

Н.В. Мартынова

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ УКРЫТИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОТРАНСФОРМИРУЮЩЕГО
ОРГАНИЧЕСКОГО ФОТОЛЮМИНОФОРА
ПРИ КЛОНИРОВАНИИ ЧЕРЕНКОВ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ**

Введение. Озеленение городских ландшафтов играет важную роль в оптимизации экологической ситуации урбанизированных территорий [Локтева и др., 2023; Паникаров и др., 2023, 2024; Бессчетнова и др., 2024а]. Активное введение древесных и кустарниковых растений в состав зеленых кварталов и лесопарков, защитных насаждений и депонирующих карбоновых полигонов требует разнообразия и многофункциональности их ассортимента. Одним из путей достижения данной цели является интродукция хозяйственно ценных растений [Петрова, 1978; Головкин, 1981; Бессчетнова, 1983; Чаховский, 1991], способных образовывать в новых местах их расселения продуктивные и экологически устойчивые сообщества. К числу таких растений, успешно выполняющих санитарно-гигиенические, декоративно-эстетические и рекреационно-бальнеологические функции, бесспорно, относятся бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.), сирень венгерская (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.), форзиция промежуточная (*Forsythia × intermedia* Zabel), пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.). Данные виды до настоящего времени не получили широкого распространения в фитоценозах Нижегородского Поволжья, поэтому изучение проблем их размножения и акклиматизации весьма актуально. Зачастую расширение территориальных границ и форм их хозяйственного применения сдерживается нехваткой посадочного материала, прежде всего, сортового. Последнее обстоятельство во многом обусловлено отсутствием регионально адаптированных технологий его эффективного клонирования. Результативность деятельности предназначенных для этого вегетационных сооружений принципиально зависит от механических свойств и оптических характеристик используемых покрытий [Бессчетнова, Миронова, 2022; Миронова и др., 2022; Brown et al., 1995; Edser, 2002; Brown, 2004; Max et al., 2012]. Результативность деятельности тепличных хозяйств во многом определяется техническими свойствами и оптическими характеристиками этих покрытий [Бессчетнова и др., 2024б, в; Brown et al., 1995; Edser, 2002; Brown, 2004; Max et al., 2012].

Цель исследований – установить характер регенеративных реакций стеблевых черенков декоративных форм ряда листовых древесных видов и оценить эффективность их укоренения в сезонных вегетационных со-

оружениях с укрытием, состоящим из спанбонда с интегрированным в его структуру светотрансформирующим органическим фотолюминофором.

Материалы и методика исследования. Объектом исследований служили стеблевые черенки типичных форм с присвоением им идентификационных кодовых обозначений: бирючины обыкновенной (вид 1), сирени венгерской (вид 2), форзиции промежуточной (вид 3), пузыреплодника калинолистного (вид 4), а также его сортов: «Лютееус» (вид 5), «Диаболо» (вид 6) и «Саммер Вайн» (вид 7). Маточные растения были размещены на участке дендрологической коллекции Нижегородского государственного агротехнологического университета с географическими координатами 56°14'32.7''N 43°57'20.7''E и высотой над уровнем моря 178 м. Работы проведены полевым стационарным и лабораторными методами и в методологическом плане основаны на принципе единственного логического различия и базовых требований к организации опыта – типичности, пригодности, целесообразности и надежности. В соответствии с указанным подходом годовичные побеги одновременно отделяли от периферийной зоны среднего яруса хорошо освещенного участка кроны растений. Затем их расчленили на черенки и размещали в вегетационных сооружениях, оснащенных автоматизированной туманообразующей установкой [Martynova et al., 2021]. В них поддерживались одинаковые для всех вариантов и повторностей опыта условия: температурный фон, освещенность, орошение, субстрат (речной песок) и пр. Мониторинг параметров среды осуществляли с помощью автоматической метеостанции METEOSCAN PRO 929 RST02929. Общим стимулятором роста служил гетероауксин в концентрации 0,02% при экспозиции 18 ч и температуре 20°C. В постановке эксперимента учитывали ранее накопленный собственный опыт [Мартынова и др., 2021; Храмов и др., 2022; Мартынова, Бессчетнова, 2022] и методические разработки других авторов [Бессчетнова и др., 2019; Котынова и др., 2020; Кулькова и др., 2020; Миронова и др., 2022; Вышегородцев и др., 2023].

Укрывным материалом вегетационных сооружений выступал спанбонд (плотностью 30 г/м²) с нанесенной на его поверхность лаковой пленкой, содержащей светотрансформирующий органический фотолюминофор [Khramov et al., 2022]. Испытаны его следующие плотности при сплошном равномерном нанесении: 0,25% (фон 1); 0,10% (фон 2); 0,05% (фон 3); 0,025% (фон 4). Кроме того, в схему опыта введен вариант с дискретным нанесением люминофора плотностью 0,25% полосами шириной 10 см при таком же межполосном интервале (фон 5). Оптическая плотность дана в процентах от наличия люминофора в лаке.

Для оценки потенциального влияния на регенерационные процессы, происходящие на нижнем срезе черенков, тестировалось укрытие из того же спанбонда с нанесенной лаковой пленкой без органического фотолюминофора (эталон) с нулевой оптической плотностью. Контролем выступи-

пало немодифицированное укрытие для теплиц и парников из того же основного материала (контроль). Оно представляло собой нетканое термоскрепленное полипропиленовое полотно (агротекстиль) той же плотности 30 г/м². Влияние оптических характеристик укрывного материала вегетационных сооружений тестировали по реакции на его применяемый тип базовых показателей регенерации и пострегенеративного развития корневых систем и надземной части черенков исследованных растений (табл. 1). Линейные параметры надземной части и корней измеряли штангенциркулем Electronic Digital Caliper – G06064731 с точностью до 0,1 мм.

Таблица 1

Показатели регенерации и пострегенеративного развития корневых систем на черенках испытываемых видов кустарников

Indicators of regeneration and post-regenerative development of root systems on cuttings of the tested shrub species

Категории оценок регенерации и развития	Показатели активности регенерации и пострегенеративного развития черенков	Индекс признака
Эффективность регенерации – регенерационные процессы, происходящие в базальной части черенков	эффективность каллусогенеза – формирование недифференцированной образовательной ткани (каллуса) на нижнем срезе черенка	признак 1
	активность корнеобразования – количество придаточных корней, образовавшихся на нижнем срезе одного черенка	признак 2
Эффективность пострегенеративного развития корневых систем черенков	длина лидирующего корня	признак 3
	общая протяженность корневых систем	признак 4
	общая средняя длина придаточных корней	признак 5
	суммарная длина боковых корней	признак 6
	средняя длина боковых корней	признак 7
	доля длины осевого корня в суммарной протяженности корневых систем	признак 8
	доля длины боковых корней в суммарной протяженности корневых систем	признак 9
	индекс равномерности развития корневых систем как отношение длины осевого корня к средней длине боковых корней	признак 10
	индекс сбалансированности развития корневых систем как отношение длины осевого корня к общей средней длине придаточных корней	признак 11
Эффективность пострегенеративного развития надземной части укорененных черенков	высота надземной части черенков	признак 12
	диаметр корневой шейки черенков	признак 13
	индекс сбалансированности развития надземной части как отношение высоты черенка к его диаметру	признак 14

Интенсивность солнечного излучения над укрытием и под ним фиксировали с помощью люксметра ТКА-ПКМ 08, светочувствительный элемент которого располагали горизонтально в плоскости залегания верхних окончаний черенков (табл. 2).

Таблица 2

Условия освещенности в вегетационных сооружениях

Lighting conditions in vegetation structures

Вариант укрытия	Интенсивность солнечного освещения, клк			
	первый срок учета (07.06.2021 г.)		второй срок учета (21.06.2021 г.)	
	над укрытием	под укрытием	над укрытием	под укрытием
Фон-1	17,3	11,8	10,6	6,7
Фон-2	17,6	10,8	10,6	5,2
Фон-3	18,1	13,3	10,8	6,4
Фон-4	18,5	12,7	10,8	5,8
Фон-5	15,7	11,5	10,8	5,1
Эталон	15,8	13,7	10,2	6,3
Контроль	14,8	12,7	9,5	4,5

Наряду с параметрами непосредственного учета и фиксации анализировали и производные признаки, которые позволяют более точно и детально охарактеризовать исследуемые объекты [Бессчетнова и др., 2019; Бабеев и др., 2022; Есичев и др., 2022]. Известно, что соотношение протяженности побега и корней коррелирует с выживаемостью растений при пересадке и темпами их развития.

Результаты исследования и обсуждение. Реакция испытываемых образцов стеблевых черенков на применение органического фотолуминофора в укрытиях вегетационных сооружений была неодинаковой, что проявилось по всем характеристикам регенерационных процессов (табл. 3–6).

Одним из информативных в общебиологическом и хозяйственном плане показателей регенерационной способности черенков выступает каллусогенез (табл. 3), происходящий на их нижнем срезе. В целом наибольшее на момент учета образование каллуса отмечалось в укрытиях с повышенной долей органического фотолуминофора (фон 1) и зафиксировано у форзиции промежуточной – $77,00 \pm 4,64\%$ – и сирени венгерской – $3,16 \pm 5,94\%$. Наименьший результат в этом варианте укрытия отмечен у

типичной формы пузыреплодника калинолистного (4,50±1,20%) и у его сорта «Саммер Вайн» (5,38±0,88%). Общий наименьший процент образования каллуса зафиксирован в варианте с минимальным содержанием фоллюминофора (фон 5).

Таблица 3

Каллусогенез на стеблевых черенках

Callusogenesis on stem cuttings

Вариант укрытия	Испытываемые таксоны, получившие условное обозначение «Вид»						
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	Вид 5	Вид 6	Вид 7
Фон-1	49,00±4,44	73,16±5,94	77,00±4,64	4,50±1,20	6,00±1,72	6,25±1,40	5,38±0,88
Фон-2	39,00±4,17	65,25±4,80	72,50±4,32	4,00±1,34	5,75±1,59	5,75±1,22	5,13±0,63
Фон-3	38,00±4,57	53,50±6,21	67,50±4,08	3,75±1,20	4,25±1,63	5,50±1,14	4,25±0,89
Фон-4	38,95±3,06	53,16±4,10	69,00±4,50	3,75±0,80	4,25±1,27	5,25±0,92	4,13±0,71
Фон-5	32,50±3,49	47,00±3,62	63,50±4,95	3,25±0,83	3,25±1,04	5,05±0,88	4,25±0,58
Эталон	32,00±3,39	45,80±3,53	64,00±3,96	3,00±0,99	2,50±0,92	4,50±1,02	3,63±0,69
Контроль	37,37±4,09	46,00±4,84	59,50±3,97	3,25±0,91	2,50±0,68	4,80±1,10	3,75±0,61
Total	38,12±1,50	54,72±1,89	67,57±1,66	3,64±0,93	4,07±0,50	5,32±0,41	4,36±0,27

Весьма значимой характеристикой регенерационного развития черенков служит количество образованных на них в процессе ризогенеза придаточных корней. Оно разнилось по декоративным видам и показало неодинаковую восприимчивость к влиянию разных по своим оптическим характеристикам укрывных материалов, что представлено в табл. 4.

Таблица 4

Ризогенез на черенках

Rhizogenesis on cuttings

Вариант укрытия	Испытываемые таксоны, получившие условное обозначение «Вид»						
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	Вид 5	Вид 6	Вид 7
Фон-1	23,20±1,26	12,89±,96	15,10±0,82	1,75±0,51	1,35±0,43	2,05±0,39	1,25±0,26
Фон-2	18,25±0,62	12,65±0,87	10,45±0,37	1,35±0,53	1,30±0,37	1,15±0,47	0,95±0,24
Фон-3	12,15±1,63	10,85±0,74	10,30±0,28	1,30±0,44	0,85±0,34	1,15±0,38	0,65±0,17
Фон-4	9,84±1,03	9,32±0,63	10,85±0,45	1,35±0,24	1,15±0,34	0,50±0,18	0,53±0,21
Фон-5	6,90±0,90	9,50±0,51	9,75±0,61	1,25±0,29	0,80±0,27	1,25±0,30	0,58±0,15
Эталон	11,00±1,10	9,68±0,48	8,95±0,48	0,75±0,25	0,75±0,29	0,55±0,25	0,53±0,14
Контроль	12,32±0,88	9,45±0,64	9,20±0,35	0,80±0,30	0,80±0,26	0,60±0,18	0,55±0,15
Total	13,41±0,52	10,61±0,28	10,66±0,22	1,22±0,14	1,00±0,12	1,04±0,13	0,72±0,07

Наивысшие средние значения данного показателя зафиксированы (табл. 4) у бирючины обыкновенной (вид 1) – $23,20 \pm 1,26$ шт. в варианте опыта с применением светотрансформирующего укрывного материала с концентрацией фотолуминофора 0,25% (фон 1) и $18,25 \pm 0,62$ шт. – фон 2 (концентрация 0,10%). Применение укрытия с концентрацией органического фотолуминофора 0,25% (фон 1) дало высокие результаты в отношении всех изучаемых видов. Следовательно, данный фон занял лидирующую позицию среди остальных по ризогенезу. Наибольший показатель ($23,20 \pm 1,26$ шт., фон 1, бирючина обыкновенная) во всех вариантах опыта превосходил минимум ($0,53 \pm 0,14$ шт., эталонный образец, пузыреплодник калинолистный «Саммер Вайн») на 22,67 шт., или в 43,77 раза. Превышение обобщенных по вариантам опыта значений ($13,41 \pm 0,52$ и $0,72 \pm 0,07$ шт. для вида 1 и вида 7 соответственно) составило 12,69 шт. или 18,63 раза.

Важным показателем пострегенеративного развития корневых систем выступает длина лидирующего корня, который, как правило, развивается в осевой корень. Разные виды в рамках проводимого эксперимента были неодинаковыми в указанном отношении (табл. 5).

Таблица 5

Длина лидирующего корня, см

Length of the leading root, cm

Вариант укрытия	Испытываемые таксоны, получившие условное обозначение «Вид»						
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	Вид 5	Вид 6	Вид 7
Фон-1	$11,28 \pm 0,49$	$10,53 \pm 0,74$	$17,13 \pm 0,53$	$1,99 \pm 0,55$	$1,97 \pm 0,55$	$3,03 \pm 0,63$	$1,28 \pm 0,30$
Фон-2	$13,00 \pm 0,31$	$8,62 \pm 0,60$	$18,74 \pm 0,48$	$1,20 \pm 0,35$	$1,18 \pm 0,34$	$1,93 \pm 0,78$	$0,99 \pm 0,26$
Фон-3	$7,97 \pm 0,98$	$8,59 \pm 0,51$	$16,92 \pm 0,64$	$1,43 \pm 0,44$	$1,07 \pm 0,44$	$2,16 \pm 0,62$	$0,96 \pm 0,22$
Фон-4	$10,61 \pm 1,16$	$8,25 \pm 0,54$	$13,91 \pm 0,59$	$1,06 \pm 0,27$	$0,87 \pm 0,30$	$0,83 \pm 0,32$	$0,93 \pm 0,29$
Фон-5	$6,95 \pm 0,87$	$8,84 \pm 0,80$	$17,59 \pm 0,60$	$1,01 \pm 0,27$	$1,12 \pm 0,44$	$1,19 \pm 0,34$	$0,93 \pm 0,25$
Эталон	$10,32 \pm 0,93$	$8,57 \pm 0,41$	$18,03 \pm 0,31$	$0,85 \pm 0,27$	$0,82 \pm 0,34$	$0,68 \pm 0,28$	$0,92 \pm 0,24$
Контроль	$10,67 \pm 0,79$	$8,54 \pm 0,58$	$16,15 \pm 0,63$	$0,83 \pm 0,23$	$0,80 \pm 0,26$	$0,79 \pm 0,26$	$0,92 \pm 0,24$
Total	$10,10 \pm 0,33$	$8,84 \pm 0,23$	$16,92 \pm 0,22$	$1,19 \pm 0,14$	$1,12 \pm 0,15$	$1,51 \pm 0,20$	$0,99 \pm 0,10$

Они продемонстрировали избирательную реакцию на изменение концентрации фотолуминофора в составе спанбонда. Длина лидирующего корня исследуемых видов показала неодинаковый отклик на повышение концен-

трации органического фотоллюминофора (табл. 5). Максимальный результат зафиксирован у вида 3 (форзиция промежуточная) в фоне 2 – 18,74±0,48 см, в эталонном образце – 18,03±0,31 см – и фоне 5 – 17,59±0,60 см. Наименьшая результативность обнаружена у пузыреплодника калинолистного «Диабло» (0,68±0,28 см), культивируемого в эталонном образце. Обобщенное среднее по сортообразцам в его максимальном проявлении (16,92±0,22 см) отмечено у вида 3, минимальном – у вида 7 (0,99±0,10 см). Превышение обобщенных по вариантам опыта значений составило 17,09 раза или 15,93 см.

Наиболее надежным индикатором успешности происходящих на черенках процессов ризогенеза и пострегенеративного развития черенков выступает общая суммарная протяженность корневых систем, сформировавшихся в течение вегетационного периода (табл. 6). Данный показатель у испытываемых растений обладал наибольшей восприимчивостью к изменению режимов освещенности, которое вызывалось введением в схему опыта фототрансформирующего органического люминофора. Отчетливо наблюдается усиление роста корней во всех вариантах, в которых были задействованы укрывные материалы, содержащие более высокое количество люминофора (фон 1). Наибольший результат обнаружен у бирючины обыкновенной (вид 1) – 190,15±15,06 см и у форзиции промежуточной (вид 3) – 163,23±8,77 см. Наименьший результат в этом случае показал сорт «Саммер Вайн» пузыреплодника калинолистного (вид 7) – 3,13±0,84 см.

Таблица 6

Общая протяженность корневых систем на черенках, см

The total length of root systems on cuttings, cm

Вариант укрытия	Испытываемые таксоны, получившие условное обозначение «Вид»						
	Вид 1	Вид 2	Вид 3	Вид 4	Вид 5	Вид 6	Вид 7
Фон-1	190,15±15,06	92,88±9,24	163,23±8,77	4,32±1,52	3,61±1,11	7,59±1,68	3,13±0,84
Фон-2	173,11±8,50	90,53±9,09	119,52±5,55	3,05±1,11	2,55±1,76	6,14±2,79	2,60±0,77
Фон-3	100,65±17,41	65,81±6,08	113,43±4,62	3,05±1,03	1,91±0,72	2,99±0,90	1,53±0,39
Фон-4	52,10±13,56	55,22±4,74	103,18±4,60	1,61±0,38	1,69±0,58	1,61±0,59	1,40±0,44
Фон-5	91,79±9,87	54,70±6,00	98,13±7,35	1,63±0,44	1,94±0,82	2,39±0,79	1,37±0,35
Эталон	101,17±12,23	54,81±6,04	107,97±5,70	1,43±0,46	1,46±0,62	1,30±0,55	1,35±0,37
Контроль	97,33±10,52	54,86±5,44	93,54±5,45	1,44±0,54	1,44±0,46	1,36±0,44	1,35±0,35
Total	115,48±5,51	66,87±1,74	114,14±2,65	2,36±0,34	2,08±0,28	3,34±0,54	1,82±0,21

Сравнительно меньшую протяженность корневых систем имели те же образцы в контрольном варианте: $97,33 \pm 10,52$ см (вид 1); $93,54 \pm 5,45$ см (вид 3); $1,35 \pm 0,35$ см (вид 7). В ряде случаев наблюдалось снижение результатов, которое трудно было объяснить направленной реакцией на изменение плотности фотолюминофора в пленочных укрытиях вегетационных сооружений. Так, у бирючины обыкновенной (вид 1) наименьший результат ($52,10 \pm 13,56$ см) зафиксирован в варианте с фоном 4. У сирени венгерской (вид 2) в вариантах с плотностью сплошного покрытия 0,025% (фон 4), с дискретным нанесением люминофора плотностью 0,25% (фон 5), а также в эталонном и контрольном вариантах наблюдалось устойчивое уменьшение показателей до уровня от $54,70 \pm 6,00$ см до $55,22 \pm 4,74$ см.

Все вышеуказанные различия между сравниваемыми вариантами опыта (в нашем случае различными концентрациями фотолюминофора) проявились на выровненном фоне экологических условий (биологические характеристики черенков и параметры среды в вегетационных сооружениях абсолютно идентичны), что дало основание признать причиной их возникновения эффект влияния оптических свойств используемых укрывных материалов.

В порядке обсуждения материалов можно отметить, что достигнутый нами результат позволит существенно снизить дефицит качественного посадочного материала, предназначенного для эффективного решения проблем экологии современных городов, которое может быть достигнуто путем совершенствования и оптимизации ассортимента создаваемых в них объектов озеленения, в том числе путем привлечения наиболее эффективных в указанном плане и хорошо адаптированных к местам расселения экзотов. Подобных взглядов на указанную проблему придерживаются многие специалисты [Калуцкий и др., 1986; Бессчетнова и др., 2017; Кулькова и др., 2020; Бабаев и др., 2022; Есичев и др., 2022; Kulkova et al., 2022]. Выводы о перспективности практического использования в Нижегородском Поволжье исследованных видов, чьи ареалы лежат за его пределами, в целом соответствуют сложившейся к настоящему моменту отечественной теории интродукции [Базилевская, 1964; Бессчетнова, 1971, 1983; Лапин, 1971, 1972; Лапин и др., 1979].

Полученные подтверждения перспективности применения испытанных укрывных материалов в укоренении черенков, а также ранее накопленные нами данные [Мартынова и др., 2021; Храмов и др., 2022; Мартынова и др., 2022; Martynova et al., 2021] принципиально соответствуют публикациям других авторов по указанному вопросу [Бессчетнова и др., 2024б, в; Parimala et al., 2024]. Выявленная эффективность включения в их состав светопрео-

разующих материалов совпадает с современными представлениями о возможностях регулирования спектральных и других параметров светового потока в количественном и качественном отношении [Карасев, 1995; Иваницкий, 2011; Храмов и др., 2015; Brown, 1995; González et al., 2001; Espi et al., 2006a, b; Gavriluta et al., 2017; Wang et al., 2020; Maraveas et al., 2021; Sánchez-Lanuza et al., 2021]. Зафиксированное вследствие этого повышение результативности укоренения черенков, а также усиление пострегенеративного развития их надземной части и корневых систем адекватно мнению отечественных и зарубежных специалистов, что коррекция светового потока способна вызывать разнонаправленные ответные реакции растений, затрагивающие их биологию [Щелоков, 1986; Teng et al., 2014; Delprato et al., 2015], морфогенез [Минич и др., 2006, 2011; Kosobryukhov et al., 2000; Jansen, 2002], фотосинтезирующий аппарат [Guo, Tan, 2015] и многое другое [Минич и др., 2011; Terry et al., 2024].

Выводы.

1. Протестированные укрывные материалы, содержащие в своем составе светотрансформирующий органический фотолюминофор, способны вызвать возрастание активности каллусогенеза и ризогенеза, а также повышение темпов пострегенерационного развития корневых систем стеблевых черенков изученных декоративных видов;

2. Наиболее интенсивное образование каллуса и придаточных корней, а также развитие корневых систем всех испытываемых растений отмечалось в укрытиях с повышенной долей органического фотолюминофора; общие наименьшие показатели зафиксированы в варианте с его минимальным содержанием. Применение укрытия с концентрацией светотрансформирующего вещества 0,25% дало лучшие результаты в отношении всех исследованных в опыте видов;

3. Изученные виды, их декоративные формы и сорта обладали неодинаковой реакцией на спектральное преобразование потока солнечного света. Более восприимчивыми к нему в границах испытанных концентраций люминофора в укрывном материале оказались особи бирючины обыкновенной и форзиции промежуточной;

4. Испытанная технология размножения древесных видов результативна в получении посадочного материала вегетативного происхождения. Достигнутый уровень корнеобразования и каллусогенеза, а также пострегенеративного развития корневых систем свидетельствует о большом потенциале интродукции данных видов в Нижегородскую область и широких перспективах их хозяйственного применения в указанном регионе.

Благодарности. Автор выражает благодарность кандидату физико-математических наук Р.Н. Храмову за предоставленный экспериментальный укрывной материал, содержащий биологический фотолуминофор, и за консультации по его применению.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Базилевская Н.А. Теории и методы интродукции растений. М.: МГУ, 1964. 131 с.

Бабаев Р.Н., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Пигментация листовых пластин представителей рода береза (*Betula* L.) // Лесной вестник. 2022. Т. 26, № 3. С. 29–38. DOI: 10.18698/2542–1468–2022–3–29–38.

Бессчетнова М.В. Некоторые генетические аспекты теории интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1971. Вып. 82. С. 3–7.

Бессчетнова М.В. Адаптационные процессы с позиции интродукции растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1983. Вып. 128. С. 1–6.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Мишукова И.В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (*Picea* A. Dietr.) в условиях интродукции // ИВУЗ. Лесной журнал. 2017. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.

Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В., Вышегородцев А.В., Широков А.И. Укореняемость черенков тиса канадского (*Taxus canadensis* Marshall) в экологических условиях Нижегородского Поволжья // Экономические аспекты развития АПК и лесного хозяйства // Лесное хозяйство Союзного государства России и Белоруссии: матер. Междунар. науч.-практич. конф. Нижний Новгород, 2019. С. 139–145.

Бессчетнова Н.Н., Миронова А.Ю. Применение фотолуминофора в вегетационных сооружениях при размножении черенками пузыреплодника калинолистного // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы XV Международной научной конференции. Т. 25. Красноярск, 2022. С. 15–19.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Паникаров И.И. Пыльзадерживающая способность хвои ели колючей в насаждениях г. Нижнего Новгорода // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024а. Вып. 247. С. 188–208. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.188-208.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Храмов Р.Н. Влияние модифицированного фотолуминофором агротекстиля спанбонд на укоренение черенков туи западной (*Thuja occidentalis* L.) // Лесной вестник. 2024б. Т. 28, № 2. С. 17–26. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-17-26.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Храмов Р.Н., Бабиц Н.А., Мелехов В.И. Синтетические укрытия вегетационных сооружений с интегрированным фото-

люминофором в укоренении черенков туи западной // Известия вузов. Лесной журнал. 2024в. Вып. 2. С. 29–48. DOI:10.37482/0536-1036-2024-2-29-48

Вышегородцев А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Широков А.И. Видоспецифичность регенеративной способности черенков тиса при интродукции в Нижегородскую область // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 2. С. 118–132. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-118-132.

Головкин Б.Н. История интродукции растений в ботанических садах. М.: МГУ, 1981. 123 с.

Есичев А.О., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Бабич А.Н., Кентбаев Е.Ж., Кентбаева Б.А. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область // Лесной вестник. 2022. Т. 26, № 1. С. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27.

Иваницкий А.Е. Исследование свойств фотолюминесцентных пленок при возбуждении солнечным излучением // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. Вып. 8. С. 119–123.

Калуцкий К.К., Болотов Н.А., Михайленко Д.М. Древесные экзоты и их насаждения: справочное издание. М.: Агропромиздат, 1986. 271 с.

Карасев В.Е. Полисветаны – полимерные светотрансформирующие материалы для сельского хозяйства // Вестник Дальневосточного отделения РАН. 1995. № 2. С. 66–73.

Котынова М.Ю., Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Укоренение черенков декоративных форм туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в теплицах // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы XVIII Международной научно-технической конференции. Вологда, 2020. С. 147–149.

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Применение стимулирующей обработки в укоренении черенков ели Коники // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 79–91. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.79–91.

Латин П.И. Теория и практика интродукции древесных растений в средней полосе европейской части СССР // Бюллетень Главного ботанического сада. 1971. Вып. 81. С. 60–69.

Латин П.И. О терминах, применяемых в исследованиях по интродукции и акклиматизации растений // Бюллетень Главного ботанического сада. 1972. Вып. 83. С. 10–18.

Латин П.И., Калуцкий К.К., Калуцкая О.Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 224 с.

Локтева А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Биологические особенности представителей рода ель (*Picea* A. Dietr.) в структуре урбоэкосистем // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2023. Материалы XII Международной научно-практической конференции. Саратов–Нижний Новгород, 2023. С. 7–21.

Мартынова Н.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Мартынов Р.В. Влияние биологически активных препаратов при стимулировании черенков бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.) // От биопродуктов к биоэкономике: материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием). Барнаул, 2021. С. 77–81.

Мартынова Н.В., Бессчетнова Н.Н. Применение стимуляторов роста при размножении зелеными черенками бирючины обыкновенной // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург, 2022. С. 183–186.

Миронова А.Ю., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Гаврилова А.А. Развитие черенков декоративных форм и сортов пузыреплодника калинолистного при укоренении с использованием светотрансформирующих укрытий // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения: сборник научных статей по материалам всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нижний Новгород, 2022. С. 314–324.

Минич А.С., Минич И.Б., Зеленьчукова Н.С., Карначук Р.А., Головацкая И.Ф., Ефимова М.В., Райда В.С. Роль красного люминесцентного излучения низкой интенсивности в регуляции морфогенеза и гормонального баланса *Arabidopsis thaliana* // Физиология растений. 2006. Т. 53, № 6. С. 762–767.

Минич А.С., Минич И.Б., Шайтарова О.В., Пермякова Н.Л., Зеленьчукова Н.С., Иваницкий А.Е., Филатов Д.А., Излев Г.А. Жизнедеятельность *Lactuca sativa* и микроорганизмов почвы под флуоресцентными пленками // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. Вып. 8(110). С. 78–84.

Паникаров И.И., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Взаимозависимость параметров хвои ели колючей в определении её пылезадерживающей способности // Хвойные бореальной зоны. 2023. Т. XLI, № 6. С. 495–503. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-495-503.

Паникаров И.И., Бессчетнова Н.Н., Воробьев Р.А. Изменчивость параметров хвои ели колючей в объектах озеленения Нижнего Новгорода // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург, 2024. С. 303–308.

Петрова И.П. Интродукция древесных растений Средней Азии в Москве. М.: Наука, 1978. 154 с.

Чаховский А.А. Эколого-биологические основы интродукции древесных растений в Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1991. 223 с.

Храмов Р.Н., Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Гаврилова А.А. Нанокompозитные светотрансформирующие укрывные материалы в лесном и сельском хозяйстве // Элементная база отечественной радиоэлектроники: импортозамещение и применение. Труды II Российско-Белорусской научно-технической конференции им. О.В. Лосева, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечествен-

ной войне, 70-летию образования РНТОРЭС им. А.С. Попова, Всемирному Году Света. Нижний Новгород, 2015. С. 325–328.

Храмов Р.Н., Миронова А.Ю., Мартынова Н.В., Гаврилова А.А. Корнеобразование на черенках декоративных форм и сортов пузыреплодника калинолистного в условиях применения светотрансформирующих укрытий // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4(36). С. 98–109.

Щелоков Р.Н. Полисветаны и полисветановый эффект // Известия АН СССР. 1986. № 10. С. 50–55.

Brown C.S., Schuerger A.C., Sager J.C. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting-diodes with supplemental blue or far-red lighting // Journal of the American Society for Horticultural Science. 1995. Vol. 120, iss. 3. P. 808–813. DOI:10.21273/JASHS.120.5.808.

Brown R.P. Polymers in agriculture and horticulture // Rapra Review Reports. 2004. Vol. 15, no. 2. P. 1–92.

Delprato M.L., Krapp A.R., Carrillo N. Green light to plant responses to pathogens: the role of chloroplast light-dependent signaling in biotic stress // Photochemistry and Photobiology. 2015. Vol. 91, iss. 5. P. 1004–1011. DOI: 10.1111/php.12466.

Edser C. Light manipulating additives extend opportunities for agricultural plastic films // Plastics, Additives and Compounding. 2002. Vol. 4, iss. 3. P. 20–24. DOI: 10.1016/s1464-391x(02)80079-4.

Espi E., Salmeron A., Fontecha A., García Y., Real A.I. Plastic films for agricultural applications // Journal of Plastic Film and Sheeting. 2006a. Vol. 22, iss. 2. P. 85–122. DOI: 10.1177/8756087906064220.

Espi E. New Ultrathermic Films for Greenhouse Covers // Journal of Plastic Film and Sheeting. 2006b. Vol. 22, iss. 1. P. 59–68. DOI: 10.1177/8756087906062764.

Gavriluta A., Fix T., Nonat Al., Slaoui A., Guillemoles J-F., Charbonnière L.J. Tuning the Chemical Properties of Europium Complexes as Downshifting Agents for Copper Indium Gallium Selenide Solar Cells // Journal of Materials Chemistry. 2017. Vol. 5. P. 14031–14040. DOI:10.1039/C7TA02892J.

González A., Rodríguez R., Bañon S., Franco J.A., Fernández J.A. The influence of photoselective plastic films as greenhouse cover on sweet pepper yield and on insect pest levels // Acta Horticulturae. 2001. Vol. 559. P. 233–238. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.559.34.

Guo Y., Tan J. Recent Advances in the Application of Chlorophyll a Fluorescence from Photosystem II // Photochemistry and Photobiology. 2015. Vol. 91, iss. 1. P. 1–14. DOI: 10.1111/php.12362.

Jansen M.A.K. Ultraviolet-B radiation effects on plants: induction of morphogenic responses // Physiologia Plantarum. 2002. Vol. 116, iss. 3. P. 423–429. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2002.1160319.

Khranov R.N., Martynova N.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Luponosov Y.N. The effectiveness of agrotexile cover with organic photoluminophore in rooting cuttings

of Hungarian lilac (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rehb.) // Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy: International Scientific and Practical Conference. Section Agrobiotechnology in Crop and Livestock Production. 2022. Vol. 42. Art. no. 01017. DOI: 10.1051/bioconf/20224201017.

Kosobryukhov A.A., Kreslavski V.D., Khramov R.N., Bratkova L.R., Shchelokov R.N. Effect of additional low intensity luminescence radiation 625 nm on plant growth and photosynthesis of plants // *Biotronics*. 2000. Vol. 29. P. 23–31.

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbaev Y.Zh., Kentbaeva B.A. Growth of Schrenk's Spruce (*Picea schrenkiana*) Seedlings Related to the Pre-Sowing Stimulating Seed Treatment // *IVUZ. Lesnoy Zhurnal*. 2022. № 4. P. 39–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-39-51.

Maraveas C., Loukatos D., Bartzanas T., Arvanitis K.G., Uijterwaal J.F. Smart and Solar Greenhouse Covers: Recent Developments and Future Perspectives // *Frontiers in Energy Research*. 2021. Vol. 9. Art. no. 783587. DOI: 10.3389/fenrg.2021.783587.

Martynova N.V., Besschetnova, N.N., Besschetnov V.P., Martynov R.V. Effectiveness of stimulating treatment cuttings of common privet (*Ligustrum vulgare* L.) with biologically active preparations // *Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions: International Forestry Forum, Voronezh. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 875. Art. no. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012081.

Max J.F.J., Schurr U., Tantau H.-J., Mutwiwa U.N., Hofmann T., Ulbrich A. Greenhouse Cover Technology // *Horticultural Reviews*. 2012. Vol. 40. P. 259–396.

Parimala M.P., Rao M.C., Koutavarapu R., Dubey V. Synthesis and Luminescence Studies of Tb³⁺ Doped Li₂CaSiO₄ Phosphor for Optical Device Application // *Journal of Applied Spectroscopy*. 2024. Vol. 91, iss. 3. P. 640. DOI: 10.1007/s10812-024-01765-1.

Sánchez-Lanuza M.B., Menéndez-Velázquez A., Peñas-Sanjuan A., Navas-Martos F.J., Lillo-Bravo I., Delgado-Sánchez J.-M. Advanced photonic thin films for solar irradiation tuneability oriented to greenhouse applications // *Materials*. 2021. Vol. 14, iss. 9. Art. no. 2357. DOI: 10.3390/ma14092357.

Terry L., Maier C.R., Liang W., Klause N., He J., Tissue D.T., Lan Y.-Ch., Sethuvenkatraman S., Goldsworthy M., Chen Zh.-H. A light-blocking greenhouse film differentially impacts climate control energy use and capsicum production // *Frontiers in Energy Research*. 2024. Vol. 12. Art. no. 1360536. DOI: 10.3389/fenrg.2024.1360536.

Teng Yu., Chen L., Cai D., Wang T., Huang X. Effect of reflective film on sugar accumulation and sucrose-metabolizing enzyme activities of 'Cuiguan' pear under plastic tunnel culture // *Acta Horticulturae*. 2014. Vol. 1015. P. 59–65. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1015.6.

Wang H., Yang S., Li X., Yang F., Sun X., Li W., Yao Z. Improving light converting properties with wettability of polyethylene film by rare earth complex Eu(GI)₃Phen // *Polymer-Plastics Technology and Materials*. 2020. Vol. 59, iss. 17. P. 1875–1886. DOI: 10.1080/25740881.2020.1765379.

References

Bazilevskaya N.A. Theories and methods of plant introduction. Moscow: Moscow State University, 1964. 131 p. (In Russ.)

Babaev R.N., Besschetnova N.N., Besschetov V.P. Pigmentation of the leaf plate of a representative of the genus birch (*Betula* L.). *Lesnoy vestnik*, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 29–38. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-29-38. (In Russ.)

Besschetnova M.V. Some genetic aspects of the theory of plant introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1971, iss. 82, pp. 3–7. (In Russ.)

Besschetnova M.V. Adaptation processes from the perspective of plant introduction. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1983, iss. 128, pp. 1–6. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetov V.P., Kulkova A.V., Mishukova I.V. Starch content in the tissues of shoots of different species of spruce (*Picea* A. Dietr.) in conditions of introduction. *IVUZ. Lesnoy Zhurnal*, 2017, no. 4, pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Kulkova A.V., Vyshegorodtsev A.V., Shirokov A.I. Rooting of cuttings of the Canadian yew (*Taxus canadensis* Marshall) in the ecological conditions of the Nizhny Novgorod Volga region. *Economic aspects of the development of agriculture and forestry. Forestry of the Union State of Russia and Belarus: materials of international scientific and practical conference*. Nizhny Novgorod, 2019, pp. 139–145. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Mironova A.Yu. The use of photoluminophore in vegetation structures during propagation by cuttings of *Pemphigus viburnum*. *Fruit growing, seed production, introduction of woody plants: proceedings of the XV International Scientific Conference*. Krasnoyarsk, 2022, vol. 25, pp. 15–19. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetov V.P., Panikarov I.I. The dust-retaining ability of the needles of the prickly spruce in the plantations of Nizhny Novgorod. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2024a, iss. 247, pp. 188–208. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.247.188-208. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetov V.P., Khramov R.N. Influence of spunbond agrotexile modified with photoluminophore on rooting of cuttings of arbovitae (*Thuja occidentalis* L.). *Lesnoy vestnik*, 2024b, vol. 28, no. 2, pp. 17–26. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-2-17-26. (In Russ.)

Besschetnova N.N., Besschetov V.P., Khramov R.N., Babich N.A., Melekhov V.I. Synthetic shelters of vegetation structures with integrated photoluminophore in rooting of cuttings of arbovitae. *IVUZ. Lesnoy Zhurnal*, 2024c, iss. 2, pp. 29–48. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-29-48. (In Russ.)

Brown K.S., Sherger A.S., Sager J.S. Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting-diodes with supplemental blue or far-red lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1995, vol. 120, iss. 3, pp. 808–813. DOI: 10.21273/JASHS.120.5.808.

Brown R.P. Polymers in agriculture and horticulture. *Rapra Review Reports*, 2004, vol. 15, no. 2, pp. 1–92.

Chakhovsky A.A. Ecological and biological bases of the introduction of woody plants in Belarus. Minsk: Science and Technology, 1991. 223 p. (In Russ.)

Delprato M.L., Krapp A.R., Carrillo N. Green light in plant response to pathogens: the role of light-dependent signaling of chloroplasts in biotic stress. *Photochemistry and Photobiology*, 2015, vol. 91, iss. 5, pp. 1004–1011. DOI: 10.1111/php.12466

Edser S. Light manipulating additives extend opportunities for agricultural plastic films. *Plastics, additives and compounding*, 2002, vol. 4, iss. 3, pp. 20–24. DOI: 10.1016/s1464-391x(02)80079-4.

Espi E., Salmeron A., Fontecha A., García Y., Real A.I. Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 2006, vol. 22, iss. 2, pp. 85–122. DOI: 10.1177/8756087906064220.

Espi E., Salmeron A., Fontecha A., García Y., Real A.I. Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 2006, vol. 22, iss. 1, pp. 59–68. DOI: 10.1177/8756087906062764.

Gavriluta A., Fix T., Nonat Al., Slaoui A., Guillemoles J-F., Charbonnière L.J. Tuning the chemical properties of europium complexes as downshifting agents for copper indium gallium selenide solar cells. *Journal of Materials Chemistry*, 2017, vol. 5, pp. 14031–14040. DOI:10.1039/C7TA02892J.

Golovkin B.N. The history of plant introduction in botanical gardens. Moscow: Moscow State University, 1981. 123 p. (In Russ.)

Gonzalez A., Rodriguez R., Bagnon S., Franco H.A., Fernandez H.A. The effect of photo-selective plastic films as greenhouse coatings on sweet pepper yields and pest levels. *Acta Horticulturae*, 2001, vol. 559, pp. 233–238. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.559.34.

Guo Y., Tan J. Recent Advances in the Application of Chlorophyll a Fluorescence from Photosystem II. *Photochemistry and Photobiology*, 2015, vol. 91, iss. 1, pp. 1–14. DOI: 10.1111/php.12362.

Ivanitsky A.E. Investigation of the properties of photoluminescent films under excitation by solar radiation. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 2011, iss. 8, pp. 119–123. (In Russ.)

Jansen M.A.K. Ultraviolet-B radiation effects on plants: induction of morphogenic responses. *Physiologia Plantarum*, 2002, vol. 116, iss. 3, pp. 423–429. DOI: 10.1034/j.1399-3054.2002.1160319

Kalutsky K.K., Bolotov N.A., Mikhailenko D.M. Arboreal exotics and their plantations: a reference edition. Moscow: Agropromizdat, 1986. 271 p. (In Russ.)

Karasev V.E. Polysvetanes – polymer light-transforming materials for agriculture. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 1995, no. 2, pp. 66–73. (In Russ.)

Khramov R.N., Mironova A.Yu., Martynova N.V., Gavrilova A.A. Root formation on cuttings of decorative forms and varieties of viburnum pemptifolium in the conditions of using light-transforming shelters. *Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*, 2022, no. 4(36), pp. 98–109. (In Russ.)

Khramov R.N., Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Gavrilova A.A. Nanocomposite light-transforming covering materials in forestry and agriculture. *Element base of domestic radioelectronics: import substitution and application: proceedings of the II Russian-Belorussian scientific-technical conference named after O.V. Losev, dedicated to the 70th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, the 70th anniversary of the formation of the A.S. Popov RNTORES, the World Year of Light*. Nizhny Novgorod, 2015, pp. 325–328. (In Russ.)

Khramov R.N., Martynova N.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Luponosov Y.N. The effectiveness of agrotexile cover with organic photoluminophore in rooting cuttings of Hungarian lilac (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.). *Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy: International Scientific and Practical Conference. Section Agrobiotechnology in Crop and Livestock Production*. 2022, vol. 42, art. no. 01017. DOI: 10.1051/bioconf/20224201017.

Kosobryukhov A.A., Kreslavski V.D., Khramov R.N., Bratkova L.R., Shchelokov R.N. Effect of additional low intensity luminescence radiation 625 nm on plant growth and photosynthesis of plants. *Biotronics*, 2000, vol. 29, pp. 23–31.

Kotynova M.Yu., Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Rooting cuttings of decorative forms of arbovitae (*Thuja Occidentalis* L.) in greenhouses. *Actual problems of development of the forest complex: materials of the XVIII scientific and technical International Conference*. Vologda, 2020, pp. 147–149. (In Russ.)

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. The use of stimulating treatment in rooting cuttings of Conica spruce. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehničeskoj Akademii*, 2020, iss. 232, pp. 79–91. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.79-91. (In Russ.)

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kentbaev Y.Zh., Kentbaeva B.A. Growth of Schrenk's Spruce (*Picea schrenkiana*) Seedlings Related to the Pre-Sowing Stimulating Seed Treatment. *IVUZ. Lesnoy Zhurnal*, 2022, no. 4, pp. 39–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-39-51.

Lapin P.I. Theory and practice of introduction of woody plants in the middle zone of the European part of the USSR. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1971, iss. 81, pp. 60–69. (In Russ.)

Lapin P.I. On the terms used in research on the introduction and acclimatization of plants. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 1972, iss. 83, pp. 10–18. (In Russ.)

Lapin P.I., Kalutsky K.K., Kalutskaya O.N. Introduction of forest species. Moscow: Forest Industry, 1979. 224 p. (In Russ.)

Lokteva A.V., Beschetnova N.N., Beschetnov V.P. Biological connections of representatives of the genus el (*Picea* A. Dietr.) with a structural unit. *Dutch architecture and growth: from project to nomics – 2023*: Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference, Saratov-Nizhny Novgorod, 2023, pp. 7–21. (In Russ.)

Maraveas C., Loukatos D., Bartzanas T., Arvanitis K.G., Uijterwaal J.F. Smart and Solar Greenhouse Covers: Recent Developments and Future Perspectives. *Frontiers. Frontiers in Energy Research*, 2021, vol. 9, art. no. 783587. DOI: 10.3389/fenrg.2021.783587.

Martynova N.V., Besschetnova N.N. The use of growth stimulants in reproduction by green cuttings of common privet. *Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia: materials of the XVIII All-Russian (national) scientific and technical conference*. Yekaterinburg, 2022, pp. 183–186. (In Russ.)

Martynova N.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Martynov R.V. The effect of biologically active drugs in stimulating cuttings of privet (*Ligustrum vulgare* L.) *From bioproducts to bioeconomics*: Proceedings of the IV Interregional scientific and practical Conference (with international participation). Barnaul, 2021, pp. 77–81. (In Russ.)

Martynova N.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Martynov R.V. Effectiveness of stimulating treatment cuttings of privet common (*Ligustrum vulgare* L.) with biologically active preparations. *Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions*: International Forestry Forum, Voronezh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 875, art. no. 012081. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012081.

Max J.F.J., Schurr U., Tantau H.-J., Mutwiwa U.N., Hofmann T., Ulbrich A. Greenhouse Cover Technology. *Horticultural Reviews*, 2012, vol. 40, pp. 259–396.

Minich A.S., Minich I.B., Shaitarova O.V., Permyakova N.L., Zelenchukova N.S., Ivanitsky A.E., Filatov D.A., Ivlev G.A. Vital activity of *Lactuca sativa* and soil microorganisms under fluorescent films. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 2011, iss. 8(110), pp. 78–84. (In Russ.)

Minich A.S., Minich I.B., Zelenchukova N.S., Karnachuk R.A., Golovatskaya I.F., Efimova M.V., Raida V.S. The role of low-intensity red luminescent radiation in the regulation of morphogenesis and hormonal balance of *Arabidopsis thaliana*. *Plant physiology*, 2006, vol. 53, no. 6, pp. 762–767. (In Russ.)

Mironova A.Yu., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Gavrilova A.A. Development of cuttings of decorative forms and varieties of viburnum when rooting using light-transforming shelters. *Forestry: current problems and ways to solve them: collection of scientific articles on mater. All-Russian (national) scientific and practical conference*. Nizhny Novgorod, 2022, pp. 314–324. (In Russ.)

Panikarov I.I., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. The interdependence of the parameters of the needles of the prickly spruce in determining its dust-holding ability. *Coniferous of boreal zone*, 2023, vol. XLI, no. 6, pp. 495–503. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-6-495-503. (In Russ.)

Panikarov I.I., Besschetnova N.N., Vorobyov R.A. Variability of the parameters of the needles of the prickly spruce in the landscaping facilities of Nizhny Novgorod. *Scientific creativity of young people is for the forestry of Russia: Materials of the XX All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of students and PhD students*. Yekaterinburg, 2024, pp. 303–308. (In Russ.)

Parimala M.P., Rao M.C., Koutavarapu R., Dubey V. Synthesis and Luminescence Studies of Tb³⁺ Doped Li₂CaSiO₄ Phosphor for Optical Device Application. *Journal of Applied Spectroscopy*, 2024, vol. 91, iss. 3, p. 640. DOI: 10.1007/s10812-024-01765-1.

Petrova I.P. Introduction of woody plants of Central Asia in Moscow. Moscow: Nauka, 1978. 154 p. (In Russ.)

Sánchez-Lanuzá M.B., Menéndez-Velázquez A., Peñas-Sanjuan A., Navas-Martos F.J., Lillo-Bravo I., Delgado-Sánchez J.-M. Advanced photonic thin films for solar irradiation tuneability oriented to greenhouse applications. *Materials*, 2021, vol. 14, iss. 9, art. no. 2357. DOI: 10.3390/ma14092357.

Shchelokov R.N. Polysvetanes and polysvetane effect. *Izvestia of the USSR Academy of Sciences*, 1986, no. 10, pp. 50–55. (In Russ.)

Teng Yu., Chen L., Cai D., Wang T., Huang X. Effect of reflective film on sugar accumulation and sucrose-metabolizing enzyme activities of 'Cuiguan' pear under plastic tunnel culture. *Acta Horticulturae*, 2014, vol. 1015, pp. 59–65. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1015.6.

Terry L., Maier C.R., Liang W., Klause N., He J., Tissue D.T., Lan Y.-Ch., Sethuvenkatraman S., Goldsworthy M., Chen Zh.-H. A light-blocking greenhouse film differentially impacts climate control energy use and capsicum production. *Frontiers in Energy Research*, 2024, vol. 12, art. no. 1360536. DOI: 10.3389/fenrg.2024.1360536.

Vyshegorodtsev A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Shirokov A.I. Species specificity of the regenerative ability of yew cuttings during introduction to the Nizhny Novgorod region. *Coniferous of boreal zone*, 2023, vol. XLI, no. 2, pp. 118–132. DOI: 10.53374/1993-0135-2023-2-118-132. (In Russ.)

Wang H., Yang S., Li X., Yang F., Sun X., Li W., Yao Z. Improving light converting properties with wettability of polyethylene film by rare earth complex Eu(GI)3Phen. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 2020, vol. 59, iss. 17, pp. 1875–1886. DOI: 10.1080/25740881.2020.1765379.

Yesichev A.O., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Babich A.N., Kentbaev E.Zh., Kentbayeva B.A. The content and balance of spare substances in Siberian larch shoots under conditions of reintroduction to the Nizhny Novgorod region. *Lesnoy vestnik*, 2022, vol. 26, no. 1, pp. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 17.05.2024

Мартынова Н.В. Эффективность укрытий с применением светотрансформирующего органического фотолуминофора при клонировании черенков древесных видов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 253. С. 79–99. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.79-33

Изучали эффективность применения светотрансформирующего укрытия вегетационных сооружений, состоящего из спанбонда с интегрированным в его структуру органическим фотолуминофором, при укоренении черенков древесных видов. Объектом исследования явились стеблевые черенки типичных форм бирючины обыкновенной (*Ligustrum vulgare* L.), сирени венгерской (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rechb.), форзиции промежуточной (*Forsythia × intermedia* Zabel), пузыреплодника калинолистного (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.) и его сортов «Лютеус», «Диабло» и «Саммер Вайн», находящиеся в активном физиологическом состоянии, соответствующем фазе завершения линейного роста побегов. Маточные растения были размещены в дендрарии Нижегородского ГАТУ. Побеги одновременно заготавливали из периферийной зоны среднего яруса хорошо освещенного участка кроны растений, дислоцированных в границах единого опытного участка с географическими координатами 56°14'32.7"N 43°57'20.7"E и высотой над уровнем моря 178 м. Организационно-методическая схема проведения работ базировалась на принципах единственного логического различия, типичности, целесообразности и надежности опыта. Исследования проведены полевым стационарным и лабораторными методами. Испытаны синтетические укрывные материалы с включением в их состав фотолуминофоров. Летние вегетационные сооружения были оснащены туманообразующей установкой с автоматом подачи воды и контролем за параметрами среды. В качестве субстрата в них использован крупнозернистый речной песок. Выявили специфическую реакцию черенков на изменение концентрации фотолуминофора в структуре спанбонда. Наиболее высокие темпы образования каллуса отмечены в вариантах укрытия с наибольшей концентрацией люминофора и обнаружены у форзиции промежуточной – 77,00±4,64% и сирени венгерской — 73,16±5,94%. Зафиксировали, что данные древесные виды в условиях интродукции различным образом проявили свою регенерационную способность при их размножении черенками в летних вегетационных сооружениях с применением светотрансформирующих укрытий.

Ключевые слова: укоренение, каллусогенез, ризогенез, органический фотолуминофор, бирючина обыкновенная, сирень венгерская, форзиция промежуточная, пузыреплодник калинолистный.

Martynova N.V. Effectiveness of shelters using light-transforming organic photoluminophore in cloning cuttings of woody species. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoj Akademii*, 2025, iss. 253, pp. 79–99 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.253.79-99

The effectiveness of the use of a light-transforming shelter for vegetation structures, consisting of a spunbond with an organic photoluminophore integrated into its structure, was studied when rooting cuttings of woody species. The object of the study were stem cuttings of typical forms of common privet (*Ligustrum vulgare* L.), Hungarian lilac (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.), *Forsythia* × *intermedia* Zabel, *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. and its varieties “Luteus”, “Diabolo” and “Summer Vine”, which are in an active physiological state corresponding to the phase of completion of linear growth of shoots. The mother plants were placed in the arboretum of the Nizhny Novgorod GATU. Shoots were simultaneously harvested from the peripheral zone of the middle tier of a well-lit section of the crown of plants located within the boundaries of a single experimental site with geographical coordinates 56°14'32.7"N 43°57'20.7"E and a height above sea level of 178 m. The organizational and methodological scheme of the work was based on the principles of a single logical difference, typicality, expediency and reliability of experience. The research was carried out using field stationary and laboratory methods. Synthetic covering materials with the inclusion of photoluminophores in their composition have been tested. The summer vegetation facilities were equipped with a fog-forming installation with an automatic water supply and control of environmental parameters. Coarse-grained river sand is used as a substrate in them. A specific reaction of cuttings to changes in the concentration of photoluminophore in the spunbond structure was revealed. The highest rates of callus formation were noted in the shelter variants with the highest concentration of phosphor and were found in *Forsythia* × *intermedia* – 77.00±4.64% and Hungarian lilac – 73.16±5.94%. It was recorded that these tree species under the conditions of introduction showed their regenerative ability in various ways when they were propagated by cuttings in summer vegetation structures using light-transforming shelters.

Key words: rooting, callusogenesis, rhizogenesis, organic photoluminophore, common privet, Hungarian lilac, *Forsythia* × *intermedia*, *Physocarpus opulifolius*.

МАРТЫНОВА Наталья Валерьевна – старший преподаватель кафедры лесной таксации и лесоустройства Нижегородского государственного агротехнологического университета, SPIN-код: 4247-3918.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: martynovana-tasha94@yandex.ru

MARTYNOVA Natalia V. – Senior lecturer at the Department of Forest Taxation and Forest Management of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. SPIN-code: 4247-3918.

603107, Gagarina av. 97, Nizhny Novgorod, Russia. E-mail: martynovana-tasha94@yandex.ru