

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ, АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИЯ, ОЗЕЛЕНЕНИЕ,
ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ И ТАКСАЦИЯ / FORESTRY, FORESTRY, FOREST CROPS, AGROFORESTRY,
LANDSCAPING, FOREST PYROLOGY AND TAXATION

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.2>

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Научная статья

Данченко М.А.^{1,*}, Кабанов А.Н.², Зенкова Ж.Н.³, Сперанский Н.И.⁴, Жолохов Я.А.⁵, Реутова Н.А.⁶

¹ ORCID : 0000-0002-5974-9556;

² ORCID : 0000-0002-3199-543X;

³ ORCID : 0000-0002-3776-9935;

⁴ ORCID : 0009-0000-7098-2626;

⁵ ORCID : 0009-0008-0747-6438;

⁶ ORCID : 0009-0004-5121-4436;

^{1, 3, 4, 5, 6} Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация

² Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства им. А.Н. Букейхана, Щучинск, Казахстан

* Корреспондирующий автор (mtd2005[at]yandex.ru)

Аннотация

Проведено исследование по выявлению наиболее эффективного биостимулятора, позволяющего получить стандартный посадочный материал сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Объектом исследования являлись 1-2-летние сеянцы сосны обыкновенной выращенные в лесном питомнике. Были опробованы следующие биостимуляторы: Борная кислота, «Карбамид + суперфосфат», «Кемира-универсал 2», «Байкал», «Циркон», «Экстрасол», «Гумат + 7», «Байкал+Трихоцин», «Гумат + Трихоцин», «Биосил», «Фитоспорин», «EM EKO KZ Культуры», «Карбамид + суперфосфат + ЭридГроу». В первой половине мая 2018 года был проведён посев семян сосны обыкновенной, с предпосевной обработкой стимуляторами роста. На 2-й год проводили замеры, измеряли линейкой и взвешивали для получения следующих показателей: длина стволика, длина корня, масса сырого стволика, масса сырого корня, масса сухого стволика и масса сухого корня в соответствии с ГОСТ. В ходе исследования было выявлено, что применение Фитоспорина и «EM EKO KZ Культуры» с предварительным вымачиванием семян в препарате Циркон целесообразно для выращивания стандартного посадочного материала сеянцев сосны обыкновенной.

Ключевые слова: биостимулятор, лесной питомник, сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), стандартный посадочный материал, Фитоспорин, Борная кислота, Карбамид суперфосфат.

APPLICATION OF BIOSTIMULANTS FOR THE CULTIVATION OF SCOTS PINE SEEDLINGS

Research article

Danchenko M.A.^{1,*}, Kabanov A.N.², Zenkova Z.N.³, Speranskii N.I.⁴, Zholokhov Y.A.⁵, Reutova N.A.⁶

¹ ORCID : 0000-0002-5974-9556;

² ORCID : 0000-0002-3199-543X;

³ ORCID : 0000-0002-3776-9935;

⁴ ORCID : 0009-0000-7098-2626;

⁵ ORCID : 0009-0008-0747-6438;

⁶ ORCID : 0009-0004-5121-4436;

^{1, 3, 4, 5, 6} Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

² A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan

* Corresponding author (mtd2005[at]yandex.ru)

Abstract

A study was conducted to identify the most effective biostimulant to obtain standard planting material of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). The research object was 1-2-year-old seedlings of Scots pine grown in a nursery forest. The following biostimulants were tested: Boric acid, "Urea + superphosphate", "Kemira-Universal 2", "Baikal", "Zircon", "Ekstrosol", "Humate + 7", "Baikal + Trichocin", "Humate + Trichocin", "Biosil", "Phytopsporin", "EM EKO KZ Cultures", "Urea + superphosphate + EridGrow". In the first half of May 2018, sowing of Scots pine seeds was carried out, with pre-sowing treatment with growth stimulants. In the 2nd year, measurements were made, weighed and measured with a ruler to obtain the following indicators: trunk length, root length, raw trunk weight, raw root weight, dry trunk weight and dry root weight in accordance with GOST. During the course of the study, it was found that the use of Phytopsporin and "EM Eco KZ Cultures" with preliminary soaking of seeds in Zircon drug is appropriate for the cultivation of standard planting material of Scots pine seedlings.

Keywords: biostimulant, nursery forest, *Pinus sylvestris* L., standard planting material, Phytopsporin, Boric acid, Urea superphosphate.

Введение

Выращивание леса является длительным и трудоёмким процессом, где необходимо учитывать множество факторов, в числе которых наличие питательных веществ и содержание гумуса, оптимальная влажность воздуха и почвы, освещенность и температура, сезонность и др. [4]. Одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются специалисты лесного хозяйства, является низкая грунтовая всхожесть семян хвойных пород, вследствие чего завышаются нормы высева [11], [21].

В настоящее время в лесном хозяйстве активно используются биостимуляторы. Это вещества, являющиеся стимуляторами или ингибиторами роста и развития любого растения [20], [22]. Исследования стимуляторов роста, применяемых в сельском хозяйстве, продемонстрировали высокую эффективность их применения. Семена, предварительно обработанные препаратами, отличались высокими показателями лабораторной и грунтовой всхожести [5], [12], [19].

Результаты проведённых исследований показали, что применение стимуляторов роста позволяют повысить устойчивость сеянцев к болезням и вредителям, ускорить их рост и развитие, за счёт чего значительно повышается эффективность использования такого посадочного материала в процессе искусственного лесоразведения и восстановления леса [7], [17], [18].

Научные разработки последних лет показали, что применение биостимуляторов целесообразно при выращивании сеянцев и саженцев ценных хвойных пород, в числе которых сосна обыкновенная. Предпосевная обработка семян способствует повышению всхожести, последующая внекорневая подкормка позволяет защитить всходы от полегания и вредителей, а корневая ускоряет дальнейший рост [2], [3], [13], [14].

На сегодняшний день активно ведется испытание новых биостимуляторов, что также является одной из актуальных задач в современном лесном хозяйстве. Подбор эффективных стимуляторов роста, повышающих грунтовую всхожесть семян и последующую сохранность всходов, позволит получить качественный посадочный материал и снизить затраты на его выращивание.

Цель данных исследований – изучение возможности использования биостимуляторов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях резко-континентального климата, подзоны сухих степей на примере Павлодарской обл. (Республика Казахстан).

Методы и принципы исследования

Объектом исследования являлись 1-2-летние сеянцы сосны обыкновенной выращенные в лесном питомнике Шалдайского филиала Государственного лесного природного резервата (ГЛПР) «Ертіс орманы» в Павлодарской области. Опытные работы проводились в 2018-2022 гг.

Питомник расположен в зоне Западно-Сибирской климатической области умеренного пояса с резко-континентальным климатом. Климат характеризуется засушливым весенне-летним периодом и холодным зимним. Также было отмечено недостаточное количество осадков в течении первого года исследований (320 мм).

Перед посевом семена сосны обыкновенной были обработаны биостимулятором Циркон, путем замачивания в водном растворе на 3 и 6 часов. После этого, семена были промыты в проточной воде и высушены в тени, избегая попадания прямых солнечных лучей. Высушенные семена обрабатывались различными биостимуляторами роста. Контролем служил вариант, где семена не подвергались какой-либо обработке.

Были опробованы следующие биостимуляторы: Борная кислота, «Карбамид + суперфосфат», «Кемира-универсал 2», «Байкал», «Циркон», «Экстрасол», «Гумат + 7», «Байкал+Трихоцин», «Гумат + Трихоцин», «Биосил», «Фитоспорин», «ЕМ Еко KZ Культуры», «Карбамид + суперфосфат + ЭридГроу».

В первой половине мая 2018 года был проведён посев семян сосны обыкновенной, с предпосевной обработкой стимуляторами роста. До посева в почву были внесены минеральные удобрения. Варианты опытов закладывались в 3-х кратной повторности площадками 1 на 2 метра с 6-ти строчной системой посева.

На 2-й год проводили замеры, измеряли линейкой и взвешивали, по показателям длины стволика, длины корня, масса сырого стволика, масса сырого корня, масса сухого стволика и масса сухого корня. Предполагалось, что обработка семян стимуляторами роста позволит частично или полностью решить проблему подготовки стандартного посадочного материала.

Результаты прорастания и всхожести определялись в соответствии с ГОСТ 13056.6–97 на 7-й и 15-й день наблюдений [15].

Оценку морфологических показателей стандартного посадочного материала для двухлетних сеянцев проводили в соответствии с ГОСТ Р 58004-2017 [16].

Приживаемость сеянцев была сопоставима по всем применяемым биостимуляторам и колебалась в пределах 90%, поэтому фактор приживаемости не учитывался в ходе математической и статистической обработки данных.

Для оценки существенности влияния стимуляторов на рост и развитие сеянцев проверялась гипотеза о разнице Δ между средними морфологическими показателями двухлетних сеянцев ($Ср_{см}$), семена которых подвергались обработке стимуляторами, со $Ср_{контроль}$ средним контрольной группы против односторонней альтернативы, где константа $\Delta > 0$ задаётся исследователем [8], [9].

Достоверность различий средних значений определяли с помощью t -критерия Стьюдента. При больших объемах наблюдений или нормальности исходных данных статистика t имеет t -распределение Стьюдента с количеством степеней свободы [1], [9].

Проверка гипотезы H_0 осуществлялась с помощью двух выборочного t -теста с разными дисперсиями. Заметим, что указанный тест применим, т.к. практически все рассматриваемые данные подчиняются нормальному распределению, что подтверждено с помощью критериев Шапиро-Уилка (ШУ) и д'Агостино-Пирсона (АП) на уровнях значимости p -value [8], приведёнными в таблице 1.

Для выбора наилучшего стимулятора при учёте множества критериев, использовался метод расчёта одного интегрального показателя, так называемого суперкритерия или линейной свёртки [10].

Основные результаты

В работе рассматривалось влияние 4 стимуляторов на следующие морфологические показатели двухлетних сеянцев сосны обыкновенной: диаметр (D), длина стволика ($ДлСт$), длина корня ($ДлК$), масса сырого стволика ($МСт$), масса сырого корня ($МК$), масса сухого стволика ($МСС$) и масса сухого корня ($МСК$), а также доля двухлетних растений, высота которых больше 10 см. ($ДВ$). В таблице 1 указаны соответствующие значения достигнутых уровней значимости p -value указанных выше критериев проверки нормальности. В строках с заголовком « p t-кр.» приведены значения достигнутых уровней значимости p -value при проверке гипотез о соответствующих значениях Δ . Если указывалась $\Delta < 0$, то это значит, что контрольный показатель превышает показатель сеянца, подвергнутого обработке стимулятором. Объем выборочной совокупности обозначен как N , несмещенная оценка среднеквадратического отклонения – СКО, критерии Шапиро-Уилка – ШУ и д'Агостино-Пирсона – АП.

Таблица 1 - Описательная статистика исследуемых показателей

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.2.1>

Стимулятор	Показатель	D , см	$ДлСт$, см.	$ДлК$, см.	$МСт$, г.	$МК$, г.	$МСС$, г.	$МСК$, г.	$ДВ$, доля	
Борная кислота (БК)	Среднее	0,190	9,041	16,568	1,618	0,299	0,719	0,160	0,460	
	Медиана	0,195	8,750	15,950	1,420	0,300	0,670	0,155		
	Мин	0,110	5,800	12,500	0,340	0,060	0,130	0,020		
	Макс	0,250	14,100	23,600	2,850	0,500	1,250	0,310		
	СКО	0,031	2,015	3,069	0,733	0,110	0,303	0,072		
	N	22	22	22	22	22	22	22	22	50
	АП	0,102	0,350	0,004	0,600	0,382	0,496	0,806	–	
	ШУ	0,001	0,414	0,003	0,599	0,063	0,320	0,645	–	
	Δ	0,000	–3,400	–2,500	–0,500	–0,070	–0,200	0,000	–	
	p t-кр.	0,002	0,059	0,070	0,053	0,054	0,057	0,309	–	
Карбамид суперфосфат Эридгроу (КСЭ)	Среднее	0,187	9,720	17,160	1,526	0,282	0,637	0,148	0,340	
	Медиана	0,190	9,450	17,000	1,550	0,285	0,665	0,140		
	Мин	0,130	7,200	12,000	0,720	0,150	0,29	0,080		
	Макс	0,210	12,600	22,500	2,440	0,490	1,000	0,240		
	СКО	0,020	1,319	3,089	0,567	0,078	0,232	0,041		
	N	20	20	20	20	20	20	20	20	50
	АП	0,115	0,414	0,185	0,699	0,434	0,701	0,142	–	
	ШУ	0,001	0,477	0,001	0,626	0,073	0,529	0,246	–	
	Δ	0,000	–2,500	–2,000	–0,500	–0,080	–0,25	–0,03	–	
	p t-кр.	0,001	0,077	0,064	0,088	0,059	0,083	0,066	–	
Фитоспорин (Ф)	Среднее	0,270	12,695	22,370	4,718	0,858	1,585	0,378	0,660	
	Медиана	0,260	13,100	22,400	3,955	0,760	1,375	0,360		
	Мин	0,150	8,500	17,100	1,520	0,340	0,440	0,090		
	Макс	0,350	16,400	27,100	9,080	1,450	3,380	0,710		
	СКО	0,060	2,283	2,349	2,039	0,301	0,714	0,157		
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	50
	АП	0,025	0,001	0,007	0,711	0,58	0,537	0,491	–	
	ШУ	0,042	0,002	0,001	0,550	0,275	0,572	0,288	–	
	Δ	0,130	2,000	5,500	2,500	0,650	1,100	0,250	–	
	p t-кр.	0,119	0,091	0,124	0,304	0,088	0,083	0,300	–	
ЕМ Еко KZ	Среднее	0,190	10,384	21,186	2,257	0,425	0,880	0,208	0,840	

Культуры (ЕМ)	Медиа на	0,200	11,000	21,500	1,890	0,430	0,760	0,180	50	
	Мин	0,150	1,260	16,800	0,960	0,200	0,340	0,100		
	Макс	0,250	13,200	24,500	3,950	0,780	1,690	0,400		
	СКО	0,028	2,558	2,071	0,954	0,168	0,396	0,080		
	<i>N</i>	21	21	21	21	21	21	21		
	АП	0,001	0,001	0,103	0,52	0,658	0,557	0,534		–
	ШУ	0,001	0,001	0,001	0,38	0,234	0,549	0,612		–
	Δ	0,040	0,000	4,500	1,000	0,150	0,340	0,100		–
	<i>p t</i> -кр.	0,189	0,045	0,070	0,070	0,230	0,052	0,050		–
Контроль (К)	Среднее	0,158	11,545	17,773	1,695	0,310	0,743	0,149	0,800	
	Медиа на	0,150	11,200	17,800	1,490	0,300	0,655	0,140		
	Мин	0,1	8,5	12,8	0,630	0,1	0,26	0,04		
	Макс	0,21	14,9	26	4,430	0,66	2,05	0,36		
	СКО	0,032	1,685	2,637	0,929	0,130	0,408	0,078		
	<i>N</i>	22	22	22	21	22	22	22		
	АП	0,005	0,001	0,064	0,008	0,009	0,824	0,001		–
	ШУ	0,002	0,001	0,001	0,028	0,028	0,734	0,005		–

Заметим, что по сравнению с контрольной группой практически по всем средним показателям лидируют два стимулятора: Фитоспорин и «ЕМ Еко KZ Культуры»; первый показал отставание в 17,5% по показателю *ДВ* – доля двухлетних растений, высота которых больше 10 см, от контрольного варианта. На рисунке 1 показана доля двухлетних растений, высота которых больше 10 см.

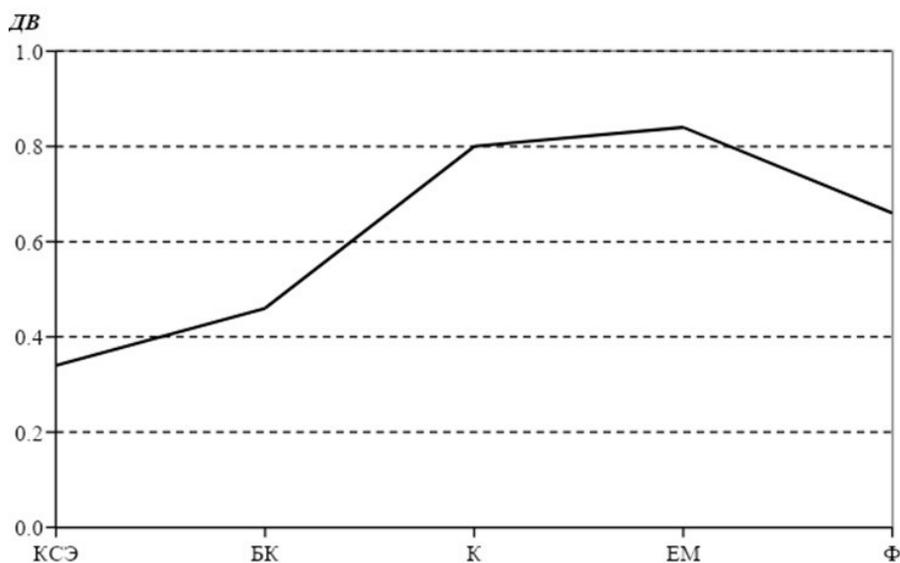


Рисунок 1 - Доля двухлетних растений, высота которых больше 10 см (*ДВ*)

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.2.2>

Можно отметить, что «Борная кислота» и «Карбамид + суперфосфат + ЭридГроу» в среднем не приводят к улучшению морфологических показателей растений (все $\Delta \leq 0$), в то время как Фитоспорин и «ЕМ Еко KZ Культуры» дали очень значимый прирост, практически удвоив средние контрольные показатели.

Для определения лучшего стимулятора с учётом всех рассматриваемых показателей (критериев) строился суперкритерий, при этом все рассматриваемые критерии взвешивались на коэффициенты, размерность которых обратно пропорциональна размерности взвешиваемого критерия. Все весовые коэффициенты в сумме должны составлять единицу. В итоге получаем безразмерный показатель, который позволяет выявить лучшее в интегральном смысле.

Для нашей задачи, когда рассматриваются восемь различных однонаправленных критериев, предлагается наибольший вес 0,3 придать критерию *ДВ* – доля двухлетних растений, высота которых больше 10 см. В таблице 2

приведены значения весовых коэффициентов, а также расчёт значений суперкритериев по средним показателям для каждого стимулятора.

Таблица 2 - Значения весовых коэффициентов, а также расчёт значений суперкритериев

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.44.2.3>

Показатель	<i>D</i> , см	<i>ДлСт</i> , см.	<i>ДлК</i> , см.	<i>МСт</i> , г.	<i>МК</i> , г.	<i>МСС</i> , г.	<i>МСК</i> , г.	<i>ДВ</i> , см	Суперкритерий
Весы и размерность	0,1, 1/мм.	0,1, 1/мм.	0,1, 1/мм.	0,1, 1/г.	0,1, 1/г.	0,1, 1/г.	0,1, 1/г.	0,3, 1/мм.	
Карбамид суперфосфат ЭридГроу (КСЭ)	0,019	0,972	1,716	0,153	0,028	0,064	0,015	0,102	3,068
Борная кислота (БК)	0,019	0,904	1,657	0,162	0,030	0,072	0,016	0,138	2,997
Контроль (К)	0,016	1,155	1,777	0,169	0,031	0,074	0,015	0,240	3,477
ЕМ Еко КЗ Культуры (ЕМ)	0,019	1,038	2,119	0,226	0,043	0,088	0,021	0,252	3,805
Фитоспорин (Ф)	0,027	1,270	2,237	0,472	0,086	0,159	0,038	0,198	4,485

Суперкритерий позволяет сделать вывод о том, что в большей степени стимулирующим рост эффектом обладал Фитоспорин, несмотря на то, что по показателю *ДВ* он проигрывает контрольной группе. Отметим также, что Фитоспорин сохраняет свои лидирующие позиции при любом значении весового коэффициента *ДВ*.

Заключение

В ходе исследования были выявлены семена с низкими показателями интенсивности роста, что не соответствует нормам выращивания стандартного посадочного материала. Большая часть вариантов применения биостимуляторов по сравнению с контрольной группой проявляли себя как явные ингибиторы роста и были исключены из дальнейшего математического анализа. К ним относятся следующие варианты: предпосевное внесение в почву – «Карбамид + суперфосфат», замачивание семян в стимуляторах – «Кемира-универсал 2», «Байкал», «Экстрасол», «Гумат + 7», «Байкал+Трихоцин», «Гумат + Трихоцин», «Биосил». Не исключено, что на данные результаты повлияла дозировка используемых препаратов и время замачивания семян.

В меньшей степени ингибирующий рост эффект проявили: «Карбамид + суперфосфат + ЭридГроу» и предпосевное внесение в почву Борной кислоты. Явным стимулирующим рост эффектом обладали: «ЕМ Еко КЗ Культуры» и Фитоспорин.

Примечательно, что Фитоспорин является биофунгицидом, а «ЕМ Еко КЗ Культуры» активатором и стимулятором роста, в то время, как Борная кислота и «Карбамид + суперфосфат + ЭридГроу» являются активаторами.

В результате статистической обработки наибольший эффект по супер-критерию был выявлен у биофунгицида Фитоспорин, тем не менее он уступает «ЕМ Еко КЗ Культуры» по доле двухлетних растений, высота которых больше 10 см.

Таким образом можно сделать вывод о том, что применение Фитоспорина и «ЕМ Еко КЗ Культуры» с предварительным вымачиванием семян в препарате Циркон целесообразно для выращивания семян сосны обыкновенной.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Айвазян С. А. Прикладная статистика. Основы эконометрики : учебник для вузов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. — Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 656 с.
2. Андреева Е. М. Влияние стимуляторов роста природного происхождения на проростки хвойных пород / Е. М. Андреева, С. К. Стеценко, А. В. Кучин и др. // Лесотехнический журнал. — 2016. — № 3. — С. 10–18.
3. Бусов Л. В. Эффективность применения стимулятора роста корней при выращивании семян кедрового (Pinus koraiensis siebold et Zucc.) в Приморском крае / Л. В. Бусов, Р. Ю. Акимов, В. В. Острошенко // Аграрный вестник Приморья. — 2019. — № 1. — С. 59–64.
4. Веретенников А. В. Физиология растений : учебник для вузов / А. В. Веретенников. — Москва : Академический Проект, 2020. — 480 с.
5. Кабанова С. А. Опыт интенсивного выращивания однолетних семян сосны обыкновенной в Павлодарской области Республики Казахстан / С. А. Кабанова, М. А. Данченко, И. С. Кочегаров и др. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2019. — № 6. — С. 104–117.
6. Кабанова С. А. Применение стимуляторов для предпосевной обработки семян сосны обыкновенной в ленточных борах Прииртышья / С. А. Кабанова, М. А. Данченко // Лесной вестник. — 2019. — № 6. — С. 13–19.
7. Кириенко М. А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность семян главных лесобразующих видов Средней Сибири / М. А. Кириенко, И. А. Гончарова // Сибирский лесной журнал. — 2016. — № 1. — С. 39–45. DOI: 10.15372/SJFS20160104
8. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников : учебное пособие / А. И. Кобзарь. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 816 с.
9. Колде Я. К. Практикум по теории вероятностей и математической статистике: учебно-методическое пособие / Я. К. Колде. — Москва : Высшая школа, 1991. — 157 с.
10. Ногин В. Д. Линейная свертка критериев в многокритериальной оптимизации / В. Д. Ногин // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2014. — № 4. — С. 73–81.
11. Проказин Н. Е. Влияние биостимуляторов и микроудобрений на рост семян хвойных пород / Н. Е. Проказин, Е. Н. Лобанова // Лесохозяйственная информация. — 2013. — № 2. — С. 9–15.
12. Пентелькина Н. В. Стимулирующее действие циркона на рост семян хвойных интродуцентов / Н. В. Пентелькина, Ю. С. Пентелькина // Лесной вестник. — 2002. — № 2. — С. 24–28.
13. Остробородова Н. И. Влияние регуляторов роста на биологические свойства сосны обыкновенной / Н. И. Остробородова, О. И. Уланова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2014. — № 1. — С. 33–37.
14. Устинова Т. С. Выращивание семян сосны обыкновенной с использованием стимулятора Эпин-экстра / Т. С. Устинова, С. С. Ченцов // Актуальные проблемы лесного комплекса. — 2013. — № 37. — С. 26–28.
15. ГОСТ 13056.6–97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести: межгосударственный стандарт. — Введ. 1997-11-21. — Москва : ИПК Издательство стандартов, 1998. — 28 с.
16. ГОСТ Р 58004-2017. Лесовосстановление. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации. — Введ. 2017-11-28. — Москва : Стандартинформ, 2018. — 31 с.
17. Kabanova S. A. Regional Risks of Artificial Forestation in the Steppe Zone of Kazakhstan (case study of the green belt of Astana) / S. A. Kabanova, Z. N. Zenkova, M. A. Danchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2018. — № 211(1). — P. 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012055
18. Kabanova S. A. Selection of Scots Pine Seedling Growth Stimulants in Extreme Conditions of the Northern Kazakhstan Steppe Zone / S. A. Kabanova, W. Musoni, Z. N. Zenkova et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 611. — P. 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/611/1/012039
19. Ostroshenko V. Yu. Influence of Growth Stimulators on Germination Energy and Ability of Scots Pine Seeds (Pinus sylvestris L.) / V. Yu. Ostroshenko, V. V. Ostroshenko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2018. — № 9(1). — P. 529–535.
20. Salaš P. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators / P. Salaš, H. Sasková, J. Mokričková et al. // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. — 2013. — № 60(8). — P. 217–228. DOI: 10.11118/actaun201260080217
21. Shchukin R. A. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System / R. A. Shchukin, O. E. Bogdanov, I. P. Zavoloka et al. // BIO Web of Conferences. — 2020. — № 23. — P. 01009. DOI: 10.1051/bioconf/20202301009
22. Yakhin O. I. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective / O. I. Yakhin, A. A. Lubyaynov, I. A. Yakhin et al. // Front. Plant Sci. — 2017. — № 7. — P. 2049. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049

Список литературы на английском языке / References in English

1. Ajvazjan S. A. Prikladnaja statistika. Osnovy ekonometriki : uchebnik dlja vuzov [Applied Statistics. Fundamentals of Econometrics : textbook for universities] / S. A. Ajvazjan, V. S. Mhitarjan. — Moskva : JuNITI-DANA, 2001. — 656 p. [in Russian]
2. Andreeva E. M. Vlijanie stimulyatorov rosta prirodnoho proishozhdenija na prorostki hvojnih porod [The Influence of Growth Stimulants of Natural Origin on Sprouts of Coniferous Species] / E. M. Andreeva, S. K. Stetsenko, A. V. Kuchin et al. // Lesotekhnicheskij zhurnal [Forestry Journal]. — 2016. — № 3. — P. 10–18. [in Russian]
3. Busov L. V. Effektivnost' primenenija stimulyatora rosta kornevin pri vyraschivanii sejantsev kedra korejskogo (*Pinus koraiensis* siebold et Zucc.) v Primorskom krae [The Effectiveness of Using a Root Growth Stimulator When Growing Korean Pine Seedlings (*Pinus koraiensis* siebold et Zucc.) in the Primorsky Territory] / L. V. Busov, R. Ju. Akimov, V. V. Ostroshenko // Agrarnyj vestnik Primor'ja [Agrarian Bulletin of Primorye]. — 2019. — № 1. — P. 59–64. [in Russian]
4. Veretennikov A. V. Fiziologija rastenij : uchebnik dlja vuzov [Plant Physiology : a textbook for universities] / A. V. Veretennikov. — Moscow : Academic Project, 2020. — 480 p. [in Russian]
5. Kabanova S. A. Opyt intensivnogo vyraschivaniya odnoletnih sejantsev sosny obyknovennoj v Pavlodarskoj oblasti Respubliki Kazahstan [Experience of Intensive Cultivation of Annual Scots Pine Seedlings in the Pavlodar Region of the Republic of Kazakhstan] / S. A. Kabanova, M. A. Danchenko, I. S. Kochegarov et al. // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal [News of Higher Educational Institutions. Forest Magazine]. — 2019. — № 6. — P. 104–117. [in Russian]
6. Kabanova S. A. Primenenie stimulyatorov dlja predposevnoj obrabotki semjan sosny obyknovennoj v lentochnyh borah Priirtysh'ja [Application of Stimulants for Pre-sowing Treatment of Scots Pine Seeds in Belt Forests of the Irtysh Region] / S. A. Kabanova, M. A. Danchenko // Lesnoj vestnik [Forest Bulletin]. — 2019. — № 6. — P. 13–19. [in Russian]
7. Kirienko M. A. Vlijanie kontsentratsii stimulyatorov rosta na gruntovuju vschozhest' semjan i sohrannost' sejantsev glavnyh lesoobrazujuschieh vidov Srednej Sibiri [The Influence of the Concentration of Growth Stimulants on the Soil Germination of Seeds and the Safety of Seedlings of the Main Forest-forming Species of Central Siberia] / M. A. Kirienko, I. A. Goncharova // Sibirskij lesnoj zhurnal [Siberian Forest Journal]. — 2016. — № 1. — P. 39–45. DOI: 10.15372/SJFS20160104 [in Russian]
8. Kobzar' A. I. Prikladnaja matematicheskaja statistika. Dlja inzhenerov i nauchnyh rabotnikov: uchebnoe posobie [Applied Mathematical Statistics. For engineers and scientists: textbook] / A. I. Kobzar'. — Moskva : FIZMATLIT, 2012. — 816 p. [in Russian]
9. Kolde Ja. K. Praktikum po teorii verojatnostej i matematicheskoi statistike: uchebno-metodicheskoe posobie [Workshop on Probability Theory and Mathematical Statistics: educational manual] / Ja. K. Kolde. — Moscow : Higher School, 1991. — 157 p. [in Russian]
10. Nogin V. D. Linejnaja svertka kriteriev v mnogokriterial'noj optimizatsii [Linear Convolution of Criteria in Multicriteria Optimization] / V. D. Nogin // Iskusstvennyj intellekt i prinjatje reshenij [Artificial Intelligence and Decision Making]. — 2014. — № 4. — P. 73–81. [in Russian]
11. Prokazin N. E. Vlijanie biostimulyatorov i mikroudobrenij na rost sejantsev hvojnih porod [The Influence of Biostimulants and Microfertilizers on the Growth of Coniferous Seedlings] / N. E. Prokazin, E. N. Lobanova // Lesohozjajstvennaja informacija [Forestry Information]. — 2013. — № 2. — P. 9–15. [in Russian]
12. Pentel'kina N. V. Stimulirujushee dejstvie tsirkona na rost sejantsev hvojnih introdutsentov [The Stimulating Effect of Zircon on the Growth of Seedlings of Coniferous Introducements] / N. V. Pentel'kina, Ju. S. Pentel'kina // Forest Bulletin. — 2002. — № 2. — P. 24–28. [in Russian]
13. Ostroborodova N. I. Vlijanie reguljatorov rosta na biologicheskie svojstva sosny obyknovennoj [Influence of Growth Regulators on the Biological Properties of Scots Pine] / N. I. Ostroborodova, O. I. Ulanova // XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastojashhego pljus [21st Century: Results of the Past and Problems of the Present Plus]. — 2014. — № 1. — P. 33–37. [in Russian]
14. Ustinova T. S. Vyraschivanie sejantsev sosny obyknovennoj s ispol'zovaniem stimulyatora Epin-ekstra [Growing Scots Pine Seedlings Using the Epin-extra Stimulator] / T. S. Ustinova, S. S. Chentsov // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa [Current Problems of the Forestry Complex]. — 2013. — № 37. — P. 26–28. [in Russian]
15. GOST 13056.6–97. Semena derev'ev i kustarnikov. Metod opredelenija vschozhesti: mezhgosudarstvennyj standart [GOST 13056.6–97. Seeds of trees and shrubs. Method for determining germination: interstate standard]. — Introd. 1997-11-21. — Moscow : IPK Standards Publishing House, 1998. — 28 p. [in Russian]
16. GOST R 58004-2017. Lesovosstanovlenie. Tehnicheskie uslovija: natsional'nyj standart Rossijskoj Federatsii [GOST R 58004-2017. Reforestation. Technical conditions: national standard of the Russian Federation]. — Introd. 2017-11-28. — Moscow : Standartinform, 2018. — 31 p. [in Russian]
17. Kabanova S. A. Regional Risks of Artificial Forestation in the Steppe Zone of Kazakhstan (case study of the green belt of Astana) / S. A. Kabanova, Z. N. Zenkova, M. A. Danchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2018. — № 211(1). — P. 012055. DOI: 10.1088/1755-1315/211/1/012055
18. Kabanova S. A. Selection of Scots Pine Seedling Growth Stimulants in Extreme Conditions of the Northern Kazakhstan Steppe Zone / S. A. Kabanova, W. Musoni, Z. N. Zenkova et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — № 611. — P. 012039. DOI: 10.1088/1755-1315/611/1/012039
19. Ostroshenko V. Yu. Influence of Growth Stimulators on Germination Energy and Ability of Scots Pine Seeds (*Pinus sylvestris* L.) / V. Yu. Ostroshenko, V. V. Ostroshenko // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2018. — № 9(1). — P. 529–535.
20. Salaš P. Evaluation of Different Types of Rooting Stimulators / P. Salaš, H. Sasková, J. Mokričková et al. // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. — 2013. — № 60(8). — P. 217–228. DOI: 10.11118/actaun201260080217

21. Shchukin R. A. Biotechnological Basis for Application of Growth Regulators for Rooting of Green Cuttings of Trees and Shrubs in a Greenhouse with a Misting System / R. A. Shchukin, O. E. Bogdanov, I. P. Zavoloka et al. // *BIO Web of Conferences*. — 2020. — № 23. — P. 01009. DOI: 10.1051/bioconf/20202301009

22. Yakhin O. I. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective / O. I. Yakhin, A. A. Lubyaynov, I. A. Yakhin et al. // *Front. Plant Sci.* — 2017. — № 7. — P. 2049. DOI: 10.3389/fpls.2016.02049