±0,004	0,25 ±0,008	0,25 ±0,006	0,30 ±0,009	0,70 ±0,011	0,85 ±0,010	–
6	ЗКС	0,10 ±0,002	0,15 ±0,003	0,24 ±0,007	0,26 ±0,005	0,51 ±0,008	0,50 ±0,013	0,55 ±0,012	–
7	ЗКС	0,10 ±0,001	0,20 ±0,003	0,25 ±0,007	0,30 ±0,003	0,45 ±0,006	0,56 ±0,010	0,52 ±0,010	0,64 ±0,01
8	ЗКС	0,10 ±0,005	0,15 ±0,004	0,30 ±0,005	0,40 ±0,004	0,45 ±0,004	0,60 ±0,005	0,70 ±0,009	0,69 ±0,01
9	ЗКС	0,16 ±0,001	0,16 ±0,002	0,30 ±0,003	0,25 ±0,003	0,29 ±0,003	0,29 ±0,006	0,47 ±0,010	–

Таблица 6. Биометрические показатели роста культур сосны

№ ПП	№ разреза	Посадочный материал	Возраст, лет	Густота текущая, тыс. шт./га	Диаметр стволика, см		Высота, м	Доля деревьев, не достигших высоты 1,3 м, %
					на корневой шейке	на высоте 1,3 м		
1	1	ОКС	7	4,40	5,2±0,01	2,5±0,01	2,04±0,03	7,4
2		ОКС	8	2,85	6,5±0,01	4,3±0,01	3,31±0,01	–
3	3	ЗКС	7	0,65	4,7±0,06	2,2±0,03	1,79±0,02	23,8
4		ЗКС	7	1,00	4,8±0,01	2,3±0,01	1,78±0,02	30,8
5	2	ЗКС	7	2,45	5,2±0,01	2,5±0,01	2,6±0,01	–
6	4	ЗКС	7	1,94	5,2±0,02	2,5±0,01	2,31±0,01	–
7	5	ЗКС	8	2,65	6,7±0,02	3,5±0,01	3,02±0,01	–
8	6	ЗКС	8	1,70	7,9±0,01	5,0±0,02	3,36±0,01	–
9	7	ЗКС	7	2,90	4,8±0,02	2,2±0,01	1,92±0,09	1,5

(отношение площади крон к площади участка за минусом площади перекрытия крон) изменяется в той же закономерности, что и сомкнутость крон (табл. 7).

Коэффициент перекрытия крон имеет наибольшее значение (1,3 ед.) в 8-летних культурах с ЗКС (ПП 7) из-за наличия двух деревьев в одном посадочном месте, суммарная площадь

перекрытий крон которых превышает площадь основного полога древостоя. В культурах сосны с ОКС и ЗКС коэффициент перекрытия крон, находящийся в пределах 0,23–0,44, характеризует состояние древесного полога, при котором не происходит массовое отмирание хвои на нижних ветвях в возрасте исследований из-за хорошего бокового освещения.

Таблица 7. Показатели древесного полога в культурах сосны

№ ПП	Возраст, лет	Схема посадки, м	Густота текущая, тыс. шт./га	Диаметр кроны, м		Сомкнутость крон, ед.	Сомкнутость полога, ед.	Коэффициент перекрытия
				вдоль ряда	поперёк ряда			
<i>Культуры сосны с ОКС</i>								
1	7	1,7×0,8	4,4	0,9±0,002	0,9±0,003	0,44	0,35	0,28
2	8	4,6–1,5×0,7	2,85	1,2±0,004	1,4±0,004	0,42	0,29	0,44
<i>Культуры сосны с ЗКС</i>								
3	7	4,9×0,9	0,65	1,0±0,004	1,0±0,005	0,06	0,06	0
4	7	4,9×0,9	1,00	1,0±0,014	1,0±0,013	0,19	0,12	0,03
5	7	4,6–3,5×0,8	2,45	1,0±0,003	1,1±0,004	0,20	0,17	0,23
6	7	5,0–2,0×0,8	1,94	1,0±0,008	1,0±0,009	0,16	0,12	0,31
7	8	3,7–2,2×1,0	2,65	1,2±0,003	1,3±0,03	0,66	0,28	1,35
8	8	3,8×1,1	1,7	0,98±0,003	1,0±0,005	0,36	0,33	0,10
9	7	4,4×1,0	2,9	0,92±0,004	0,96±0,004	0,17	0,17	0

В целом лесные культуры по состоянию сомкнутости полога древесного полога являются несомкнувшимися, поскольку проекция полога в них не соответствует показателю (80 %), установленному Ф.М. Золотухиным [24]. Редкостойным лесным культурам со значениями коэффициента перекрытия от 0 до 0,1 свойственно наличие широких, хорошо освещенных межполосных коридоров, интенсивно заросших многолетними злаковыми корневищными видами – кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leyss.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), которые на протяжении 18–20 лет сменяются вторичной разнотравно-ковыльной растительностью – ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.). В таком состоянии посадки представляют повышенную пожарную опасность.

Изучение корневых систем сосны в лесных культурах, созданных механизированной посадкой семян с ОКС и ЗКС, показало на отсутствие деформации корней. В условиях Чупинского бора у сосны, выращенной из семян с открытой и закрытой корневыми системами на лесопригодных почвах (черноземы выщелоченные и обыкновенные, погребенная серая лесная и дерново-карбонатная), формируется поверхностно-стержневая корневая система, способствующая хорошему росту устойчивых лесных насаждений.

На черноземах обыкновенных с глубоким залеганием карбонатов у сосны с ЗКС образуется стержневой корень, длина которого ограничивается глубиной залегания карбонатного горизонта, что снижает устойчивость сосны к засухам. При поверхностном залегании карбонатов на этих лесопригодных почвах формируется поверхностная корневая система, что увеличивает вероятность отпада деревьев уже в молодом возрасте.

Выводы

Приживаемость семян и рост культур сосны, созданных с закрытой корневой системой в условиях степи, зависят от почвенного покрова, обладающего разными лесорастительными свойствами. Высокая приживаемость семян, сохранность культур и интенсивный рост сосны отмечаются на лесопригодных почвах (черноземы обыкновенные, погребенная серая лесная и дерново-карбонатная). Степная травянистая растительность является опасным конкурентом для сосны, и ее влияние следует снижать путем регулирования густоты посадки и своевременными агротехническими уходами. В противном случае хорошо освещенные междурядья культур будут заняты многолетними злаковыми корневищными видами на срок до 18–20 лет, пока не

произойдет смыкание крон деревьев. На устойчивость культур сосны с ЗКС оказывает влияние корневая система стержневого типа. На черноземах обыкновенных с глубоким залеганием карбонатов сосна с ЗКС формирует стержневой корень, длина которого ограничивается глубиной

залегания карбонатного горизонта. В особо засушливые годы в данных условиях искусственные насаждения страдают от засухи и частично расстраиваются. При создании лесных культур с ОКС и ЗКС необходимо учитывать лесопригодность почвы.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20-34-90038*

Список источников

1. Лесовосстановление на Алтае / Е.Г. Парамонов, Я.Н. Ишутин, В.А. Саета, М.В. Ключников, А.А. Маленко. – Барнаул : изд-во Дельта, 2000. – 312 с.
2. Об утверждении Правил осуществления лесовосстановления или лесоразведения в случае, предусмотренном частью 4 статьи 63-1 Лесного кодекса Российской Федерации, о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 7 мая 2019 г. № 566 и внесении изменения в перечень нормативных правовых актов и групп нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации, нормативных правовых актов, отдельных положений нормативных правовых актов и групп нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти, правовых актов, отдельных положений правовых актов, групп правовых актов исполнительных и распорядительных органов государственной власти РСФСР и Союза ССР, решений Государственной комиссии по радиочастотам, содержащих обязательные требования, в отношении которых не применяются положения частей 1, 2 и 3 статьи 15 Федерального закона «Об обязательных требованиях в Российской Федерации». Постановление Правительства Российской Федерации от 18.05.2022 № 897 // Официальный интернет-портал правовой информации. – Режим доступа: URL: <http://actual.pravo.gov.ru/text.html#pnum=0001202205200025> (дата обращения: 31.08.2023).
3. О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». Утверждено приказом Минприроды России от 19.02.2019 № 105 // Официальный интернет-портал правовой информации. – Режим доступа: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201904050022> (дата обращения: 31.08.2023).
4. Чичкарев, А.С. Формирование лесных культур сосны на темно-серых лесных почвах Чупинского бора / А.С. Чичкарев, А.А. Маленко, В.С. Мишустин // От биопродуктов к биоэкономике : матер. IV междунар. науч.-практич. конф. (Барнаул, 23–24 сентября 2021). – Барнаул : АГУ, 2021. – С. 96–98.
5. Чичкарев, А.С. Рост и формирование культур сосны в Чупинском бору / А.С. Чичкарев, В.С. Мишустин // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2. – С. 31–34.
6. Чичкарев, А.С. Формирование культур сосны на дерново-карбонатных почвах Чупинского бора / А.С. Чичкарев, А.А. Маленко, Д.Е. Баженов // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. матер. XVI междунар. научн.-практ. конф. – Барнаул : РИО АГАУ, 2021. – Т. 1. – С. 303–304.
7. Природное районирование Алтайского края. Труды особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения / Под общей ред. А.Н. Розанова и Н.И. Базилевича. – Москва : изд-во АН СССР, 1958. – 209 с.
8. Огиевский, В.В. Обследование и исследование лесных культур / В.В. Огиевский, А.А. Хиров. – Ленинград : ЛТА, 1967. – 50 с.
9. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые, метод закладки. – 59 с.
10. Основы фитомониторинга : учебное пособие / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотева, А.Г. Магасумова. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2011. – 89 с.
11. Классификация и диагностика почв СССР. – Москва : Колос, 1977. – 224 с.
12. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. – Москва : Колос, 1973. – 94 с.
13. ГОСТ 12536–2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
14. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.
15. ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества.

16. ГОСТ 26212–2021. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.
17. ГОСТ 17.4.4.01. Охрана природы. Почвы. Методы определения емкости катионного обмена
18. Понятовская, А.А. Учет обилия и характера размещения растений в сообществах / А.А. Понятовская // Полевая геоботаника. – Т. 3. – Москва-Ленинград : Наука, 1964. – С. 209–285.
19. Миркин, Б.М. Фитоценология. Принципы и методы / Б.М. Миркин, Г.С. Розенберг. – Москва : Наука, 1978. – 212 с.
20. Флора Сибири. – Новосибирск : Наука, 1987–2003. – С. 1–14.
21. Об утверждении Руководства по ведению хозяйства в насаждениях гослесополос. Приказ Федеральной службы лесного хозяйства России от 21.03.1996 № 43 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/9018061> (дата обращения: 31.08.2023).
22. Вдовенко, П.Н. К вопросу взаимодействия сосны и травянистой растительности в культурах ленточных боров Прииртышья / П.Н. Вдовенко // Леса и древесные породы Северного Казахстана: Ботанические исследования. – Ленинград : Наука, 1974. – С. 122–126.
23. Сидоров, В.А. Рост и состояние культур березы в Северном Казахстане на почвах различной лесопригодности / В.А. Сидоров, Я.А. Фрикель // Лесное хозяйство и агромелиорация в Казахстане : научные труды. – Вып. IX. – Алма-Ата : Кайнар, 1975. – С. 130–142.
24. Золотухин, Ф.М. Сравнительный анализ роста сосновых молодняков естественного и искусственного происхождения / Ф.М. Золотухин // Лесное хозяйство. – 1966. – № 2. – С. 30–33.

References

1. Lesovosstanovlenie na Altae / E.G. Paramonov, Ya.N. Ishutin, V.A. Saeta, M.V. Klyuchnikov, A.A. Malenko. – Barnaul : izd-vo Del'ta, 2000. – 312 s.
2. Ob utverzhdenii Pravil osushchestvleniya lesovosstanovleniya ili lesorazvedeniya v sluchae, predusmotrennom chast'yu 4 stat'i 63-1 Lesnogo kodeksa Rossijskoj Federacii, o priznanii utrativshim silu postanovleniya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 7 maya 2019 g. № 566 i vnesenii izmeneniya v perechen' normativnyh pravovyh aktov i grupp normativnyh pravovyh aktov Pravitel'stva Rossijskoj Federacii, normativnyh pravovyh aktov, otдел'nyh polozhenij normativnyh pravovyh aktov i grupp normativnyh pravovyh aktov federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti, pravovyh aktov, otдел'nyh polozhenij pravovyh aktov, grupp pravovyh aktov ispolnitel'nyh i rasporyaditel'nyh organov gosudarstvennoj vlasti RSFSR i Soyuza SSR, reshenij Gosudarstvennoj komissii po radiochastotam, sodержashchih obyazatel'nye trebovaniya, v otnoshenii kotoryh ne primenyayutsya polozheniya chastej 1, 2 i 3 stat'i 15 Federal'nogo zakona «Ob obyazatel'nyh trebovaniyah v Rossijskoj Federacii». Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 18.05.2022 № 897 // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. – Rezhim dostupa: URL: <http://actual.pravo.gov.ru/text.html#pnun=0001202205200025> (data obrashcheniya: 31.08.2023).
3. O vnesenii izmenenij v prikaz Ministerstva prirodnyh resursov i ekologii Rossijskoj Federacii ot 18.08.2014 № 367 «Ob utverzhdenii Perechnya lesorastitel'nyh zon Rossijskoj Federacii i Perechnya lesnyh rajonov Rossijskoj Federacii». Utverzhdeno prikazom Minprirody Rossii ot 19.02.2019 № 105» // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. – Rezhim dostupa: URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201904050022> (data obrashcheniya: 31.08.2023).
4. Chichkarev, A.S. Formirovanie lesnyh kul'tur sosny na temno-seryh lesnyh pochvah Chupinskogo bora / A.S. Chichkarev, A.A. Malenko, V.S. Mishustin // Ot bioproductov k bioekonomike : mater. IV mezhdunar. nauchn.-praktich. konf. (Barnaul, 23–24 sentyabrya 2021). – Barnaul : AGU, 2021. – S. 96–98.
5. Chichkarev, A.S. Rost i formirovanie kul'tur sosny v Chupinskom boru / A.S. Chichkarev, V.S. Mishustin // Vestnik molodezhnoj nauki Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 2. – S. 31–34.

6. Chichkarev, A.S. Formirovanie kul'tur sosny na dernovo-karbonatnyh pochvah Chupinskogo bora / A.S. Chichkarev, A.A. Malenko, D.E. Bazhenov // Agrarnaya nauka – sel'skomu hozyajstvu : sb. mater. XVI mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. – Barnaul : RIO AGAU, 2021. – T. 1. – S. 303–304.
7. Prirodnoe rajonirovanie Altajskogo kraja. Trudy osoboj kompleksnoj ekspedicii po zemlyam novogo sel'skohozyajstvennogo osvoeniya / Pod obshchej red. A.N. Rozanova i N.I. Bazilevicha. – Moskva : izd-vo AN SSSR, 1958. – 209 s.
8. Ogievskij, V.V. Obsledovanie i issledovanie lesnyh kul'tur / V.V. Ogievskij, A.A. Hirov. – Leningrad : LTA, 1967. – 50 s.
9. OST 56-69–83. Probnye ploshchadi lesoustroitel'nye, metod zakladki. – 59 s.
10. Osnovy fitomonitoringa : uchebnoe posobie / N.P. Bun'kova, S.V. Zalesov, E.A. Zoteeva, A.G. Magasumova. – Ekaterinburg : Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet, 2011. – 89 s.
11. Klassifikacija i diagnostika pochv SSSR. – Moskva : Kolos, 1977. – 224 s.
12. Obshchesoyuznaya instrukcija po pochvennym obsledovaniyam i sostavleniyu krupnomasshtabnyh pochvennyh kart zemlepol'zovanij. – Moskva : Kolos, 1973.– 94 s.
13. GOST 12536–2014. Grunty. Metody laboratornogo opredeleniya granulometricheskogo (zernovogo) i mikroagregatnogo sostava.
14. GOST 26423–85 Pochvy. Metody opredeleniya udel'noj elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoj vytyazhki.
15. GOST 26213–2021. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva.
16. GOST 26212–2021. Pochvy. Opredelenie gidroliticheskoy kislotnosti po metodu Kappena v modifikacii CINA0.
17. GOST 17.4.4.01. Ohrana prirody. Pochvy. Metody opredeleniya emkosti kationnogo obmena
18. Ponyatovskaya, A.A. Uchet obiliya i haraktera razmeshcheniya rastenij v soobshchestvah / A.A. Ponyatovskaya // Polevaya geobotanika. – T. 3. – Moskva-Leningrad : Nauka, 1964. – S. 209–285.
19. Mirkin, B.M. Fitocenologiya. Principy i metody / B.M. Mirkin, G.S. Rozenberg. – Moskva : Nauka, 1978. – 212 s.
20. Flora Sibiri. – Novosibirsk : Nauka, 1987–2003. – S. 1–14.
21. Ob utverzhdenii Rukovodstva po vedeniyu hozyajstva v nasazhdeniyah goslesopolos. Prikaz Federal'noj sluzhby lesnogo hozyajstva Rossii ot 21.03.1996 № 43 // Elektronnyj fond pravovyh i normativno-tehnicheskikh dokumentov. – Rezhim dostupa: URL: <https://docs.cntd.ru/document/9018061> (data obrashcheniya: 31.08.2023).
22. Vdovenko, P.N. K voprosu vzaimodejstviya sosny i travyanistoj rastitel'nosti v kul'turah lentochnyh borov Priirtysh'ya / P.N. Vdovenko // Lesa i drevesnye porody Severnogo Kazahstana: Botanicheskie issledovaniya. – Leningrad : Nauka, 1974. – S. 122–126.
23. Sidorov, V.A. Rost i sostoyanie kul'tur berezy v Severnom Kazahstane na pochvah razlichnoj lesoprignosti / V.A. Sidorov, Ya.A. Frikkel' // Lesnoe hozyajstvo i agromelioraciya v Kazahstane : nauchnye trudy. – Vyp. IX. – Alma-Ata : Kajnar, 1975. – S. 130–142.
24. Zolotuhin, F.M. Sravnitel'nyj analiz rosta sosnovyh molodnyakov estestvennogo i iskusstvennogo proiskhozhdeniya / F.M. Zolotuhin // Lesnoe hozyajstvo. – 1966. – № 2. – S. 30–33.