

ISSN 1029-8940 (Print)
ISSN 2524-230X (Online)
УДК 630*433.3
<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-473-488>

Поступила в редакцию 10.07.2019
Received 10.07.2019

В. П. Шуканов, И. А. Машкин, Л. А. Корытько, Е. В. Мельникова, С. Н. Полянская

*Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД ПРИ ОБРАБОТКЕ РОСТРЕГУЛИРУЮЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Аннотация. Статья посвящена изучению эффективности применения агротехнических приемов, основанных на комплексном использовании новых отечественных регуляторов роста, макро- и микроудобрений, для повышения качества и устойчивости посадочного материала хвойных пород к болезням и неблагоприятным факторам среды.

В рамках выполненной работы изучена возможность применения регуляторов роста Экосил Микс, Экосил Плюс, нанопрепарата Наноплант и их смесей с параллельным внесением в почву Карбамида. Для этого проведен ряд лабораторных исследований и заложены опытно-производственные объекты на сеянцах и саженцах сосны и ели в постоянных питомниках ГЛХУ «Молодечненский лесхоз» и ГЛХУ «Кличевский лесхоз».

В результате лабораторных исследований выявлено положительное влияние рострегулирующих веществ на основе препарата Экосил на начальное развитие сеянцев сосны и ели после предпосевной обработки. Внекорневые обработки сеянцев, выращенных в лабораторных условиях, различными формами регуляторов роста на основе препаратов Экосил индуцировали в растениях адаптационные физиолого-биохимические процессы.

На основании лабораторного отбора определено, что для внекорневой обработки растений (путем опрыскивания по вегетирующей массе) в полевых условиях предпочтительно использовать препараты Экосил Микс (1,0 л/га), Экосил Плюс (1,5 л/га) и Наноплант (0,1 л/га).

Обработки по вегетирующей массе стимулировали увеличение высоты и удлинение главного корня одно- и двухлетних сеянцев сосны и ели в открытом и закрытом грунте. Кроме того, исследованные препараты способствовали стабилизации клеточных мембран растений и активации фотосинтеза. Для всех исследуемых экспериментальных образцов характерно снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов мембран. С уровнем перекисного окисления липидов мембран коррелировала степень выхода водорастворимых веществ из тканей растений. Стабилизация клеточных мембран под влиянием рострегулирующих препаратов способствовала повышению болезнеустойчивости посадочного материала, что выразилось в снижении степени распространения болезней в посевах.

Ключевые слова: сеянцы сосны и ели, регуляторы роста, болезнеустойчивость, предпосевная и внекорневая обработка

Для цитирования: Повышение качества и болезнеустойчивости посадочного материала хвойных пород при обработке рострегулирующими препаратами / В. П. Шуканов [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 4. – С. 473–488. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-473-488>

Vladimir P. Shukanov, Ivan A. Mashkin, Larisa A. Korytsko, Elena V. Melnikova, Svetlana N. Polyanskaya

*V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

IMPROVING THE QUALITY AND DISEASE RESISTANCE OF PLANTING MATERIAL WHEN TREATING WITH GROWTH REGULATORS

Abstract. In the research work performed, the influence of the growth regulators Ecosil Plus, Ecosil Mix, and the nanoplant Nanoplant, as well as composite compositions based on them on the growth and development of pine and spruce seedlings was studied. The effect of drugs and protective-stimulating compositions on the degree of infection of planting material by phytopathogenic fungi, on changes in physiological and biochemical parameters of disease resistance and on biometric indicators of seedlings has been studied.

As a result of laboratory studies, a positive effect of growth regulating substances based on the Ecosil growth regulator on the initial development of pine and spruce seedlings after presowing treatment was revealed. On the development of the root system, Ecosil Mix provided greater efficiency, causing an increase in the length of the main root by 39 and 56 % for pine and spruce, respectively. And Ecosil Plus more strongly influenced the formation of the above ground part of seedlings, raising the height of plants by 14 % in pine and by 26 % in spruce.

Foliar treatments of pine and spruce seedlings grown under laboratory conditions with various forms of growth regulators based on the Ekosila growth regulator induced adaptive physiological and biochemical processes in plants. In needles of pine and spruce under their influence, the amount of pigments increased on average by 50–60 %. The level of lipid peroxidation of membranes and the yield of water-soluble substances decreased in plants by 30–50 %, which indicates the membranotropic effect of growth regulators.

Based on the laboratory selection, it was found that for foliar treatment of plants it is preferable to use Ecosil Mix (1.0 l/ha), Ecosil Plus (1.5 l/ha) and Nanoplant (0.1 l/ha) which during the two vegetation periods were investigated in the nurseries of Molodechno and Klichev forestry. Studies conducted in the conditions of open and closed ground showed that all the studied growth regulators and their mixtures have a positive effect on the growth of seedlings, as well as improve the physiological and biochemical indicators of disease resistance.

Keywords: seedlings of pine and spruce, growth regulators, disease resistance, pre-sowing and foliar treatment

For citation: Shukanov V. P., Mashkin I. A., Korytsko L. A., Melnikova Ye. V., Polyanskaya S. N. Improving the quality and disease resistance of planting material when treating with growth regulators. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 4, pp. 473–488 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-4-473-488>

Введение. Одной из основных проблем лесного хозяйства Республики является воспроизводство лесных ресурсов, которое осуществляется за счет естественного и искусственного лесовозобновления. Последнее направление приобретает все большие объемы и значимость, поскольку способствует созданию высокопродуктивных насаждений наиболее ценного видового состава. В настоящее время общая площадь лесного фонда Республики Беларусь составляет приблизительно 9,5 млн га, из которых более 8 млн га находятся в ведении Министерства лесного хозяйства. Основной лесобразующей породой в лесном фонде Республики является сосна, занимающая 50,6 % покрытых лесом земель. Также достаточно широко распространены в белорусских лесах береза (23,2 %), ель (9,3 %), ольха черная (8,6 %), дуб (3,4 %). При этом уже сейчас искусственно созданные леса занимают 23,9 % от лесного фонда. Эффективность создания искусственных насаждений при лесоразведении и лесовосстановлении во многом определяется качеством посадочного материала. Поэтому проблема получения качественного посадочного материала для искусственного лесовосстановления всегда актуальна. Следовательно, разработка мероприятий по повышению качества семян и саженцев древесных культур в лесном хозяйстве является одним из приоритетных направлений научных исследований [1].

В лесовосстановлении и лесоразведении чаще всего используют в качестве посадочного материала одно- и двухлетние сеянцы. Исследования и производственный опыт показывают, что молодой, но достаточно крупный посадочный материал лучше приживается и противостоит заглушению травянистой растительностью. Он успешнее адаптируется в новых условиях, а экономически процесс выращивания одно- и двухлетних растений без перевалки менее затратен, к тому же высадку небольших растений можно производить механизированно, что снижает себестоимость лесопосадочных работ и позволяет провести посадку в кратчайшие сроки [2].

Применение крупномерных саженцев для лесокультурных работ также перспективно и имеет свои положительные стороны. В этом случае ускоряется выращивание искусственных насаждений, а часть работ с лесокультурной площади переносится в питомник, где легче механизировать и автоматизировать технологические операции. Саженцы по сравнению с сеянцами имеют больший диаметр стволика, где накапливаются запасные питательные вещества. Поэтому такие саженцы хорошо приживаются, а также имеют меньшее послепосадочное торможение роста в высоту, чем сеянцы [3].

В настоящее время посадочный материал выращивается в лесных питомниках в открытом и закрытом грунте. Сеянцы, выращенные в естественных условиях (открытый грунт), более устойчивы к неблагоприятным факторам среды при создании лесных культур. Приживаемость лесных культур, созданных таким посадочным материалом, в среднем составляет 87–90 %. Однако процесс выращивания посадочного материала хвойных пород в открытом грунте лесных питомников во многом зависит от внешних факторов. Если плодородие почвы можно повысить путем внесения органических и минеральных удобрений, то воздействовать на погодные условия невозможно. Поэтому возникает необходимость влиять на выращиваемые сеянцы путем различных приемов, позволяющих ускорить их рост и повысить устойчивость к болезням и неблагоприятным условиям.

гоприятным воздействиям внешней среды [2]. В свою очередь выращивание посадочного материала в закрытом грунте позволяет в 2–3 раза увеличить грунтовую всхожесть семян, уменьшить расход семенного материала и сократить срок выращивания стандартного посадочного материала за счет контролируемых условий. Однако технология выращивания посадочного материала в закрытом грунте имеет ряд минусов, одним из которых является недостаточная устойчивость сеянцев к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Для повышения устойчивости сеянцев используют агротехнические приемы, включающие обработку регуляторами роста, макро- и микроудобрениями [4, 5].

Цель работы – изучение эффективности применения агротехнических приемов, основанных на комплексном использовании новых отечественных регуляторов роста, а также макро- и микроудобрений, для повышения качества и устойчивости посадочного материала хвойных пород к болезням и неблагоприятным факторам среды.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись семена и сеянцы хвойных пород (сосна и ель), выращенные в лабораторных условиях, а также одно- и двухлетние сеянцы и саженцы, выращиваемые в открытом и закрытом грунте постоянных питомников Молодечненского и Кличевского лесхозов.

Географическое расположение лесхозов, состав почвы (дерново-подзолистые), климатические условия, характеризующиеся умеренно-континентальным климатом, вполне благоприятствуют произрастанию древесных, в том числе хвойных, пород растений [6].

Для проведения исследований на разных этапах работы использовали отечественные регуляторы роста на основе препаратов Экосил (Экосил Плюс, Экосил Микс), Эпин Плюс (в качестве эталона), нанопрепарат Наноплант и азотное удобрение Карбамид.

Препараты на основе Экосила – Экосил Плюс (тритерпеновые кислоты, 2,5 г/л) и Экосил Микс (тритерпеновые кислоты, 5 г/л) являются полифункциональными регуляторами роста и фитоактиваторами физиологических и биохимических процессов в растениях, иммуномодуляторами, антидепрессантами с четко выраженными фунгицидными свойствами. Основным действующим веществом данных препаратов являются тритерпеновые кислоты, дополненные комплексом микроэлементов и гуминовых веществ [7].

Эпин Плюс (гомобрасинолид, 0,25 г/л) – синтетический аналог природного фитогормона, механизм действия которого заключается в активизации в растениях собственных фитогормонов, необходимых на разных стадиях развития. Препарат является антистрессовым адаптогеном, стимулятором иммунной системы [5].

Микроудобрение Наноплант – отечественный микроэлементный нанопрепарат, который по эффективности не уступает лучшим мировым аналогам. Действующее вещество микроудобрения Наноплант – наночастицы соединений микроэлементов, которые обладают свойством сверхпроницаемости через защитные клеточные мембраны растения, что позволяет им свободно проникать во внутриклеточные органеллы и участвовать в синтезе ферментов, необходимых для ускорения обменных процессов в растении [8].

Карбамид (мочевина) – удобрение с амидной формой азота. Это самое концентрированное из всех азотных удобрений. Выпускается в гранулированном виде и обладает высокой растворимостью. Карбамид является биологически кислым удобрением, но после усвоения растением азота в почве не остается ни кислотных, ни щелочных остатков этого удобрения [2].

Отбор наиболее эффективных рострегулирующих препаратов и их дозировок проводили на сеянцах сосны и ели, выращенных в лабораторных условиях. Для этого была осуществлена предпосевная обработка семян (путем замачивания) и внекорневая обработка сеянцев сосны и ели исследуемыми препаратами в различной дозировке с последующей оценкой биометрических и некоторых биохимических параметров. Затем в течение двух вегетационных периодов было изучено влияние внекорневой обработки данными препаратами и их композиционными составами с параллельным внесением в почву Карбамида (30 кг/га) на качество и болезнеустойчивость сеянцев и саженцев хвойных пород. С этой целью в двух постоянных питомниках Молодечненского и Кличевского лесхозов были заложены опытно-производственные объекты. В первый год под опыты было занято 400 м² (Молодечненский лесхоз) и 168 м² (Кличевский лесхоз)

площадей питомников. На следующий вегетационный период исследования проведены на площади 48 м² в питомнике Молодечненского лесхоза и на 48 м² в питомнике Кличевского лесхоза.

В июне – начале августа проводили двух-трехкратную внекорневую обработку семян с интервалом в 20–30 дней путем опрыскивания вегетирующей массы растений (расход рабочей жидкости – 200 л/га). Контролем служили необработанные семена хвойных пород. Качество посадочного материала оценивали по биометрическим параметрам, степени инфицирования семян грибными фитопатогенами и некоторым биохимическим показателям (количество фотосинтетических пигментов, содержание продуктов перекисного окисления липидов и уровень выхода водорастворимых веществ из хвои), характеризующим болезне- и стрессоустойчивость растений [9–11]. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Excel.

Результаты и их обсуждение. Результаты лабораторных исследований выявили положительное влияние (в большей или меньшей степени) всех рострегулирующих веществ на начальное развитие семян сосны и ели после предпосевной обработки (табл. 1). Все препараты вызывали удлинение главного корня и увеличение высоты надземной части растений. Причем Экосил Микс был более эффективен для развития корневой системы – длина главного корня возрастала на 39 и 56 % для сосны и ели соответственно. Экосил Плюс сильнее влиял на формирование надземной части семян, высота растений увеличивалась на 14 % у сосны и на 26 % у ели. При применении указанных препаратов наблюдалась и более высокая степень развития хвои. Положительное влияние отмечалось и при обработке семян препаратом Наноплант. Следует также отметить, что ель проявила большую восприимчивость к влиянию регуляторов роста.

Т а б л и ц а 1. Влияние предпосевной обработки на биометрические показатели сеянцев (4,5 мес.)

Table 1. The effect of presowing treatment on biometric indicators seedlings (4.5 months)

Вариант обработки	Длина главного корня		Высота надземной части		Охвоенность стволика	
	мм	%	мм	%	мм	%
<i>Сосна обыкновенная</i>						
Контроль	86,25 ± 7,74	100	54,17 ± 3,97	100	23,34 ± 2,11	100
Эпин Плюс (0,04 л/т)	87,50 ± 12,50	101	58,75 ± 1,25	108	23,45 ± 1,25	100
Экосил Плюс (0,1 л/т)	113,75 ± 5,55	132	61,67 ± 6,01	114	30,84 ± 2,01	132
Экосил Микс (0,1 л/т)	120,00 ± 20,00	139	60,84 ± 3,01	112	27,50 ± 2,50	118
Наноплант (0,6 л/т)	103,34 ± 8,82	120	57,50 ± 2,50	106	23,75 ± 3,15	102
<i>Ель обыкновенная</i>						
Контроль	80,00 ± 12,45	100	46,00 ± 2,45	100	12,50 ± 1,12	100
Эпин Плюс (0,04 л/т)	83,89 ± 3,89	105	52,23 ± 1,69	114	12,50 ± 1,12	100
Экосил Плюс (0,1 л/т)	94,00 ± 9,67	118	58,00 ± 4,07	126	17,00 ± 1,23	136
Экосил Микс (0,1 л/т)	124,59 ± 9,18	156	53,34 ± 1,55	116	15,42 ± 0,97	123
Наноплант (0,6 л/т)	102,00 ± 8,16	128	54,17 ± 3,01	118	15,00 ± 0,84	120

Для изучения в лабораторных условиях регулирующего действия исследуемых препаратов на семена сосны и ели при внекорневой обработке определяли ряд физиолого-биохимических показателей (качественное и количественное содержание фотосинтетических пигментов, уровень продуктов перекисного окисления липидов мембран (ТБК-продуктов), а также выход водорастворимых веществ из тканей растений).

Известно, что оценка адаптации зеленых растений к различным факторам окружающей среды включает прежде всего анализ параметров фотосинтеза, от которых зависят все прочие процессы метаболизма, так или иначе связанные с фотосинтетической функцией [12, 13]. Результаты изучения нами содержания фотосинтетических пигментов в семенах ели и сосны при применении внекорневых обработок рострегулирующими препаратами показали, что практически все регуляторы роста способствовали накоплению пигментов в хвое (табл. 2). Повышение содержания хлорофиллов (на 96 %) и каротиноидов (на 75 %) при применении препарата Экосил Микс в дозировке 1,0 л/га в наибольшей степени проявлялось у ели. Неплохие результаты получены также при использовании рострегулятора Экосил Плюс (1,5 л/га), который повышал содержание

хлорофиллов и каротиноидов у сеянцев ели на 68 и 49 % соответственно. Для сеянцев сосны лучшим препаратом, увеличивающим количество фотосинтетических пигментов в хвое, оказался Экосил Плюс в дозировке 1,5 л/га.

Уровень перекисного окисления липидов в тканях отображает характер структурных перестроек, происходящих в мембранах растений под воздействием стрессовых факторов, в частности возбудителей болезней. Накопление продуктов перекисного окисления в тканях растения свидетельствует о развивающемся патологическом процессе. Выход водорастворимых веществ из растительных тканей находится в прямой зависимости от целостности клеточных мембран. Увеличение выхода водорастворимых веществ свидетельствует либо об интенсификации обмена веществ (здоровые растения), либо о сильном повреждении тканей (инфицированные растения) [11, 14]. Согласно полученным результатам, применение различных форм Экосила путем опрыскивания сеянцев сосны индуцировало в растениях адаптационные физиолого-биохимические процессы, оказывая регулирующее действие на указанные выше показатели (табл. 2). Во всех вариантах под воздействием препаратов количество ТБК-продуктов в тканях растений было снижено по сравнению с контролем на 10–36 %, выход водорастворимых веществ также ингибировался на 5–43 %, что свидетельствует о стабилизирующем мембранотропном действии препаратов. Наибольший эффект получен при использовании регуляторов роста Наноплант (0,1 л/га) и Экосил Плюс (1,5 л/га).

Таблица 2. Влияние внекорневой обработки на биохимические показатели сеянцев

Table 2. The effect of foliar treatment on the biochemical parameters of seedlings

Вариант обработки	Хлорофиллы <i>a</i> и <i>b</i>		Каротиноиды		ТБК-продукты		Водорастворимые вещества	
	мг/г сырой массы	%	мг/г сырой массы	%	мкМ/г сырой массы	%	мкМ/г сырой массы	%
<i>Сосна обыкновенная</i>								
Контроль	0,337 ± 0,003	100	0,177 ± 0,003	100	54,11 ± 0,14	100	9,333 ± 0,003	100
Эпин Плюс (3 мг/га)	0,419 ± 0,003	124	0,244 ± 0,003	138	43,52 ± 0,13	80	6,733 ± 0,003	72
Экосил Микс, л/га:								
0,5	0,420 ± 0,002	125	0,230 ± 0,004	130	46,25 ± 0,17	85	6,333 ± 0,006	68
1,0	0,439 ± 0,003	130	0,260 ± 0,003	147	45,40 ± 0,22	84	6,533 ± 0,003	70
1,5	0,440 ± 0,03	131	0,237 ± 0,005	134	44,32 ± 0,16	82	6,333 ± 0,003	68
Экосил Плюс, л/га:								
1,0	0,438 ± 0,002	130	0,234 ± 0,005	132	40,93 ± 0,15	76	5,333 ± 0,007	57
1,5	0,457 ± 0,003	136	0,243 ± 0,003	137	40,77 ± 0,07	75	5,067 ± 0,003	54
2,0	0,446 ± 0,004	132	0,241 ± 0,004	136	41,95 ± 0,10	78	5,733 ± 0,005	61
Наноплант, л/га:								
0,05	0,444 ± 0,006	132	0,246 ± 0,002	139	37,24 ± 0,13	69	6,067 ± 0,007	65
0,1	0,438 ± 0,003	130	0,252 ± 0,003	142	34,85 ± 0,12	64	5,733 ± 0,003	61
0,15	0,421 ± 0,004	125	0,237 ± 0,005	134	36,46 ± 0,15	67	5,933 ± 0,005	64
НСР ₀₀₅		1,5		1,8		1,6		1,4
<i>Ель обыкновенная</i>								
Контроль	0,382 ± 0,003	100	0,234 ± 0,003	100	32,17 ± 0,17	100	25,467 ± 0,003	100
Эпин Плюс (3 мг/га)	0,557 ± 0,003	146	0,323 ± 0,003	138	31,16 ± 0,15	97	13,133 ± 0,003	52
Экосил Микс, л/га:								
0,5	0,635 ± 0,006	166	0,372 ± 0,004	159	26,31 ± 0,09	82	13,067 ± 0,005	51
1,0	0,750 ± 0,003	196	0,409 ± 0,003	175	25,14 ± 0,17	78	12,867 ± 0,003	50
1,5	0,713 ± 0,004	187	0,398 ± 0,005	170	27,49 ± 0,13	85	13,933 ± 0,007	55
Экосил Плюс, л/га:								
1,0	0,637 ± 0,004	167	0,370 ± 0,004	158	28,06 ± 0,13	87	12,067 ± 0,005	47
1,5	0,643 ± 0,003	168	0,348 ± 0,003	149	27,29 ± 0,12	84	11,333 ± 0,003	45
2,0	0,620 ± 0,006	162	0,360 ± 0,005	154	27,93 ± 0,14	87	12,467 ± 0,005	49
Наноплант, л/га:								
0,05	0,467 ± 0,05	122	0,280 ± 0,003	120	26,87 ± 0,13	84	11,067 ± 0,007	43
0,1	0,447 ± 0,003	117	0,281 ± 0,003	120	25,78 ± 0,07	79	11,333 ± 0,003	44
0,15	0,492 ± 0,04	129	0,297 ± 0,005	127	27,00 ± 0,10	84	12,067 ± 0,005	47

На основании лабораторных опытов для полевых исследований были выбраны препараты Экосил Микс (1,0 л/га), Экосил Плюс (1,5 л/га) и Наноплант (0,1 л/га), которые продолжали испытывать в течение двух вегетационных сезонов на сеянцах и саженцах путем одиночного внесения, а также в составе композиционных смесей совместно с макро- и микроудобрениями. В первый год исследований выявлено, что все обработки положительно влияли на устойчивость сеянцев к фитопатогенным грибам (табл. 3). Несмотря на то что степень распространения болезней на посадочном материале изначально была невысокой (на двухлетних сеянцах хвойных пород не превышала 3 %, на однолетних – 2 %), применяемые препараты и композиционные составы еще больше ее снижали. При этом биологическая эффективность препаратов возрастала с увеличением кратности обработок.

Т а б л и ц а 3. Влияние обработок на распространение грибных болезней (первый год)

Table 3. The effect of treatments on the spread of fungal diseases (first year)

Вариант обработки	Распространение болезней после внекорневой обработки, %			Видовой состав грибов, выявленных в тканях пораженного посадочного материала
	однократной	двукратной	трехкратной	
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	1,40 ± 0,03	1,60 ± 0,02	1,84 ± 0,04	<i>Alternaria alternariata</i>
Эпин Плюс (3 мл/га)	1,11 ± 0,03	1,05 ± 0,03	0,80 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	21	34	56	
Экосил Микс (1,0 л/га)	0,85 ± 0,04	0,87 ± 0,04	0,45 ± 0,04	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Биологическая эффективность препарата, %	39	46	76	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	0,75 ± 0,03	0,70 ± 0,03	0,45 ± 0,02	
Биологическая эффективность препарата, %	68	56	76	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,65 ± 0,03	0,67 ± 0,06	0,37 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	54	58	80	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,60 ± 0,02	0,65 ± 0,04	0,46 ± 0,05	<i>Fusarium sp.</i>
Биологическая эффективность препарата, %	57	59	75	
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	2,36 ± 0,13	2,52 ± 0,14	2,84 ± 0,14	<i>Alternaria alternariata</i>
Эпин Плюс (3 мл/га)	1,36 ± 0,07	1,45 ± 0,11	1,43 ± 0,11	
Биологическая эффективность препарата, %	42	42	50	
Экосил Микс (1,0 л/га)	0,94 ± 0,07	1,06 ± 0,08	0,94 ± 0,07	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Биологическая эффективность препарата, %	60	58	67	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	1,04 ± 0,06	0,90 ± 0,09	0,91 ± 0,08	
Биологическая эффективность препарата, %	56	64	68	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,04 ± 0,10	1,04 ± 0,13	0,96 ± 0,12	
Биологическая эффективность препарата, %	59	59	66	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,32 ± 0,04	1,25 ± 0,14	1,19 ± 0,12	<i>Fusarium sp.</i>
Биологическая эффективность препарата, %	44	50	58	
<i>Однолетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	0,50 ± 0,03	0,80 ± 0,09	0,84 ± 0,04	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,35 ± 0,03	0,33 ± 0,05	0,25 ± 0,07	
Биологическая эффективность препарата, %	30	59	70	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,23 ± 0,02	0,30 ± 0,05	0,30 ± 0,05	<i>Fusarium sp.</i>
Биологическая эффективность препарата, %	54	63	64	
				<i>Phoma sp.</i>

Окончание табл. 3

Вариант обработки	Распространение болезней после внекорневой обработки, %			Видовой состав грибов, выявленных в тканях пораженного посадочного материала
	однократной	двукратной	трехкратной	
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	2,25 ± 0,18	2,15 ± 0,05	2,84 ± 0,14	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,03 ± 0,08	0,75 ± 0,05	0,63 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	54	65	79	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,85 ± 0,09	0,63 ± 0,05	0,50 ± 0,02	<i>Fusarium sp.</i>
Биологическая эффективность препарата, %	62	71	82	
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза</i>				
Контроль	0,40 ± 0,03	1,29 ± 0,14	1,15 ± 0,10	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,27 ± 0,09	1,00 ± 0,16	0,73 ± 0,05	
Биологическая эффективность препарата, %	33	22	37	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,30 ± 0,06	0,92 ± 0,09	0,63 ± 0,05	
Биологическая эффективность препарата, %	25	29	45	
<i>Двухлетние сеянцы ели, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза</i>				
Контроль	0,90 ± 0,13	0,90 ± 0,15	0,95 ± 0,14	<i>Alternaria alternariata</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,45 ± 0,07	0,40 ± 0,05	0,28 ± 0,05	
Биологическая эффективность препарата, %	50	56	71	<i>Cladosporium sp.</i>
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	0,48 ± 0,08	0,23 ± 0,05	0,25 ± 0,07	
Биологическая эффективность препарата, %	47	74	74	

Результаты фитомониторинга посевов сосны и ели Молодечненского и Кличевского лесных питомников при внекорневой обработке во второй год исследований показали, что в течение вегетационного периода распространение фитопатогенных грибов также было небольшим (табл. 4). У двухлетних сеянцев сосны в контрольном варианте общее распространение болезней не превышало 1 %. В опытных образцах инфицированные растения отмечались единично уже после первой обработки при неизменном уровне распространения болезней в контроле. У двухлетних сеянцев ели наблюдалась более высокая степень распространения болезней – в контроле было инфицировано до 2 % растений, а после обработки регуляторами роста и композиционными составами распространение болезней снижалось в 1,2–1,8 раза. После повторной обработки составом степень распространения болезней на сеянцах ели тенденция к снижению усиливалась.

Таблица 4. Влияние обработок на распространение грибных болезней (второй год)

Table 4. The effect of treatments on the spread of fungal diseases (second year)

Вариант обработки	Распространение болезней после внекорневой обработки, %			Видовой состав грибов, выявленных в тканях пораженного посадочного материала
	однократной	двукратной	трехкратной	
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	0,70 ± 0,03	0,81 ± 0,02	0,92 ± 0,03	<i>Alternaria alternariata</i>
Экосил Микс (1,0 л/га)	0,15 ± 0,01	Единично	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	79	≈100	≈100	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	0,15 ± 0,01	Единично	Единично	<i>Aureobasidium pullulans</i>
Биологическая эффективность препарата, %	79	≈100	≈100	
Наноплант (0,1 л/га)	Единично	Единично	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	≈100	≈100	≈100	<i>Fusarium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	Единично	Единично	Единично	

Окончание табл. 4

Вариант обработки	Распространение болезней после внекорневой обработки, %			Видовой состав грибов, выявленных в тканях пораженного посадочного материала
	однократной	двукратной	трехкратной	
Биологическая эффективность препарата, %	≈100	≈100	≈100	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	Единично	Единично	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	≈100	≈100	≈100	
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза</i>				
Контроль	1,90 ± 0,13	1,72 ± 0,09	2,00 ± 0,10	<i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Fusarium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га)	1,48 ± 0,05	Единично	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	18	≈100	≈100	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	1,60 ± 0,07	0,58 ± 0,04	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	11	66	≈100	
Наноплант (0,1 л/га)	1,40 ± 0,03	0,38 ± 0,03	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	22	79	≈100	
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,07 ± 0,08	0,20 ± 0,01	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	41	88	≈100	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,10 ± 0,05	0,31 ± 0,01	Единично	
Биологическая эффективность препарата, %	39 %	82 %	≈100 %	
<i>Двухлетние саженцы ели, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза</i>				
Контроль	3,00 ± 0,09	2,52 ± 0,04	3,33 ± 0,06	<i>Cladosporium sp.</i> <i>Fusarium sp.</i> <i>Phoma sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га)	1,75 ± 0,07	1,45 ± 0,05	0,55 ± 0,05	
Биологическая эффективность препарата, %	42	42	83	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	2,00 ± 0,07	1,36 ± 0,03	0,45 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	33	40	86	
Наноплант (0,1 л/га)	2,00 ± 0,06	1,50 ± 0,03	0,63 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	33	40	81	
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,75 ± 0,5	1,04 ± 0,03	0,44 ± 0,03	
Биологическая эффективность препарата, %	42	59	87	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	1,50 ± 0,04	1,15 ± 0,04	0,45 ± 0,04	
Биологическая эффективность препарата, %	50	54	86	
<i>Однолетние сеянцы сосны, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза</i>				
Контроль	0,65 ± 0,02	0,60 ± 0,03	–	<i>Cladosporium sp.</i> <i>Fusarium sp.</i>
Экосил Микс (1,0 л/га)	0,25 ± 0,01	Единично	–	
Биологическая эффективность препарата, %	61	≈100	–	
Экосил Плюс (1,5 л/га)	0,25 ± 0,01	Единично	–	
Биологическая эффективность препарата, %	61	≈100	–	
Наноплант (0,1 л/га)	0,15 ± 0,01	Единично	–	
Биологическая эффективность препарата, %	77	≈100	–	
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	Единично	Единично	–	
Биологическая эффективность препарата, %	≈100	≈100	–	
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	Единично	Единично	–	
Биологическая эффективность препарата, %	≈100	≈100	–	

На двухлетних саженцах ели, выращенных в открытом грунте, распространение болезней, вызванных грибными фитопатогенами, составило от 2,52 до 3,33 % в течение вегетационного периода. Обработки изучаемыми препаратами и смесями способствовали снижению общего распространения болезней. После первой обработки распространение болезней в опытных образцах было в пределах 1,5–2 %; после повторной – 1,0–1,5; после третьей – не более 0,63 %.

Однолетние сеянцы сосны, выращиваемые в закрытом грунте, были почти не подвержены грибной инфекции – в контрольном варианте распространение болезней составляло 0,6–0,65 %. В опытных образцах количество инфицированных растений снизилось более чем в 2 раза, а при повторной обработке инфицированные сеянцы встречались единично.

Также был осуществлен анализ ряда физиолого-биохимических показателей болезнестойчивости посадочного материала сосны и ели, подвергнутого обработкам. Результаты исследований сеянцев первого вегетационного периода показали снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов и уровня выхода водорастворимых веществ из растительных тканей двухлетних сеянцев хвойных пород в открытом грунте под влиянием проводимых обработок (табл. 5). Так, количество ТБК-продуктов в сеянцах сосны и ели уменьшилось на 10–45 %, а выход водорастворимых веществ снизился еще значительно (на 15–55 %). При этом сеянцы ели, выращенные в закрытом грунте, проявляли большую чувствительность к обработкам композиционными составами. Однолетние сеянцы хвойных пород также положительно реагировали на композиционные смеси, однако снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов в клетках и выхода водорастворимых веществ из растительных тканей у них было менее выраженным, чем у двухлетних сеянцев.

Таблица 5. Влияние обработок на биохимические показатели сеянцев (первый год)

Table 5. The effect of treatments on the biochemical parameters of seedlings (first year)

Вариант обработки	ТБК-продукты, %	Водорастворимые вещества, %	Хлорофиллы <i>a</i> и <i>b</i> , %	Каротиноиды, %
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Эпин Плюс (3 мл/га)	60	80	108	103
Экосил Микс (1,0 л/га)	59	76	112	117
Экосил Плюс (1,5 л/га)	58	78	139	140
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	64	75	127	124
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	61	86	126	127
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Эпин Плюс (3 мл/га)	88	64	126	121
Экосил Микс (1,0 л/га)	77	52	125	126
Экосил Плюс (1,5 л/га)	89	55	126	124
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	88	60	122	124
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	79	52	129	129
<i>Однолетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	78	64	133	131
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	73	69	140	138
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	73	71	171	166
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	87	83	186	180

Окончание табл. 5

Вариант обработки	ТБК-продукты, %	Водорастворимые вещества, %	Хлорофиллы <i>a</i> и <i>b</i> , %	Каротиноиды, %
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	70	70	153	144
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	73	58	148	148
<i>Двухлетние сеянцы ели, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	70	62	239	218
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	54	51	313	280

При анализе содержания фотосинтетических пигментов в хвое одно- и двухлетних сеянцев сосны и ели, выращенных в открытом грунте, обнаружено некоторое увеличение количества хлорофиллов и каротиноидов относительно контрольного уровня (табл. 5). Однако наиболее значимое положительное влияние композиционные составы на основе регуляторов роста и удобрений оказывали на содержание фотосинтетических пигментов двухлетних сеянцев ели в закрытом грунте (после трехкратной обработки их уровень увеличился в 2,3–3 раза по отношению к контролю).

Данные, полученные во второй год исследований, подтвердили результаты предыдущего вегетационного сезона. В ходе экспериментальной работы обнаружено стимулирующее действие изученных препаратов на стабильность клеточных мембран сеянцев хвойных пород и снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов относительно контрольных значений (табл. 6).

Сходные результаты во второй год исследований получены и при анализе параметров фотосинтеза. Так, трехкратные обработки регулятором роста Экосил Плюс, микроудобрением Наноплант и их смесью способствовали повышению содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) на 10–20 % в хвое двухлетних сеянцев сосны (открытый грунт), а Экосил Микс и композиционный состав на его основе вызывали увеличение количества хлорофиллов и каротиноидов на 10–50 %. У однолетних сеянцев сосны в закрытом грунте обработки также способствовали увеличению количества фотосинтетических пигментов (на 23–49 %). Содержание фотосинтетических пигментов в хвое двухлетних саженцев ели в открытом грунте после трехкратной обработки повышалось на 15–50 %, а наиболее эффективным из исследуемых препаратов оказался Экосил Микс (табл. 6).

Т а б л и ц а 6. Влияние обработок на биохимические показатели сеянцев и саженцев (второй год)

T a b l e 6. The effect of treatments on the biochemical parameters of seedlings (second year)

Вариант обработки	ТБК-продукты, %	Водорастворимые вещества, %	Хлорофиллы <i>a</i> и <i>b</i> , %	Каротиноиды, %
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	89	59	113	112
Экосил Плюс (1,5 л/га)	86	56	122	119
Наноплант (0,1 л/га)	94	54	115	115
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	77	51	150	149
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	73	52	113	111

Окончание табл. 6

Вариант обработки	ТБК-продукты, %	Водорастворимые вещества, %	Хлорофиллы <i>a</i> и <i>b</i> , %	Каротиноиды, %
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	82	64	122	110
Экосил Плюс (1,5 л/га)	86	57	126	126
Наноплант (0,1 л/га)	85	81	104	103
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	82	40	163	163
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	76	36	146	148
<i>Двухлетние саженцы ели, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	66	82	114	111
Экосил Плюс (1,5 л/га)	69	70	108	111
Наноплант (0,1 л/га)	61	67	105	104
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	46	75	134	136
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	54	60	117	115
<i>Однолетние сеянцы сосны, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (двукратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	91	65	149	148
Экосил Плюс (1,5 л/га)	91	65	131	128
Наноплант (0,1 л/га)	82	47	131	123
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	66	63	140	140
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	72	60	130	132

В ходе исследования было изучено также влияние регуляторов роста и композиционных составов на их основе в сочетании с микро- (Наноплант) и макроудобрениями (Карбамид) на биометрические показатели посадочного материала сосны и ели, выращенного в открытом и закрытом грунте. Результаты исследования действия обработок на однолетние сеянцы сосны и ели в открытом грунте питомника Молодечненского лесхоза в первый год показали, что высота опытных растений отличалась от контрольных образцов на 10–25 % при использовании регуляторов роста индивидуально и в композиционной смеси (табл. 7). Также отмечено положительное влияние обработок на толщину стволика, охвоенность и длину главного корня сеянцев сосны и ели. Аналогичные результаты получены в первый год при обработках однолетних сеянцев сосны, выращенных в условиях открытого грунта в питомнике Кличевского лесхоза. Однако обработки композиционными смесями, содержащими регуляторы роста Экосил Плюс, в данном случае показали большую эффективность. В отличие от состава на основе препарата Экосил Микс, они сильнее стимулировали рост сеянцев сосны в высоту (почти на 40 % по отношению к контролю) и еще значительно – на степень охвоенности стволика (до 78 %). Также Экосил Плюс в сочетании с макро- и микроудобрениями способствовал более сильному росту главного корня (39 % по отношению к контролю), чем препарат Экосил Микс (9 %).

Двухлетние сеянцы хвойных пород, выращенные в открытом грунте питомника Молодечненского лесхоза в первый год, положительно реагировали на обработки регуляторами роста и микроудобрениями. При применении всех вариантов выявлено увеличение высоты надземной части растений по сравнению с контрольными образцами (в основном за счет степени охвоенности стволика). Большую эффективность проявлял Экосил Микс, повышая рост сеянцев сосны после трехкратной обработки в среднем в 1,5 раза. Из композиционных составов эффективнее

была смесь на основе регулятора роста Экосил Плюс, при использовании которого длина надземной части у сеянцев ели увеличивалась на 25 %, а у сеянцев сосны – на 40 и 60 %. На толщину стебля у корневой шейки ни один состав не оказывал существенного влияния на всем протяжении исследований.

Т а б л и ц а 7. Влияние обработок на биометрические показатели сеянцев (первый год)

T a b l e 7. The effect of treatments on biometric indicators of seedlings (first year)

Вариант обработки	Высота надземной части, %	Охвоенность стволика, %	Толщина корневой шейки, %	Длина главного корня, %
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Эпин Плюс (3 мл/га)	115	126	113	109
Экосил Микс (1,0 л/га)	108	116	119	107
Экосил Плюс (1,5 л/га)	125	143	108	108
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	113	122	129	115
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	112	122	128	117
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Эпин Плюс (3 мл/га)	149	163	108	110
Экосил Микс (1,0 л/га)	154	124	95	105
Экосил Плюс (1,5 л/га)	138	149	107	106
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	132	134	100	116
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	161	145	107	119
<i>Однолетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	126	138	115	111
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	126	141	115	120
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	111	129	108	113
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	125	131	105	118
<i>Однолетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	126	146	124	135
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	137	173	128	157
<i>Двухлетние сеянцы ели, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	137	136	118	118
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	128	137	119	120

При использовании композиционных составов на двухлетних сеянцах ели в лесном питомнике Кличевского лесхоза в условиях закрытого грунта несколько перспективнее оказалась смесь с использованием препарата Экосил Микс. В этом варианте обработки высота стволика и его охвоенность в среднем возрастали на 35 и 40 % соответственно, тогда как в образцах, обработанных смесями на основе регулятора роста Экосил Плюс, эти показатели увеличивались на 25 %.

Результаты исследований второго года также выявили стимулирующее действие используемых для обработок препаратов и композиционных смесей на рост двухлетних сеянцев хвойных пород в открытом грунте (табл. 8). Все изучаемые регуляторы роста и составы на их основе вызвали стабильное увеличение высоты сеянцев сосны на 7–24 %, ели – на 8–34 %. При этом более существенное влияние оказывал регулятор роста Экосил Плюс при самостоятельном применении и в сочетании с макро- и микроудобрениями. Проводимые обработки стимулировали также охвоенность стволика. У двухлетних сеянцев сосны и ели, выращиваемых в открытом грунте, этот показатель практически коррелировал с увеличением высоты растений. На толщину стволика у корневой шейки проводимые обработки также в большинстве случаев влияли положительно. У двухлетних сеянцев сосны под влиянием исследуемых препаратов наблюдалось увеличение толщины стволика до 30 % по сравнению с контрольным значением. У двухлетних сеянцев ели толщина стволика достоверно увеличивалась только при использовании композиционного состава на основе регулятора роста Экосил Плюс, макро- и микроудобрений. Обработка изучаемыми препаратами и их композиционными составами также вызвала удлинение главного корня двухлетних сеянцев в открытом грунте от 1 до 15 %.

Таблица 8. Влияние обработок на биометрические показатели сеянцев и саженцев (второй год)
Table 8. The effect of treatments on biometric indicators seedlings (second year)

Вариант обработки	Высота надземной части, %	Охвоенность стволика, %	Толщина корневой шейки, %	Длина главного корня, %
<i>Двухлетние сеянцы сосны, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	109	111	118	111
Экосил Плюс (1,5 л/га)	120	123	121	105
Наноплант (0,1 л/га)	112	110	103	103
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	111	115	119	110
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	122	128	124	114
<i>Двухлетние сеянцы ели, открытый грунт, питомник Молодечненского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	115	118	100	110
Экосил Плюс (1,5 л/га)	122	121	106	108
Наноплант (0,1 л/га)	112	113	99	102
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	117	127	105	115
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	134	138	116	112
<i>Двухлетние саженцы ели, открытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (трехкратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	116	126	119	105
Экосил Плюс (1,5 л/га)	117	131	113	109
Наноплант (0,1 л/га)	112	124	118	106
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	119	127	127	111
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	125	134	122	111

Окончание табл. 8

Вариант обработки	Высота надземной части, %	Охвоенность стволика, %	Толщина корневой шейки, %	Длина главного корня, %
<i>Однолетние сеянцы сосны, закрытый грунт, питомник Кличевского лесхоза (двукратная обработка)</i>				
Контроль	100	100	100	100
Экосил Микс (1,0 л/га)	142	252	131	110
Экосил Плюс (1,5 л/га)	139	260	138	107
Наноплант (0,1 л/га)	140	233	129	114
Экосил Микс (1,0 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	142	267	142	113
Экосил Плюс (1,5 л/га) + Карбамид (30 кг/га) + Наноплант (0,1 л/га)	145	287	139	110

Кроме того, на двухлетних саженцах ели, выращиваемых в открытом грунте, отмечалось увеличение прироста надземной и подземной части растений относительно контроля под воздействием обработок. Рострегулирующие препараты вызывали усиление роста саженцев в высоту на 16–26 %, а добавление к ним удобрений усиливало стимулирующий эффект препаратов. Охвоенность саженцев ели возрастала под влиянием используемых препаратов на 24–47 %. Установлено, что регуляторы роста Экосил Микс и Экосил Плюс способствовали утолщению стволика двухлетних саженцев ели до 13 %. В то же время смеси этих рострегулирующих препаратов с микро- и макроудобрениями стимулировали увеличение толщины стволика на 22–28 %.

Обработки существенно влияли на развитие однолетних сеянцев сосны в закрытом грунте. Все препараты вызывали увеличение высоты сеянцев на 39–45 % при двукратной обработке. Также у однолетних сеянцев сосны (закрытый грунт) рострегулирующие препараты и композиционные смеси вызывали повышение степени охвоенности стволика в 2,3–2,9 раза после двукратной обработки. Наибольший стимулирующий эффект наблюдался при использовании регулятора роста Экосил Плюс в составе композиционной смеси и самостоятельно.

Заключение. По итогам анализа результатов лабораторных исследований выявлено, что для внекорневой обработки одно- и двухлетних сеянцев и саженцев хвойных пород (путем опрыскивания по вегетирующей массе) в полевых условиях предпочтительно использовать препараты Экосил Микс (1,0 л/га), Экосил Плюс (1,5 л/га) и Наноплант (0,1 л/га).

Проведенные обработки оказывали положительное действие на биометрические показатели посадочного материала сосны и ели, способствуя более активному росту надземной части. Причем данное увеличение происходило, как правило, за счет усиления степени охвоенности стволика. Регуляторы роста и в особенности композиционные смеси на их основе также стимулировали рост подземной части обработанных сеянцев и саженцев, что выражалось в удлинении главного корня до 40 % в сравнении с контрольными вариантами.

Исследованные препараты способствовали также стабилизации клеточных мембран растений и накоплению фотосинтетических пигментов. Для всех экспериментальных образцов было характерно снижение содержания продуктов перекисного окисления липидов мембран. С уровнем перекисного окисления липидов мембран коррелировала степень выхода водорастворимых веществ из тканей растений. Все значения данного показателя при обработке посадочного материала также были ниже контрольного уровня. Стабилизация клеточных мембран и активация процессов фотосинтеза под влиянием рострегулирующих препаратов, очевидно, способствовала повышению болезнеустойчивости посадочного материала, что выражалось в снижении степени распространения грибных фитопатогенов в посевах. Несмотря на то что изначально уровень поражения болезнями сеянцев и саженцев был невысоким (у ели 2–3 %, у сосны не более 1–2 %), проведенные обработки способствовали еще большему снижению количества инфицированных растений, что доказывает эффективность применения исследованных препаратов для повышения болезнеустойчивости, а следовательно, и для улучшения качества посадочного материала хвойных пород.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа «Белорусский лес» на 2016–2020 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 18.03.2016 г., № 215 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://178.124.138.77/docs/official/Bel_les/Belorysskii_les_2016-2020.pdf. – Дата доступа: 02.09.2020.
2. Волкович, А. П. Интенсивные технологии выращивания посадочного материала и лесовосстановления / А. П. Волкович, В. В. Носников. – Минск : БГТУ, 2015. – 75 с.
3. Малашевич, Д. Г. Лесное хозяйство республики Беларусь: современное состояние и стратегические направления / Д. Г. Малашевич, Е. А. Дашкевич // Акт. проблемы лесн. комплекса. – 2016. – № 46. – С. 31–35.
4. Отраслевая программа по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой в организациях министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на период до 2020 года // Лесн. и охот. хозяйство. – 2014. – № 7. – С. 18–30.
5. Бабков, А. В. Влияние стимуляторов роста на биометрические показатели саженцев ели европейской в лесном питомнике / А. В. Бабков, М. И. Завадская, Г. П. Фандо // Фитогормоны, гуминовые вещества и другие биорациональные пестициды в сельском хозяйстве : сб. материалов 7-й Междунар. конф. молодых ученых, 02–04 нояб. 2011 г. / Ин-т биоорганической химии НАН Беларуси. – Минск, 2011 – С. 23–25.
6. География Беларуси [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Белоруссии. – Дата доступа: 17.06.2019.
7. Экосил [Электронный ресурс] / Торгово-производств. част. унит. предприятие «БелУниверсалПродукт». – Режим доступа: <https://ecosil.by>. – Дата доступа: 13.06.2019.
8. Наноплант [Электронный ресурс] / Научно-техническое общество «АКТЕХ». – Режим доступа: <http://nanoplant.by>. – Дата доступа: 14.06.2019.
9. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести : ГОСТ 13056.6-97. – М. : Изд-во стандартов, 1998. – 27 с.
10. Сеянцы деревьев и кустарников. Технические условия : ГОСТ 3317-90. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 47 с.
11. Починок, Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – Киев : Наук. думка, 1976. – 334 с.
12. Шалыго, Н. В. Биосинтез хлорофилла и фотодинамические процессы в растениях / Н. В. Шалыго. – Минск : Право и экономика, 2004. – 155 с.
13. Титова, М. С. Содержание пигментов как показатель адаптации фотосинтетического аппарата интродуцированных видов рода *Pinus* / М. С. Титова // Естеств. и техн. науки. – 2012. – № 6. – С. 103–104.
14. Мерзляк, М. Н. Активированный кислород и окислительные процессы в мембранах растительных клеток / М. Н. Мерзляк // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. физиология растений. – 1989. – Т. 6. – С. 1–168.

References

1. State Program “Belarusian Forest” for 2016–2020. Available at: http://178.124.138.77/docs/official/Bel_les/Belorysskii_les_2016-2020.pdf (accessed 02.09.2020) (in Russian).
2. Volkovich A. P., Nosnikov V. V. *Intensive technologies for planting and reforestation*. Minsk, Belarusian State Technological University, 2015. 75 p. (in Russian).
3. Malashevich D. G., Dashkevich E. A. Forestry of the Republic of Belarus: current state and strategic directions. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa* [Actual problems of the forest complex], 2016, no. 46, pp. 31–35 (in Russian).
4. Sectoral program on the cultivation of planting material with a closed root system in the organizations of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus for the period up to 2020. *Lesnoe i okhotnich'e khozyaistvo* [Forestry and hunting], 2014, no. 7, pp. 18–30 (in Russian).
5. Babkov A. V., Zavadskaya M. I., Fando G. P. Influence of growth stimulants on the biometric indicators of European spruce seedlings in a forest nursery. *Fitogormony, guminovye veshchestva i drugie bioratsional'nye pestitsidy v sel'skom khozyaistve: sbornik materialov 7-i Mezhdunarodnoi konferentsii molodykh uchenykh (02–04 noyabrya 2011 goda, Minsk)* [Phytohormones, humic substances and other bio-rational pesticides in agriculture: collection of materials the 7th International conference of young scientists (02–04 November 2011, Minsk)]. Minsk, 2011, pp. 23–25 (in Russian).
6. *Geography of Belarus*. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/География_Белоруссии (accessed 17.06.2019) (in Russian).
7. *Ekosil*. Available at: <https://ecosil.by> (accessed 13.06.2019) (in Russian).
8. *Nanoplant*. Available at: <http://nanoplant.by> (accessed 14.06.2019) (in Russian).
9. State Standard 13056.6-97. *Seeds of trees and shrubs. Germination method*. Moscow, Publishing house of standards, 1998. 27 p. (in Russian).
10. State Standard 3317-90. *Seedlings of trees and shrubs. Technical conditions*. Moscow, Publishing house of standards, 1991. 47 p. (in Russian).
11. Pochinok, Kh. N. *Methods of biochemical analysis of plants*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1976. 334 p. (in Russian).
12. Shalygo N. V. *Chlorophyll biosynthesis and photodynamic processes in plants*. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2004. 155 p. (in Russian).
13. Titova M. S. Content of the pigments as an indicator of adaptation of the photosynthetic apparatus of introduced species of the *Pinus*. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences], 2012, no. 6, pp. 103–104 (in Russian).
14. Merzlyak M. N. Activated oxygen and oxidative processes in the membranes of plant cells. *Itoги nauki i tekhniki VINITI. Seriya fiziologiya rastenii* [Results of science and technology VINITI. Plant physiology series], 1989, vol. 6, pp. 1–168 (in Russian).

Информация об авторах

Шуканов Владимир Петрович – канд. биол. наук, заведующий лабораторией. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: patphysio@mail.ru

Машкин Иван Анатольевич – мл. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: patphysio@mail.ru

Корытько Лариса Александровна – науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: patphysio@mail.ru

Мельникова Елена Владимировна – науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: patphysio@mail.ru

Полянская Светлана Николаевна – ст. науч. сотрудник. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси (ул. Академическая, 27, 220072, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: patphysio@mail.ru

Information about the authors

Vladimir P. Shukanov – Ph. D. (Biol.), Head of the Laboratory. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: patphysio@mail.ru

Ivan A. Mashkin – Junior Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: patphysio@mail.ru

Larisa A. Korytsko – Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: patphysio@mail.ru

Elena V. Melnikova – Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: patphysio@mail.ru

Svetlana N. Polyanskaya – Senior Researcher. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya Str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: patphysio@mail.ru