

## ВИДОСПЕЦИФИЧНОСТЬ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕРЕНКОВ ТИСА ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В НИЖЕГОРОДСКУЮ ОБЛАСТЬ

А. В. Вышегородцев<sup>1</sup>, Н. Н. Бессчетнова<sup>1</sup>, В. П. Бессчетнов<sup>1</sup>, А. И. Широков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия  
Российская Федерация, 603107, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 97  
E-mail: lesfak@bk.ru

<sup>2</sup>Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского  
Российская Федерация, 603022, г. Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23

Исследовали видоспецифичность представителей рода Тис (*Taxus L.*) по регенеративной способности черенков и реакция на применение различных субстратов и биологически активных препаратов при интродукции в Нижегородскую область. Актуальность работы обусловлена потребностью в расширении перечня видов древесных и кустарниковых растений, используемых в городских насаждениях различного функционала. Объект исследования – типичные особи тиса канадского (*Taxus canadensis Marshall*) и тиса ягодного (*Taxus baccata L.*), а также декоративные формы: золотисто-кончиковая (*Taxus baccata L., f. Capitata Aurea*) и элегантная (*Taxus baccata L., f. Elegantissima*). Все учетные растения дислоцированы на участке с координатами 56°15'19.9"N 44°00'24.2"E и высотой над уровнем моря 173 м. Предметом исследования выступали процессы каллусогенеза и ризогенеза, а также темпы пострегенеративного развития надземной части. Черенки размещали по единым схемам в идентичных по конструкции и размерам вегетационных сооружениях с автоматизированной системой орошения, в которых поддерживались одинаковые для всех вариантов и повторностей опыта условия. Субстрат представлен крупнозернистым речным песком или агроперлитом М-150. Биостимуляторами выступали водные растворы гетероауксина и корневина. Установлена специфика видов и декоративных форм тиса по интенсивности каллусо- и ризогенеза, линейным параметрам корневых систем и надземной части стеблевых черенков. Наиболее активно каллусообразование в песке с применением в качестве стимулятора гетероауксина и протекало у тиса канадского (84,20±2,93 %). Труднее регенерация проходила у элегантной формы тиса ягодного (18,33±1,51 %). Преимущества тиса канадского выявлено по количеству придаточных корней (12,66±0,61 шт.). Наименьшим их общим числом обладала золотисто-кончиковая форма тиса ягодного (2,96±0,25 шт.). Дисперсионный анализ подтвердил существенность межвидовых различий по всем показателям регенерационной способности черенков и пострегенерационного развития их корневых систем и надземной части.

**Ключевые слова:** тис канадский, тис ягодный, черенки, каллусогенез, ризогенез.

*Conifers of the boreal area.* 2023, Vol. XLI, No. 2, P. 118–132

## SPECIES SPECIFICITY OF THE REGENERATIVE ABILITY OF YEW CUTTINGS DURING INTRODUCTION TO THE NIZHNY NOVGOROD REGION

A. V. Vyshegorodtsev<sup>1</sup>, N. N. Besschetnova<sup>1</sup>, V. P. Besschetnov<sup>1</sup>, A. I. Shirokov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod state agricultural Academy  
97, Gagarina av., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation  
E-mail: lesfak@bk.ru

<sup>2</sup>Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky  
23, Gagarin av., Nizhny Novgorod, 603022, Russian Federation

The species specificity of representatives of the genus Yew (*Taxus L.*) was studied by the regenerative ability of cuttings and reactions to the use of various substrates and biologically active preparations during introduction to the Nizhny Novgorod region. The relevance of the work is due to the need to expand the list of types of woody and shrubby plants used in urban plantings of various functions. The object of the study is typical specimens of the Canadian yew (*Taxus canadensis Marshall*) and European yew (*Taxus baccata L.*), as well as decorative forms: golden-tipped (*Taxus baccata, f. Capitata Aurea*) and elegant (*Taxus baccata, f. Elegantissima*). All studied plants are located on the site with coordinates 56°15'19.9"N 44°00'24.2"E and 173 m above sea level. The subject of the study was the processes of callusogenesis and rhizogenesis, as well as the rates of post-regenerative development of the aboveground part. Cuttings were placed according to uniform schemes in vegetation structures identical in design and size with an automated

irrigation system, in which the same conditions were maintained for all variants and repetitions of the experiment. The substrate is represented by coarse-grained river sand or agro-perlite M-150. Bio-stimulants were aqueous solutions of heteroauxin and kornevin. The specificity of species and decorative forms of yew has been established in terms of the intensity of callus formation and roots induction, linear parameters of root systems and the aboveground part of stem cuttings. Callus formation in sand with the use of heteroauxin as a stimulant was most active in Canadian yew ( $84.20 \pm 2.93$  %). Regeneration was more difficult in the elegant form of European yew ( $18.33 \pm 1.51$  %). The advantages of the Canadian yew were revealed by the number of subordinate roots ( $12.66 \pm 0.61$  pcs.). The golden-tipped form of European yew had the smallest total number of them ( $2.96 \pm 0.25$  pcs.). The ANOVA confirmed the significance of inter-specific differences in all indicators of the regenerative ability of cuttings and the post-regenerative development of their root systems and the aboveground part.

**Keywords:** Canadian yew, European yew, cuttings, callusogenesis, rhizogenesis.

## ВВЕДЕНИЕ

Расширение перечня видов древесных и кустарниковых растений, используемых в городских насаждениях различного функционала, будет способствовать оптимизации их ассортимента, что в свою очередь обеспечит успешное решение задач по стабилизации экологической обстановки урбанизированных систем [11; 14; 19; 20] и минимизации рисков негативных климатических изменений вследствие углеродного загрязнения атмосферы [10; 17; 18; 40; 52; 53]. Означенные проблемы не новы и в последние десятилетия успели приобрести поистине глобальный характер [32; 36; 38]. В сложившейся ситуации немаловажную роль могут сыграть представители инорайонной флоры, в число которых на территории Среднего Поволжья включают различные виды тиса (*Taxus* L.) с его многочисленными декоративными формами [3; 4; 8; 9]. Совершенствование технологий их вегетативного размножения в количественном и качественном аспектах служит залогом успешного расселения интродуцентов в новых местах обитания [5; 12; 13; 21]. Одним из наиболее результативных его приемов выступает укоренение черенков, которое в настоящий момент успешно адаптировано для обширного списка хвойных и лиственных деревьев и кустарников [23; 25; 30; 41; 45; 58; 60–64]. В этой связи исследуются зависимости регенерационных процессов от генетической конституции [45; 54], физиологического статуса [61], фазы онтогенеза [30; 50], и фенологического состояния растений [1], изучаются реакции черенков на укоренение в разных типах субстратов [24; 28] и введение в их состав биологически активных компонентов [28; 60], анализируются процессы каллусогенеза и ризогенеза [62; 63], рост надземной части и корневых систем [29; 59; 64], в том числе, на фоне применения регуляторов роста и стимуляторов регенерационных процессов [4; 16; 46; 56]. Этому во многом способствует последовательное развитие современных производственных практик, ориентированных на применение высокотехнологичных вегетационных сооружений с инновационными свето-трансформирующими материалами укрытий [26; 27; 33–35; 37; 39; 43; 48; 57], оснащенных прогрессивными системами орошения и климат-контроля [12; 13; 21; 55].

Цель исследований – оценка видоспецифичности тиса по регенеративной способности черенков и реакциям на применение различных субстратов и биологически активных препаратов при интродукции в Нижегородскую область.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили типичные особи тиса канадского (*Taxus canadensis* Marshall) и тиса ягодного (*Taxus baccata* L.), а также декоративные формы последнего: золотисто-кончиковая (*Taxus baccata* L., f. *Capitata Aurea*) и элегантная (*Taxus baccata* L., f. *Elegantissima*). Все учетные растения дислоцированы на одном участке в Ботаническом саду Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского с координатами  $56^{\circ}15'19.9''N$   $44^{\circ}00'24.2''E$  и высотой над уровнем моря 173 м. Предметом исследования выступали процессы каллусогенеза и ризогенеза, происходящие на нижних срезах черенков при укоренении в летних вегетационных сооружениях, а также темпы пострегенеративного развития их надземной части. Работы проведены полевым стационарным и лабораторными методами. Нормально развитые стеблевые черенки без признаков повреждения биотическими и абиотическими факторами одновременно готовили в периферийной зоне среднего яруса хорошо освещенного участка кроны растений. Их размещали по единым схемам ( $5 \times 10$  см) в идентичных по конструкции и размерам вегетационных сооружениях с автоматизированной системой орошения, в которых поддерживались одинаковые для всех вариантов и повторностей опыта условия: влажность, температурный фон, освещенность и пр. Контроль параметров среды вели с помощью автоматической метеостанции METEOSCAN PRO 929 RST02929. Формировали двухслойный субстрат: дренирующий слой из известкового щебня крупной фракции, верхний слой (варианты опыта) представлен крупнозернистым речным песком или агроперлитом М-150. Между слоями устилали нетканый иглопробивной агротекстиль (Дорнит 150 г/м<sup>2</sup>). Биостимуляторами (повторности опыта) выступали водные растворы гетероауксина (0,02 %) и корневина (0,01 %) при экспозиции 18 часов. Тестировали основные показатели регенерации и последующего развития корневых систем и надземной части стеблевых черенков типичных представителей т. канадского и т. ягодного, а также декоративных форм последнего (табл. 1).

Первичная единица выборки представляла собой разовый учет каждого из анализируемых показателей по вариантам и повторностям опыта (см. табл. 1), их общее число в базе данных составило 6706 дата-единиц. Высоту надземной части и диаметр корневой шейки черенков измеряли электронным штангенцир-

кулем Colt Electronic Digital Caliper – G06064731 (точность до 0,1 мм) [44]. Образование каллуса оценивали глазомерно в долях от замкнутой окружности (0 – 100 %), количество придаточных корней – визуальным подсчетом, их длину – линейкой (точность до 0,5 мм). Статистический и дисперсионный анализы

выполнены с учетом существующих методических разработок [31; 42; 47; 49; 65]. Параллельно с параметрами непосредственного учета исследовали производные признаки, которые часто фигурируют в лесоводственных и биологических исследованиях [2; 3; 6; 7; 15; 22; 51].

Таблица 1

Показатели регенерации и пострегенеративного развития корневых систем и надземной части стеблевых черенков тиса

| Категории показателей регенерации и развития                                                 | Показатели активности регенерации и пострегенеративного развития черенков                                                     | Условное обозначение |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Эффективность регенерации – регенерационные процессы, развивающиеся на нижнем срезе 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 корневых 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 черенков                          | высота надземной части черенков                                                                                               | признак 12           |
|                                                                                              | диаметра корневой шейки черенков                                                                                              | признак 13           |
|                                                                                              | сбалансированность развития надземной части как отношение высоты черенка к его диаметру                                       | признак 14           |

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На момент учета стеблевые черенки испытываемых видов и декоративных форм тиса обладали спецификой по интенсивности каллусо- и ризогенеза, линейным параметрам корневых систем и надземной части (табл. 2–4).

Ключевыми характеристиками регенерационных процессов, происходящих на черенках при их укоренении, выступают каллусогенез и количество образовавшихся в его результате придаточных корней (см. табл. 2, 3).

Таблица 2

Основные статистики интенсивности каллусообразования\*

| Виды и декоративные формы                        | M±m        | СКО   | Cv, % | t     | P, %  |
|--------------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| Укоренение в песке с применением гетероауксина   |            |       |       |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 60,00±8,63 | 36,62 | 61,04 | 6,95  | 14,39 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 84,20±2,93 | 17,36 | 20,62 | 28,69 | 3,49  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 26,97±2,40 | 13,60 | 50,43 | 11,22 | 8,92  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 18,33±1,51 | 6,42  | 35,00 | 12,12 | 8,25  |
| Total <sub>г</sub> (итог по гетероауксину)       | 50,68±3,34 | 33,90 | 66,88 | 15,17 | 6,59  |
| Укоренение в песке с применением корневина       |            |       |       |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 50,00±6,32 | 34,64 | 69,28 | 7,91  | 12,65 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 91,43±2,65 | 15,65 | 17,12 | 34,56 | 2,89  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 59,55±2,68 | 15,38 | 25,83 | 22,24 | 4,50  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 61,55±4,97 | 26,78 | 43,50 | 12,38 | 8,08  |
| Total <sub>к</sub> (итог по корневину)           | 66,54±2,54 | 28,59 | 42,97 | 26,23 | 3,81  |
| Укоренение в перлите с применением гетероауксина |            |       |       |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 66,15±3,90 | 19,90 | 30,07 | 16,95 | 5,90  |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 91,86±2,10 | 12,43 | 13,53 | 43,71 | 2,29  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 37,00±4,14 | 22,65 | 61,22 | 8,95  | 11,18 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 54,22±3,71 | 20,96 | 38,66 | 14,63 | 6,83  |
| Total <sub>г</sub> (итог по гетероауксину)       | 63,25±2,53 | 28,02 | 44,30 | 25,03 | 3,99  |

Окончание таблицы 2

| Виды и декоративные формы                     | M±m        | СКО   | Cv, % | t     | P, % |
|-----------------------------------------------|------------|-------|-------|-------|------|
| Укоренение в перлите с применением корневины  |            |       |       |       |      |
| <i>Taxus baccata</i>                          | 42,00±4,14 | 22,65 | 53,93 | 10,16 | 9,85 |
| <i>Taxus canadensis</i>                       | 93,61±1,54 | 9,23  | 9,86  | 60,86 | 1,64 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i> | 61,00±4,00 | 21,91 | 35,92 | 15,25 | 6,56 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>  | 25,00±2,49 | 13,65 | 54,58 | 10,03 | 9,97 |
| Total <sub>к</sub> (итог по корневину)        | 57,22±2,80 | 31,42 | 54,90 | 20,44 | 4,89 |
| Обобщенное по вариантам субстрата значение    |            |       |       |       |      |
| Total <sub>песок</sub>                        | 59,43±2,11 | 32,00 | 53,84 | 28,17 | 3,55 |
| Total <sub>перлит</sub>                       | 60,20±1,89 | 29,88 | 46,64 | 31,79 | 3,15 |
| Обобщенное по всем вариантам опыта значение   |            |       |       |       |      |
| Total <sub>Общее</sub>                        | 59,83±1,41 | 30,89 | 51,62 | 42,40 | 2,36 |

Примечания. \* Статистические показатели: M – среднее арифметическое, %; ±m – ошибка репрезентативности выборочного среднего, %; СКО – среднее квадратическое отклонение, %; Cv – коэффициент вариации, %; t – критерий Стьюдента; P – точность опыта, %.

Достаточно хорошо каллусообразование шло в песке с применением в качестве стимулятора гетероауксина (см. табл. 2) и наиболее активно протекало у т. канадского (84,20±2,93 %). Труднее регенерация проходила у элегантной формы т. ягодного (18,33±1,51 %). Это создало превышение больших оценок среднего над меньшими на 65,867 % или в 4,593 раза. Соотношение абсолютных лимитов в этом случае составило 1 : 10, а обобщенное по гетероауксину среднее достигло уровня 50,68±3,34 %. Укоренение в том же субстрате, но с использованием корневины, в целом, обеспечило более интенсивное образование каллуса (см. табл. 2). При этом, т. канадский сохранил лидирующие позиции (91,43±2,65 %), а типичная форма т. ягодного замыкала ранжированный ряд (50,00±6,32 %). Их оценки сгенерировали превышение на 41,429 % или в 1,829 раза. На фоне обобщенного по данному стимулятору значения (66,54±2,54 %) соотношение лимитов также составило 1 : 10. Укоренение в перлите, в общем, оказалось более результативным (см. табл. 2), и при использовании гетероауксина каллусогенез, как и в песке, интенсивнее протекал у т. канадского (91,86±2,10 %). Медленнее этот процесс развивался у золотисто-кончиковой формы т. ягодного, оценки которой (37,00±4,14 %) были ниже на 54,857 % или в 2,483 раза. В этом случае обобщенное значение достигло 63,25±2,53 %, а соотношение лимитов – 1 : 5. Применение корневины в сочетании с указанным субстратом вызвало некоторое снижение общей регенеративной активности – до 57,22±2,80 % (Total<sub>к</sub>) при сохранении в той или иной мере общих тенденций. Наиболее высокие оценки, как и во всех ранее рассмотренных вариантах, принадлежали т. канадскому (93,61±1,54 %), а низкие – соответствовали элегантной форме т. ягодного (25,00±2,49 %). Их разница составила 68,611 %, что дало превышение в 3,744 раза. Соотношение лимитов в этом случае представлено как 1 : 10. Сопоставление результатов применения для укоренения черенков тиса песка и перлита позволило признать несколько большую эффективность последнего на этапе каллусогенеза. Обобщенные по каждому из типов субстрата средние соответственно составили 59,43±2,11 % и 60,20±1,89 % с расхождением на 0,77 % или в 1,013 раза.

Весьма важным показателем ризогенеза служит количество придаточных корней, образовавшихся на черенках. В этом плане испытываемые виды и декоративные формы достаточно разнородны (см. табл. 3). Применение в опыте песка и гетероауксина выявило преимущества т. канадского: 12,66±0,61 шт. Наименьшим общим числом придаточных корней обладала золотисто-кончиковая форма т. ягодного: 2,96±0,25 шт. Таким образом, возникло превышение на 9,697 шт. или в 4,276 раза. При обобщенном для данного стимулятора значении 7,88±0,55 шт. абсолютные лимиты соотносились как 1 : 9. Замена стимулятора на корневины несколько повысила результативность укоренения черенков тиса в песке, и обобщенное для указанного варианта опыта среднее значение стало 8,58±0,49 шт.

При этом лучший результат оказался у т. канадского (13,61±0,82 шт.), а наименьшим общим числом придаточных корней обладала золотисто-кончиковая форма т. ягодного: 4,73±0,55 шт. Последняя оценка на 8,875 шт. или в 2,876 раза превышена соответствующим максимальным показателем. В данном варианте соотношение абсолютных величин составило 1 : 17. При укоренении черенков тех же видов и форм тиса в перлите результаты возросли, и обобщенные по стимуляторам средние значения составили: 9,22±0,56 шт. (гетероауксин) и 9,10±0,57 шт. (корневины). В варианте с применением гетероауксина наибольшее число придаточных корней образовал т. канадский (16,77±0,71 шт.), а наименьшим общим числом придаточных корней обладала золотисто-кончиковая форма т. ягодного (5,23±0,55 см). Такое соотношение оценок сформировало их превышение на 11,538 шт. или в 3,205 раза. Баланс абсолютных величин приобрел вид 23 : 0. Увеличение общего числа придаточных корней при размещении черенков в перлите с применением корневины в большей мере проявилось у того же т. канадского (15,47±0,30 шт.). Наименьшим общим числом придаточных корней обладала элегантная форма т. ягодного (3,50±0,18 шт.), и преимущество т. канадского над ней было на 11,972 шт. или в 4,421 раза. Соотношение их пределов составило 1 : 18.

Одним из наиболее надежных индикаторов успешной регенерации при укоренении черенков является общая протяженность развившихся в их базальной части придаточных корней (см. табл. 4). По дан-

ному показателю зафиксированы весьма контрастные расхождения в средних значениях сравниваемых между собой видов и декоративных форм тиса. Также наблюдалась специфика их реакции на использование

различающихся по водно-физическим свойствам субстратов и применение стимуляторов ростовых процессов, обладающих присущей каждому из них биологической активностью.

Таблица 3

Общее количество придаточных корней на черенках тиса \*

| Виды и декоративные формы                        | M±m        | СКО  | Cv, %  | t     | P, %  |
|--------------------------------------------------|------------|------|--------|-------|-------|
| Укоренение в песке с применением гетероауксина   |            |      |        |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 11,00±0,30 | 1,04 | 9,50   | 36,48 | 2,74  |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 12,66±0,61 | 3,58 | 28,29  | 20,91 | 4,78  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 2,96±0,25  | 1,24 | 41,92  | 11,93 | 8,38  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 3,33±0,11  | 0,49 | 14,55  | 29,15 | 3,43  |
| Total <sub>Г</sub> (итог по гетероауксину)       | 7,88±0,55  | 5,17 | 65,67  | 14,45 | 6,92  |
| Укоренение в песке с применением корневина       |            |      |        |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 6,67±0,64  | 2,70 | 40,51  | 10,47 | 9,55  |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 13,61±0,82 | 4,74 | 34,81  | 16,50 | 6,06  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 4,73±0,55  | 2,81 | 59,36  | 8,59  | 11,64 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 7,52±0,65  | 3,50 | 46,58  | 11,56 | 8,65  |
| Total <sub>К</sub> (итог по корневину)           | 8,58±0,49  | 5,07 | 59,07  | 17,43 | 5,74  |
| Укоренение в перлите с применением гетероауксина |            |      |        |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 7,54±0,93  | 4,73 | 62,70  | 8,13  | 12,30 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 16,77±0,71 | 4,23 | 25,22  | 23,46 | 4,26  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 5,23±0,55  | 3,02 | 57,80  | 9,48  | 10,55 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 6,06±0,65  | 3,66 | 60,42  | 9,36  | 10,68 |
| Total <sub>Г</sub> (итог по гетероауксину)       | 9,22±0,56  | 6,22 | 67,42  | 16,45 | 6,08  |
| Укоренение в перлите с применением корневина     |            |      |        |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 4,28±1,13  | 4,81 | 112,48 | 3,77  | 26,51 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 15,47±0,30 | 1,81 | 11,71  | 51,22 | 1,95  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 8,75±0,53  | 2,57 | 29,43  | 16,65 | 6,01  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 3,50±0,18  | 0,88 | 25,28  | 19,38 | 5,16  |
| Total <sub>К</sub> (итог по корневину)           | 9,10±0,57  | 5,73 | 62,97  | 16,04 | 6,23  |
| Обобщенное по вариантам субстрата значение       |            |      |        |       |       |
| Total <sub>песок</sub>                           | 8,26±0,37  | 5,15 | 61,95  | 22,60 | 4,42  |
| Total <sub>перлит</sub>                          | 9,64±0,39  | 5,76 | 59,74  | 24,49 | 4,08  |
| Обобщенное по всем вариантам опыта значение      |            |      |        |       |       |
| Total <sub>Общее</sub>                           | 8,98±0,27  | 5,50 | 61,22  | 33,07 | 3,02  |

Примечания. \* Статистические показатели: М – среднее арифметическое, шт.; ±m – ошибка репрезентативности выборочного среднего, шт.; СКО – среднеквадратическое отклонение, шт.; Cv – коэффициент вариации, %; t – критерий Стьюдента; P – точность опыта, %.

Таблица 4

Общая суммарная длина придаточных корней \*

|                                                  | M±m         | СКО    | Cv, %  | t      | P, %  |
|--------------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|-------|
| Укоренение в песке с применением гетероауксина   |             |        |        |        |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 47,25±0,23  | 0,78   | 1,66   | 208,95 | 0,48  |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 76,41±7,46  | 44,13  | 57,75  | 10,24  | 9,76  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 6,42±0,97   | 4,85   | 75,57  | 6,62   | 15,11 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 5,60±0,95   | 4,04   | 72,20  | 5,88   | 17,02 |
| Total <sub>Г</sub> (итог по гетероауксину)       | 38,92±4,52  | 42,86  | 110,12 | 8,61   | 11,61 |
| Укоренение в песке с применением корневина       |             |        |        |        |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 39,28±15,90 | 67,44  | 171,70 | 2,47   | 40,47 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 93,64±7,92  | 48,58  | 11,83  | 8,46   | 7,21  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 11,71±1,72  | 75,02  | 6,80   | 14,71  | 27,76 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 25,65±3,69  | 77,53  | 6,95   | 14,40  | 10,67 |
| Total <sub>К</sub> (среднее по корневину)        | 45,71±4,97  | 111,91 | 9,20   | 10,87  | 12,30 |
| Укоренение в перлите с применением гетероауксина |             |        |        |        |       |
| <i>Taxus baccata</i>                             | 24,75±5,21  | 26,56  | 107,31 | 4,75   | 21,05 |
| <i>Taxus canadensis</i>                          | 80,53±4,88  | 28,86  | 35,84  | 16,51  | 6,06  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i>    | 14,11±1,80  | 8,84   | 62,63  | 7,82   | 12,79 |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>     | 18,02±2,84  | 14,74  | 81,78  | 6,35   | 14,74 |
| Total <sub>Г</sub> (итог по гетероауксину)       | 38,28±3,42  | 36,23  | 94,66  | 11,18  | 8,94  |

Окончание таблицы 4

|                                               | M±m        | СКО   | Cv, %  | t     | P, %  |
|-----------------------------------------------|------------|-------|--------|-------|-------|
| Укоренение в перлите с применением корневина  |            |       |        |       |       |
| <i>Taxus baccata</i>                          | 12,17±4,09 | 17,34 | 142,53 | 2,98  | 33,60 |
| <i>Taxus canadensis</i>                       | 95,67±5,62 | 33,70 | 35,23  | 17,03 | 5,87  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Capitata Aurea</i> | 33,75±2,85 | 13,96 | 41,37  | 11,84 | 8,44  |
| <i>Taxus baccata</i> f. <i>Elegantissima</i>  | 6,43±1,35  | 6,60  | 102,75 | 4,77  | 20,97 |
| Total <sub>к</sub> (среднее по корневину)     | 45,36±4,42 | 44,60 | 98,32  | 10,27 | 9,73  |
| Обобщенное по вариантам субстрата значение    |            |       |        |       |       |
| Total <sub>песок</sub>                        | 42,59±3,40 | 47,53 | 111,59 | 12,55 | 7,97  |
| Total <sub>перлит</sub>                       | 41,66±2,77 | 40,50 | 97,22  | 15,05 | 6,65  |
| Обобщенное по все вариантам опыта значение    |            |       |        |       |       |
| Total <sub>Общее</sub>                        | 42,10±2,17 | 43,95 | 104,38 | 19,40 | 5,15  |

Примечания. \* Статистические показатели: М – среднее арифметическое, см; ±m – ошибка репрезентативности выборочного среднего, см; СКО – среднеквадратическое отклонение, см; Cv – коэффициент вариации, %; t – критерий Стьюдента; P – точность опыта, %.

Опираясь на предшествующий результат (см. табл. 2, 3), несложно предположить более высокие темпы развития придаточных корней у т. канадского, в целом, что нашло свое подтверждение во всех вариантах опыта (см. табл. 4). Так, при укоренении черенков в песке и активации процессов образования и роста корневых систем с помощью гетероауксина его результат (76,41±7,46 см) на 70,81 см или в 13,66 раза больше минимальной оценки (5,60±0,95 см), зафиксированной у элегантной формы т. ягодного. Обобщенное по данному сочетанию факторов опыта (субстрата и стимулятора) среднее вполне логично достигло уровня 38,92±4,52 см. Замена гетероауксина на корневин в том же субстрате, в целом, вызвало незначительное увеличение показателя. При этом, т. канадский усилил ранее отмеченные преимущества (93,64±7,92 см) и превзошел оценки декоративной золотисто-кончиковой формы т. ягодного (11,71±1,72 см) на 18,44 см или в 1,25 раза. Обобщенное среднее по данной повторности составило 45,71±4,97 см.

Перевод укоренения на другой субстрат (перлит) принципиально не изменил картину соотношения видов и декоративных форм по параметрам корневых систем их черенков. Лучшие результаты, как и раньше, наблюдались у т. канадского (80,53±4,88 см), худшие (14,11±1,80 см) – у золотисто-кончиковой форм т. ягодного. В отмеченной ситуации превышение первой оценки над второй было на 62,51 см или в 4,47 раза, обобщенное среднее составило 38,28±3,42 см, а отношение абсолютного максимума к минимуму – 82,65. Аналогичный эффект наблюдался при посадке черенков в перлит с применением корневина: превышение на 89,24 см или в 14,879 раза линейных параметров корневых систем тиса канадского (95,67±5,62 см) по сравнению с элегантной формой тиса ягодного (6,43±1,35 см). На фоне обобщенного среднего по данному блоку опыта (45,36±4,42 см) соотношение лимитов составило 1 : 1535. Притом что обобщенные оценки указанного признака в рассматриваемых вариантах опыта достаточно близки по своим величинам, в целом, можно заметить их некоторое возрастание при использовании в качестве субстрата крупнозернистого речного песка. По остальным характеристикам процессов каллусо- и ризогенеза, включая отно-

сительные признаки, также наблюдалась выраженная видоспецифичность представителей изучавшихся таксономических подразделений рода Тис при хорошо заметных преимуществах т. канадского. Зафиксированные различия между сравниваемыми видами и декоративными формами тиса проявились на выровненном фоне экологических условий, что дало основание признать их обусловленными внутренними особенностями самих растений, определяемыми спецификой генотипа. Подтверждение этому было получено в ходе выполнения дисперсионного анализа по всем показателям регенерационной способности черенков и пострегенерационного развития их корневых систем и надземной части при использовании песка и перлита в качестве субстратов с применением гетероауксина и корневина как стимуляторов указанных процессов (табл. 5–8).

Дисперсионный анализ уверенно опроверг нулевую гипотезу (см. табл. 5). Расчетные величины F-критерия в подавляющем числе случаев превышают допустимые табличные пределы, принимая значения от 3,71 по отношению высоты надземной части к диаметру черенка (признак 14) до 111,00 по количеству образовавшихся придаточных корней (признак 2). Исключение составили показатели доли длины боковых корней (признак 8) и осевого корня (признак 9), по которым существенные различия зафиксированы не были. Оценки силы влияния межвидовых различий на разброс значений показателей каллусо- и ризогенеза в расчетах по алгоритму Плотинского при подтвержденной существенности различий составили от 8,29±2,24 % по отношению высоты надземной части к диаметру черенка (признак 14) до 79,47±0,72 % по количеству образовавшихся придаточных корней (признак 2). Вычисление тех же оценок по алгоритму Снедекора дало вполне адекватный результат. Оценки существенности различий (НСР<sub>05</sub> и D<sub>05</sub>) позволили установить, между какими именно вариантами опыта (в нашем случае между представителями видов и декоративных форм) разность средних значений каждого тестируемого показателя укоренения черенков соответствует уровню существенности (см. табл. 5). Так, по степени завершенности каллусогенеза (см. табл. 1) в оценках по наименьшей существенной

разности ( $HCP_{05}$ ) все сравниваемые виды и сортообразцы имели существенные различия между собой. При этом три из четырех (типичная и декоративные формы т. ягодного) не имели существенных отличий от обобщенного среднего значения, а один образец (т. канадский) существенно отличался от него. Оценка по более строгому в статистическом плане критерию Тьюки ( $D_{05}$ ) показала, что в варианте попарного сопоставления величин без участия обобщенного для всего массива среднего значения типичные формы т. ягодного и т. канадского существенно отличались от трех остальных каждая, а декоративные формы т. ягодного – только от двух. Повторение опыта с при-

менением гетероауксина как биостимулятора, но с использованием в качестве субстрата агроперлита (см. табл. 6) позволило подтвердить ранее обнаруженные тенденции (см. табл. 5) в формировании оценок существенности различий в укоренении черенков рассматриваемых видов и декоративных форм тиса.

Как и в предыдущем опыте (см. табл. 5), нулевая гипотеза уверенно опровергается (см. табл. 6). Удастся заметить, что на фоне применения корневина расчетные величины F-критерия почти по всем рассматриваемым признакам каллусо- и ризогенеза превышают допустимые табличные пределы, принимая значения от 5,11 (признак 10) до 64,33 (признак 6).

Таблица 5

Существенность различий между видами и формами тиса по укоренению черенков в песке с гетероауксином (критические значения:  $F_{05} = 2,71$ ;  $F_{01} = 3,98$ )\*

| Признаки   | F <sub>оп</sub> | Доля влияния фактора (h <sup>2</sup> ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> ) |                              |                             |                |                              |                             | Критерии различий |                 |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
|            |                 | по Плохинскому                                                      |                              |                             | по Снедекору   |                              |                             |                   |                 |
|            |                 | h <sup>2</sup>                                                      | ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | h <sup>2</sup> | ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | HCP <sub>05</sub> | D <sub>05</sub> |
| Признак 1  | 64,95           | 0,6631                                                              | 0,0102                       | 64,95                       | 0,7193         | 0,0085                       | 84,56                       | 11,194            | 14,791          |
| Признак 2  | 111,00          | 0,7947                                                              | 0,0072                       | 111,00                      | 0,8370         | 0,0057                       | 147,25                      | 1,443             | 1,906           |
| Признак 3  | 20,25           | 0,4139                                                              | 0,0204                       | 20,25                       | 0,4733         | 0,0184                       | 25,76                       | 2,174             | 2,872           |
| Признак 4  | 41,22           | 0,5898                                                              | 0,0143                       | 41,22                       | 0,6525         | 0,0121                       | 53,84                       | 16,897            | 22,327          |
| Признак 5  | 22,95           | 0,4446                                                              | 0,0194                       | 22,95                       | 0,5061         | 0,0172                       | 29,38                       | 1,167             | 1,542           |
| Признак 6  | 39,26           | 0,5780                                                              | 0,0147                       | 39,26                       | 0,6411         | 0,0125                       | 51,22                       | 15,759            | 20,823          |
| Признак 7  | 53,63           | 0,6517                                                              | 0,0122                       | 53,63                       | 0,7108         | 0,0101                       | 70,45                       | 0,952             | 1,258           |
| Признак 8  | 96,98           | 0,7718                                                              | 0,0080                       | 96,98                       | 0,8176         | 0,0064                       | 128,48                      | 0,079             | 0,104           |
| Признак 9  | 96,98           | 0,7718                                                              | 0,0080                       | 96,98                       | 0,8176         | 0,0064                       | 128,48                      | 0,079             | 0,104           |
| Признак 10 | 8,27            | 0,2239                                                              | 0,0271                       | 8,27                        | 0,2534         | 0,0260                       | 9,73                        | 2,671             | 3,529           |
| Признак 11 | 2,17            | 0,0703                                                              | 0,0324                       | 2,17                        | 0,0517         | 0,0331                       | 1,56                        | 0,321             | 0,424           |
| Признак 12 | 19,28           | 0,3198                                                              | 0,0166                       | 19,28                       | 0,3657         | 0,0155                       | 23,63                       | 2,508             | 3,315           |
| Признак 13 | 22,75           | 0,3569                                                              | 0,0157                       | 22,75                       | 0,4069         | 0,0145                       | 28,12                       | 0,368             | 0,486           |
| Признак 14 | 3,71            | 0,0829                                                              | 0,0224                       | 3,71                        | 0,0787         | 0,0225                       | 3,50                        | 0,538             | 0,711           |

Примечания. \*Показатели:  $F_{оп}$  – опытное значение критерия Фишера;  $h^2$  – доля влияния организованного фактора;  $\pm s_h^2$  – ошибка доли влияния фактора;  $F_h^2$  – достоверность влияния фактора;  $HCP_{05}$  – наименьшая существенная разность;  $D_{05}$  – критерий Тьюки.

Таблица 6

Существенность различий между видами и формами тиса по укоренению черенков в перлите с гетероауксином (критические значения:  $F_{05} = 2,69$ ;  $F_{01} = 3,94$ )\*

| Признаки   | F <sub>оп</sub> | Доля влияния фактора (h <sup>2</sup> ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> ) |                               |                             |                |                               |                             | Критерии различий |                 |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
|            |                 | по Плохинскому                                                      |                               |                             | по Снедекору   |                               |                             |                   |                 |
|            |                 | h <sup>2</sup>                                                      | ± s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | h <sup>2</sup> | ± s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | HCP <sub>05</sub> | D <sub>05</sub> |
| Признак 1  | 47,38           | 0,5443                                                              | 0,0115                        | 47,38                       | 0,6022         | 0,0100                        | 60,06                       | 9,690             | 12,804          |
| Признак 2  | 61,50           | 0,6079                                                              | 0,0099                        | 61,50                       | 0,6639         | 0,0085                        | 78,34                       | 1,994             | 2,634           |
| Признак 3  | 19,96           | 0,3567                                                              | 0,0179                        | 19,96                       | 0,4055         | 0,0165                        | 24,56                       | 1,667             | 2,203           |
| Признак 4  | 62,25           | 0,6336                                                              | 0,0102                        | 62,25                       | 0,6879         | 0,0087                        | 79,34                       | 11,811            | 15,607          |
| Признак 5  | 37,46           | 0,5099                                                              | 0,0136                        | 37,46                       | 0,5674         | 0,0120                        | 47,23                       | 0,608             | 0,803           |
| Признак 6  | 64,33           | 0,6412                                                              | 0,0100                        | 64,33                       | 0,6950         | 0,0085                        | 82,03                       | 10,694            | 14,131          |
| Признак 7  | 45,86           | 0,5602                                                              | 0,0122                        | 45,86                       | 0,6175         | 0,0106                        | 58,11                       | 0,568             | 0,751           |
| Признак 8  | 27,73           | 0,4351                                                              | 0,0157                        | 27,73                       | 0,4902         | 0,0142                        | 34,62                       | 0,062             | 0,082           |
| Признак 9  | 27,73           | 0,4351                                                              | 0,0157                        | 27,73                       | 0,4902         | 0,0142                        | 34,62                       | 0,062             | 0,082           |
| Признак 10 | 5,11            | 0,1244                                                              | 0,0243                        | 5,11                        | 0,1290         | 0,0242                        | 5,33                        | 0,486             | 0,642           |
| Признак 11 | 0,76            | 0,0206                                                              | 0,0272                        | 0,76                        | -0,0089        | 0,0280                        | -0,32                       | 0,246             | 0,325           |
| Признак 12 | 38,15           | 0,4760                                                              | 0,0125                        | 38,15                       | 0,5337         | 0,0111                        | 48,06                       | 2,269             | 2,998           |
| Признак 13 | 26,33           | 0,3853                                                              | 0,0146                        | 26,33                       | 0,4383         | 0,0134                        | 32,77                       | 0,228             | 0,302           |
| Признак 14 | 31,67           | 0,4299                                                              | 0,0136                        | 31,67                       | 0,4858         | 0,0122                        | 39,68                       | 0,637             | 0,842           |

Примечания. \*Показатели:  $F_{оп}$  – опытное значение критерия Фишера;  $h^2$  – доля влияния организованного фактора;  $\pm s_h^2$  – ошибка доли влияния фактора;  $F_h^2$  – достоверность влияния фактора;  $HCP_{05}$  – наименьшая существенная разность;  $D_{05}$  – критерий Тьюки.

Исключение ( $F_{оп} = 0,76$ ) составило отношение длины лидирующего корня к общей средней длине корней (признак 11). Такой исход первого этапа дисперсионного анализа позволил продолжить его выполнение в части определения доли факториальной дисперсии в структуре её общей величины. Влияние межвидовых различий на разброс значений показателей каллюсо- и ризогенеза в расчетах по алгоритму Плохинского составили от  $12,44 \pm 2,43$  % по отношению длины лидирующего корня к средней длине боковых корней (признак 10) до  $63,36 \pm 1,02$  % по общей суммарной протяженности придаточных корней (признак 4) и даже до  $64,12 \pm 1,00$  % по суммарной длине боковых корней (признак 6). Расчеты по алгоритму Снедекора дали принципиально сопоставимый результат. Критерии существенности различий ( $HCP_{05}$  и  $D_{05}$ ) указали на варианты рассматриваемого опыта, в которых разность средних значений каждого тестируемого показателя укоренения черенков в парном сопоставлении достигает уровня существенности (см. табл. 6). В частности, по одному из наиболее информативных признаков – общей суммарной протяженности придаточных корней (признак 5) – т. канадский в оценках по наименьшей существенной разности ( $HCP_{05}$ ) имел существенные различия с типичной и декоративными формами тиса, ягодного. Другие объекты имели только по 1 существенному различию. Более строгая в статистическом плане оценка по критерию Тьюки ( $D_{05}$ ) показала аналогичный результат.

Применение в качестве стимулятора корневина, в целом, позволило констатировать общую неизменность ранее отмеченных тенденций в процессах укоренения и последующего развития черенков тиса (см. табл. 7).

Однако при укоренении черенков в песке (см. табл. 7) в дисперсионном анализе наблюдалась несколько иная картина распределения оценок критерия

Фишера и доли влияния организованного фактора. Оценки F-критерия укладывались в интервал от 5,69 (признак 7) и 3,97 (признак 11) до 44,44 (признак 14), чем подтвердили наличие существенных различий в комплексе сравниваемых между собой видов и форм тиса. Это в свою очередь обеспечило возможность продолжения проведения дисперсионного анализа на уровне вычисления оценок доли влияния межвидовых различий на формирование общего фона фенотипической дисперсии показателей регенерационной способности черенков. В расчетах по алгоритму Плохинского величины оценок были от  $14,33 \pm 2,52$  % ( $F_h^2 = 5,69$ ;  $F_{05/01} = 2,69/3,94$ ) по средней длине боковых корней (признак 7) и  $10,45 \pm 2,63$  % ( $F_h^2 = 3,97$ ;  $F_{05/01} = 2,69/3,94$ ) по отношению длины лидирующего корня к общей средней длине корней (признак 11) до  $52,01 \pm 1,17$  % ( $F_h^2 = 44,44$ ;  $F_{05/01} = 2,69/3,94$ ) по отношению высоты надземной части черенка к диаметру его корневой шейки (признак 14). Вычисление соответствующих оценок по алгоритму Снедекора дало вполне сопоставимый результат. Варианты парного сравнения средних значений анализируемых признаков в исследуемой совокупности видов и декоративных форм тиса, в которых фактическая разность значений превысила порог существенности были выявлены с помощью критериев  $HCP_{05}$  и  $D_{05}$  (см. табл. 7). Например, по суммарной протяженности придаточных корней (см. табл. 4), как по наиболее информативному показателю ризогенеза, т. канадский в оценках по наименьшей существенной разности ( $HCP_{05}$ ) имел существенные различия с тремя другими видами и формами тиса, участвующими в испытании. В то же время, элегантная декоративная форма т. ягодного демонстрировала различия такого уровня только с одним видом (т. канадским), а оставшиеся объекты дисперсионного комплекса (типичная и золотисто-кончиковая формы т. ягодного) – с двумя.

Таблица 7

Существенность различий между видами и формами тиса по укоренению черенков в песке с применением корневина (критические значения:  $F_{05} = 2,69$ ;  $F_{01} = 3,94$ )\*

| Признак    | F <sub>оп</sub> | Доля влияния фактора (h <sup>2</sup> ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> ) |                               |                             |                |                              |                             | Критерии различий |                 |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
|            |                 | по Плохинскому                                                      |                               |                             | по Снедекору   |                              |                             |                   |                 |
|            |                 | h <sup>2</sup>                                                      | ± s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | h <sup>2</sup> | ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | HCP <sub>05</sub> | D <sub>05</sub> |
| Признак 1  | 18,67           | 0,3129                                                              | 0,0168                        | 18,67                       | 0,3580         | 0,0157                       | 22,86                       | 11,931            | 15,766          |
| Признак 2  | 32,41           | 0,4880                                                              | 0,0151                        | 32,41                       | 0,5460         | 0,0134                       | 40,88                       | 2,017             | 2,665           |
| Признак 3  | 20,60           | 0,3772                                                              | 0,0183                        | 20,60                       | 0,4286         | 0,0168                       | 25,51                       | 1,935             | 2,556           |
| Признак 4  | 25,69           | 0,4304                                                              | 0,0168                        | 25,69                       | 0,4859         | 0,0151                       | 32,14                       | 21,463            | 28,361          |
| Признак 5  | 7,52            | 0,1812                                                              | 0,0241                        | 7,52                        | 0,1998         | 0,0235                       | 8,49                        | 2,044             | 2,702           |
| Признак 6  | 24,44           | 0,4182                                                              | 0,0171                        | 24,44                       | 0,4730         | 0,0155                       | 30,51                       | 20,253            | 26,761          |
| Признак 7  | 5,69            | 0,1433                                                              | 0,0252                        | 5,69                        | 0,1522         | 0,0249                       | 6,10                        | 2,361             | 3,120           |
| Признак 8  | 16,53           | 0,3272                                                              | 0,0198                        | 16,53                       | 0,3729         | 0,0184                       | 20,22                       | 0,118             | 0,156           |
| Признак 9  | 16,53           | 0,3272                                                              | 0,0198                        | 16,53                       | 0,3729         | 0,0184                       | 20,22                       | 0,118             | 0,156           |
| Признак 10 | 8,71            | 0,2071                                                              | 0,0238                        | 8,71                        | 0,2308         | 0,0231                       | 10,00                       | 1,511             | 1,997           |
| Признак 11 | 3,97            | 0,1045                                                              | 0,0263                        | 3,97                        | 0,1020         | 0,0264                       | 3,86                        | 0,309             | 0,408           |
| Признак 12 | 22,07           | 0,3500                                                              | 0,0159                        | 22,07                       | 0,3994         | 0,0146                       | 27,26                       | 1,920             | 2,537           |
| Признак 13 | 26,97           | 0,3968                                                              | 0,0147                        | 26,97                       | 0,4504         | 0,0134                       | 33,60                       | 0,310             | 0,410           |
| Признак 14 | 44,44           | 0,5201                                                              | 0,0117                        | 44,44                       | 0,5782         | 0,0103                       | 56,20                       | 0,548             | 0,724           |

Примечания. \* Показатели:  $F_{оп}$  – опытное значение критерия Фишера;  $h^2$  – доля влияния организованного фактора;  $\pm s_h^2$  – ошибка доли влияния фактора;  $F_h^2$  – достоверность влияния фактора;  $HCP_{05}$  – наименьшая существенная разность;  $D_{05}$  – критерий Тьюки.

**Таблица 8**

**Существенность различий между видами и формами тиса по укоренению черенков в перлите с корневином (критические значения:  $F_{05} = 2,71$ ;  $F_{01} = 3,98$ )\***

| Признаки   | F <sub>оп</sub> | Доля влияния фактора (h <sup>2</sup> ±s <sub>h</sub> <sup>2</sup> ) |                               |                             |                |                               |                             | Критерии различий |                 |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------|
|            |                 | по Плохинскому                                                      |                               |                             | по Снедекору   |                               |                             |                   |                 |
|            |                 | h <sup>2</sup>                                                      | ± s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | h <sup>2</sup> | ± s <sub>h</sub> <sup>2</sup> | F <sub>h</sub> <sup>2</sup> | HCP <sub>05</sub> | D <sub>05</sub> |
| Признак 1  | 94,28           | 0,6986                                                              | 0,0074                        | 94,28                       | 0,7480         | 0,0062                        | 120,70                      | 8,720             | 11,522          |
| Признак 2  | 126,80          | 0,7951                                                              | 0,0063                        | 126,80                      | 0,8345         | 0,0051                        | 164,77                      | 1,476             | 1,950           |
| Признак 3  | 35,96           | 0,5240                                                              | 0,0146                        | 35,96                       | 0,5836         | 0,0127                        | 45,78                       | 2,033             | 2,687           |
| Признак 4  | 97,68           | 0,7494                                                              | 0,0077                        | 97,68                       | 0,7949         | 0,0063                        | 126,62                      | 12,709            | 16,793          |
| Признак 5  | 65,72           | 0,6680                                                              | 0,0102                        | 65,72                       | 0,7218         | 0,0085                        | 84,77                       | 0,821             | 1,084           |
| Признак 6  | 141,05          | 0,7762                                                              | 0,0055                        | 141,05                      | 0,8167         | 0,0045                        | 181,21                      | 9,340             | 12,342          |
| Признак 7  | 85,70           | 0,7240                                                              | 0,0084                        | 85,70                       | 0,7725         | 0,0070                        | 110,94                      | 0,744             | 0,984           |
| Признак 8  | 74,51           | 0,6952                                                              | 0,0093                        | 74,51                       | 0,7467         | 0,0078                        | 96,27                       | 0,097             | 0,128           |
| Признак 9  | 74,58           | 0,6954                                                              | 0,0093                        | 74,58                       | 0,7469         | 0,0077                        | 96,38                       | 0,097             | 0,128           |
| Признак 10 | 22,44           | 0,4391                                                              | 0,0196                        | 22,44                       | 0,5076         | 0,0172                        | 29,55                       | 1,043             | 1,378           |
| Признак 11 | 6,28            | 0,1613                                                              | 0,0257                        | 6,28                        | 0,1748         | 0,0253                        | 6,92                        | 0,342             | 0,452           |
| Признак 12 | 43,98           | 0,5196                                                              | 0,0118                        | 43,98                       | 0,5776         | 0,0104                        | 55,62                       | 1,735             | 2,292           |
| Признак 13 | 2,59            | 0,0598                                                              | 0,0231                        | 2,59                        | 0,0480         | 0,0234                        | 2,05                        | 0,267             | 0,353           |
| Признак 14 | 41,67           | 0,5061                                                              | 0,0121                        | 41,67                       | 0,5641         | 0,0107                        | 52,63                       | 0,432             | 0,571           |

*Примечания.* \*Показатели:  $F_{оп}$  – опытное значение критерия Фишера;  $h^2$  – доля влияния организованного фактора;  $\pm s_h^2$  – ошибка доли влияния фактора;  $F_h^2$  – достоверность влияния фактора;  $HCP_{05}$  – наименьшая существенная разность;  $D_{05}$  – критерий Тьюки.

Критерий Тьюки ( $D_{05}$ ), который признан более строгим индикатором в статистическом плане, позволил установить факт превышения существенных различий т. канадского с тремя другими объектами опыта, в то время как остальные виды смогли продемонстрировать подобные различия только с одним видом каждый.

В опыте с корневином укоренение черенков исследуемых представителей рода тис в перлите в основных чертах сохранило ранее обнаруженную картину соотношения оценок, полученных в дисперсионном анализе (см. табл. 8).

Удается заметить (см. табл. 8), что по большинству показателей регенерационной способности исследуемых видов тиса различия были существенными. За исключением диаметра корневой шейки (признак 13) опытные критерии Фишера уверенно превышали соответствующие табличные значения для заданного числа степеней свободы как на 5-процентном, так и на 1-процентном уровне значимости. Влияние факториальной дисперсии (в нашем случае – различия между видами и формами тиса) наиболее контрастно проявилось по количеству образовавшихся придаточных корней (признак 2):  $h^2 \pm s_h^2 = 79,51 \pm 0,63$  %. Чуть слабее оно выражено по суммарной длине боковых корней (признак 6):  $h^2 \pm s_h^2 = 77,62 \pm 0,55$  %. Наименьшие из числа полученных в данном дисперсионном анализе достоверные оценки обнаружены по отношению длины лидирующего корня к общей средней длине корней (признак 11):  $h^2 \pm s_h^2 = 16,13 \pm 2,57$  %. Большая часть оставшихся признаков, существенность различий по которым была подтверждена, имела средние по величине оценки: высота надземной части (признак 12) –  $51,96 \pm 1,18$  %; её отношение к диаметру корневой шейки (признак 14) –  $h^2 \pm s_h^2 = 50,61 \pm 1,21$  %; длина лидирующего корня (признак 3) –  $h^2 \pm s_h^2 = 52,40 \pm 1,46$  %; или в той или иной мере близкие

к ним: каллусогенез (признак 1) –  $h^2 \pm s_h^2 = 69,86 \pm 0,74$  %; отношение длины лидирующего корня к средней длине боковых корней (признак 10) –  $h^2 \pm s_h^2 = 43,91 \pm 1,96$  %. Эффект влияния во всех указанных случаях достоверен, поскольку оценивающие его критерии Фишера превышали минимально допустимый порог (см. табл. 8). Так же, как и во всех предыдущих вариантах проводимого дисперсионного анализа (см. табл. 5, 6, 7) показатели наименьшей существенной разности ( $HCP_{05}$ ) и критерия Тьюки ( $D_{05}$ ) обозначили рубеж, преодолев который фактическая разность средних попарно сравниваемых видов и форм тиса приобретает статус существенной. По количеству образовавшихся придаточных корней (см. табл. 2) в оценках по наименьшей существенной разности ( $HCP_{05}$ ) типичная форма т. канадского и золотисто-кончиковая форма т. ягодного имели существенные различия с тремя другими объектами каждая. В то же время типичная форма т. ягодного и его элегантная форма смогли продемонстрировать существенные различия только с двумя другими каждая. Использование более строгого в статистическом плане критерия Тьюки ( $D_{05}$ ) не изменило полученный результат.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представители рода Тис, в частности, типичные особи тиса канадского и тиса ягодного, а также декоративные формы последнего, неоднородны по регенерационной способности черенков: характеристикам каллусо- и ризогенеза, показателям развития надземной части. Различия в интенсивности процессов образования каллуса в базальной части черенков, количестве образовавшихся придаточных корней и их протяженности, а также в линейных параметрах надземной части проявились на выровненном экофоне и при прочих равных условиях произрастания. Это служит достаточным основанием для признания эндогенного

характера причин указанной дифференциации и позволяет признать её преимущественно генотипическую обусловленность, что нашло подтверждение в результатах дисперсионного анализа. Способность интродуцентов формировать при вегетативном размножении жизнестойкое потомство рассматривается как один из основных индикаторов их адаптированности к новым местам существования, выступает надежным критерием достижения главных целей процедуры введения представителей рода Тис в места, лежащие за границами его естественного ареала, служит одним из наиболее значимых показателей успешности её завершения на уровне, обеспечивающем результативность хозяйственного использования экзотов в Нижегородской области.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бессчетнов В.П., Кентбаев Е.Ж. Опыт зеленого черенкования облепихи крушиновидной в условиях юго-востока Казахстана // Известия Высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 4. С. 56–62. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.56.
2. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Есичев А.О. Оценка физиологического состояния представителей рода лиственница (*Larix* Mill.) в условиях Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 1. С. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9.
3. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Изменчивость морфометрических признаков хвои на клоновой плантации плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Том 21, № 2. С. 198–206. DOI: 10.18699/VJ17.237.
4. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Вышегородцев А.В., Широков А.И. Пигментный состав хвои тиса при интродукции в Нижегородской области // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. Матер. XIII Междунар. науч.-тех. конф.: Екатеринбург, 02-04 февраля 2021 г. Екатеринбург: УГЛТУ, 2021. С. 55–59.
5. 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.-практ. конф.: Нижний Новгород, 26 сентября 2019 г. / под общ. ред. Бессчетновой Н.Н. Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2019. С. 139–145.
6. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Ершов П.В. Генотипическая обусловленность пигментного состава хвои плюсовых деревьев ели европейской // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 1. С. 63–76. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63.
7. 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 // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 4. С. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.
8. Вышегородцев А.В. Содержание жиров в тканях побегов тиса канадского при интродукции в нижегородскую область // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего востока. Матер. V Междунар. науч.-практ. конф. Уссурийск, 06–07 декабря 2021 г. В 3-х частях, Ч. 1 / отв. ред. И.И. Бородин. Уссурийск: Приморская ГСХА, 2021. С. 19–28.
9. Вышегородцев А.В. Содержание крахмала в побегах тиса канадского при интродукции в Нижегородскую область // Вестник Нижегород. гос. сельскохозяйств. акад. 2021. № 4 (32). С. 14–26.
10. Исаев А.С., Коровин Г.Н., Сухих В.И., Титов С.П., Уткин А.И., Голуб А.А., Замолотчиков Д.Г., Пряжников А.А. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. Москва: Центр экологической политики России. 1995. 156 с.
11. Коммонер Б. Замыкающийся круг: Природа, человек, технология. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 279 с.
12. Котынова М.Ю., Бессчетнов В.П., Регенерационная способность представителей рода туя при укоренении черенков в теплицах // Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы. Матер. Всеросс. науч.-практ. конф., посвященной 50-летию «ВНИИЛГИСбиотех»: г. Воронеж, 3–4 декабря 2020 г. Воронеж: Истоки. 2020. С. 40–43.
13. 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: Матер. XVIII Междунар. науч.-тех. конф. Вологда, 1 декабря 2020 г. / отв. ред. С.М. Хамитова. Вологда: ВолГУ, 2020. С. 147–149.
14. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. Москва: Наука, 1974. 125 с.
15. Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многопараметрический анализ в оценке видоспецифичности представителей рода ель (*Picea*) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 6. С. 23–38. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23.
16. 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.
17. Курбанов Э.А. Углероддепонизирующие насаждения Киотского протокола. Йошкар-Ола: Марийский государственный технологический университет, 2007. 184 с.
18. Лабутин А.Н., Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Эффективность лесных культур сосны и ели, созданных в Нижегородской области в рамках реализации проекта «Леса Киото» // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Матер. XVIII Междунар. науч.-тех. конф.: Вологда, 1 декабря 2020 г. / отв. ред. С.М. Хамитова. Вологда: ВоГУ, 2020. С. 72–74.
19. Ляховенко О.И., Чулков Д.И. Основные экологические проблемы российских городов и стратегия

их разрешения // Русская политология - Russian political science. 2017. № 3 (4). С. 21–26.

20. Ньюмен А. Легкие нашей планеты. Москва: Мир, 1989. 335 с.

21. Оганян Т.А., Бессчетнов В.П. Эффективность черенкования видов из рода можжевельник в защищенном грунте // Актуальные проблемы лесного комплекса / Под общ. ред. Е.А. Памфилова. Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практ. конф.: Брянск, 1–30 ноября 2020 г. Выпуск 58. Брянск: БГИТУ, 2020. С. 120–124.

22. Улитин М.М., Бессчетнов В.П. Сравнительная оценка таксационных показателей лесных культур лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) при интродукции в Нижегородской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 6. С. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41.

23. Bishop B.H., Nelson S.H. Propagation and transplanting of saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) softwood cuttings // Canadian Journal of Plant Science. 1980. Vol. 15. Is 6. Pp. 1172–1176 DOI:10.4141/cjps80-129.

24. Block R.M.A., Knight J.D., Booth N.W.H., Van Rees K.C.J. Nursery stock type, nitrogen fertilization and shoot pruning effects on the growth of juvenile hybrid poplar in Saskatchewan. // Canadian Journal of Plant Science. 2009. Vol. 89. Is. 2. Pp. 289–301 DOI: 10.4141/CJPS08092.

25. Bloomberg W.J. Root formation of black cottonwood cuttings in relation to region of parent shoot // The Forestry Chronicle. 1959. Vol. 35. Is. 1. Pp. 13–18. DOI: 10.5558/tfc35013-1.

26. Brown R.P. Polymers in agriculture and horticulture // Rapra Review Reports. 2004. Vol. 15, Is. 2. Pp. 1–103. ISBN 1-85957-460-2.

27. 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, Is. 5. Pp. 808–813. DOI: 10.21273/JASHS.120.5.808.

28. Chong C., Hamersma B., Bellamy K.L. Comparative rooting of deciduous landscape shrub cuttings in media amended with paper mill biosolids from four different sources // Canadian Journal of Plant Science. 1998. Vol. 78. Is 4. Pp 519–526 DOI: 10.4141/P97-111.

29. Corpuz O.S., Abas E.L., Adam Z.M. Root growth potentials of selected hardwood tree Species in the Philippines // Direct Research Journal of Agricultural and Food Science. 2013. Vol. 1, Is. 4. Pp. 48–51.

30. Dale A., Galić D. Repetitive vegetative propagation of first-year sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cuttings. // Canadian Journal of Plant Science. 2018. Vol. 98. Is. 3. Pp 609–615 DOI:10.1139/cjps-2017-0039.

31. Dean A., Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edit., Kindle Edition. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.

32. Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F., Blasi S., Portoghesi L., Piovesan G. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy // Annals of Forest Science. 2010. Vol. 67,

Is. 7, Article Numb. 706. Pp. 1–14. DOI: 10.1051/forest/2010031.

33. Edser C. Light manipulating additives extend opportunities for agricultural plastic films // Plastics, Additives and Compounding. 2002. Vol. 4, Is. 3. Pp. 20–24. DOI: 10.1016/S1464-391X(02)80079-4.

34. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Real A.I. New Ultrathermic Films for Greenhouse Covers // Journal of Plastic Film & Sheeting. 2006. Vol. 22, Is. 1. Pp. 59–68. DOI: 10.1177/8756087906062764.

35. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcia Y., Real A.I. Plastic films for agricultural applications // Journal of Plastic Film and Sheeting. 2006. Vol. 22, Is. 2. Pp. 85–102. DOI:10.1177/8756087906064220/.

36. Franke A.K., Aatsinki P., Hallikainen V., Huhta E., Hyppönen M., Juntunen V., Mikkola K., Neuvonen S., Rautio P. Quantifying changes of the coniferous forest line in Finnish Lapland during 1983–2009 // Silva Fennica. 2015. Vol. 49. Is 4, article id 1408. Pp. 1–18. DOI: 10.14214/sf.1408.

37. Garcia-Alonso Y., Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Gonzalez A. Viral Diseases Control with UV-Blocking Films in Greenhouses of Southern Spain // ISHS Acta Horticulturae 659. VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition: Kissimmee, Florida, USA, 25 November 2004. Acta Horticulturae (ISHS). 2004. Vol. 659. Pp. 331–338. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.659.43.

38. Gimmi U., Wohlgemuth T., Rigling A., Hoffmann C.W., Bürgi M. Land-use and climate change effects in forest compositional trajectories in a dry Central-Alpine valley // Annals of Forest Science. 1994. Vol. 51, Is. 6. Pp. 529–551. DOI: 10.1051/forest:19940601.

39. González Benavente-García A., Rodríguez R., Bañón 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 // ISHS Acta Horticulturae 559. V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies: Cartagena, Spain, 18 October 2001. Acta Horticulturae (ISHS). 2001. Vol. 559. Pp. 233–238. DOI:10.17660/ActaHortic.2001.559.34.

40. Hager, R. Haslinger, H. Schume. Productivity and LAI of floodplain forest sites in relationships to water supply // Ecology (Bratislava). Journal for ecological problem of the biosphere. 1999. Vol. 18, Supplement 1/1999. Pp. 5–14.

41. Harmer R. Production and Use of Epicormic Shoots for the Vegetative Propagation of Mature Oak // Forestry. An International Journal of Forest Research. 1988. Vol. 61, Is. 4. Pp. 305–316 DOI:10.1093/forestry/61.4.305-a.

42. Hinkelmann K., Kempthorne O. Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental. 2nd edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2008. 631 p.

43. Khranov R., Martynova N., Besschetnova N., Besschetnov V., Luponosov Y. The effectiveness of agro-textile cover with organic photoluminophore in rooting cuttings of Hungarian lilac (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex

Rchb.) // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference "Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy" (SDGE 2021). Section Agrobiotechnology in Crop and Livestock Production. 2022. Vol. 42. Article Number 01017. Is. 7. Pp. 01017.1–01017.7. DOI: 10.1051/bioconf/20224201017.

44. Kul'kova 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 // Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal. 2022. № 4. Pp. 39–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-39-51.

45. López-Villamor A., Míguez-Soto B., Fernández-López J. Adventitious root formation in Castanea sp. semi-hard cuttings is under moderate genetic control caused mainly by non-additive genetic variance // Canadian Journal of Forest Research. 2017. Vol. 47, Is. 7. Pp. 946–956. DOI:10.1139/cjfr-2016-0397.

46. Martynova N. & Besschetnova N. & Besschetnov V. & Martynov R. 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, Russian Federation, 9-10 September 2021, Voronezh, Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. (Published online: 10 November 2021). Vol. 875. Article number 012081. Pp. 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012081.

47. Mason R.L., Gunst R. F., Hess J.L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.

48. Max J.F.J., Schurr U., Tantau H.-J., Mutwiwa U.N., Hofmann T., Ulbrich A. Greenhouse Cover Technology // Horticultural Reviews. 2012. Vol. 40, (Horticultural Reviews; Book 108). Pp. 259–396. ISBN 978-1-118-34583-2.

49. Mead R., Curnow R. N., Hasted A.M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.

50. Moon H.K., Yi J.S. Cutting propagation of Quercus acutissima clones after rejuvenation through serial grafting // Annals of Forest Science. 1993. Vol. 50, Nu. Supplement. Pp. 314–318. DOI:10.1051/forest:19930732M

51. Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees // The Forestry Chronicle. 2010. Vol. 86, Is. 5. Pp. 608–613. DOI: 10.5558/tfc86608-5.

52. Oszlanyi J. Consequences of anthropic impact on Danube floodplain forests in Slovakia // Ecology (Bratislava). Journal for ecological problem of the biosphere. 1999. Vol. 18, Supplement 1/1999. Pp. 103–110.

53. Palmroth S. Boreal forest and climate change – from processes and transport to trees, ecosystems and atmosphere // Silva Fennica. 2009. Vol. 43. Is. 4, article id. 461. Pp. 711–713. DOI: 10.14214/sf.461.

54. Panetsos K., Scaltsoyiannes A., Alizoti P. Effect of genotype and cutting type on the vegetative propagation of the pine hybrid (*Pinus brutia* (Ten) × *Pinus hale-*

*pensis* (Mill)) // Annals of Forest Science. 1994. Vol. 51, Is. 5. Pp. 447–454. DOI: 10.1051/forest:19940502.

55. Scarratt J.B. Greenhouse Managers: Beware Combustion Fumes in Container Greenhouses // The Forestry Chronicle. 1985. Vol. 61. Is. 4. Pp. 308–311. DOI: 10.5558/tfc61308-4.

56. Sedaghatthoor S., Kayghobadi S., Tajvar Y. Rooting of Mugo pine (*Pinus mugo*) cuttings as affected by IBA, NAA and planting substrate // Forest Systems. 2016. Vol. 25, Is. 2, eSC08. Pp. 1–4. DOI:10.5424/fs/2016252-09087.

57. Wael M., Semida P., Hadley W., Sobeih N. El-Sawah A., Barakat M.A.S. The Influence of Thermic Plastic Films on Vegetative and Reproductive Growth of Iceberg Lettuce 'Dublin' // International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering. 2013. Vol. 7, Is. 7. Pp. 661–616.

58. Smith N.G., Wareing P.F. The Effect of Gravity on Root Emergence from Cuttings of Some Tree Species // Forestry. An International Journal of Forest Research. 1971. Vol. 44, Is. 2. Pp. 177–187 DOI:10.1093/forestry/44.2.177.

59. Smith N.G., Wareing P.F. The Distribution of Latent Root Primordia in stems of *Populus×robusta*, and factors affecting the Emergence of Preformed Roots from Cuttings // Forestry: An International Journal of Forest Research. 1972. Vol. 45, Is. 2. Pp. 197–209 DOI:10.1093/forestry/45.2.197.

60. Spethmann W., Harms P. Influence of fertilized substrate on rooting and growth of oak cuttings // Annals of Forest Science. 1993. Vol. 50, Nu Supplement. Pp. 308–313. DOI:10.1051/forest:19930731.

61. Tousignant D., Richer C., Rioux J.-A., Brassard N., Mottard J.-P. Vegetative propagation of sugar maple: Relating stem water content and terminal bud developmental stage to adventitious rooting of stem cuttings // Canadian Journal of Plant Science. 2003. Vol. 83, Is. 4. Pp. 859–867. DOI:10.4141/P02-178.

62. Wise F.C., Blazich F.A., Hinesley L.E. Propagation of *Abies fraseri* by softwood stem cuttings // Canadian Journal of Forest Research. 1985. Vol. 15, Is. 6. Pp. 1172–1176. DOI: 10.1139/x85-190.

63. Wiese A.H., Zalesny J.A., Donner D.M., Zalesny R.S. Bud Removal Affects Shoot, Root, and Callus Development of Hardwood Populus Cuttings // Silvae Genetica. 2006. Vol. 55, Is. 3. Pp. 141–148. DOI: 10.1515/sg-2006-0020.

64. Yang G., Li X., Xu Q., Ling J., Yin T. Effects of cutting size on the growth and wood property traits of short-rotation coppice willows // Canadian Journal of Forest Research. 2020. Vol. 50, Is. 12. Pp. 1365–1372. DOI: 10.1139/cjfr-2020-0113.

65. Zar J.H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014. 756 p.

## REFERENCES

1. Besschetnov V.P., Kentbaev E.ZH. Opyt zelenogo cherenkovaniya oblepihi krushinovidnoj v usloviyah yugo-vostoka Kazakhstana // *Izvestiya Vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2018. № 4. Pp. 56–62. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.4.56. (In Russ.)

2. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Esichev A.O. Ocenka fiziologicheskogo sostoyaniya predstavitelej roda listvennitsa (*Larix Mill.*) v usloviyah Nizhegorodskoj oblasti // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2018. № 1. Pp. 9–17. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.9. (In Russ.)

3. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Izmenchivost' morfometricheskikh priznakov hvoi na klonovoj plantacii plyusovyh derev'ev sosny obyknovnoy (*Pinus sylvestris L.*) // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 2017. Tom 21, № 2. Pp. 198–206. DOI: 10.18699/VJ17.237. (In Russ.)

4. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Vyshegorodcev A.V., Shirokov A.I. Pigmentnyj sostav hvoi tisa pri introdukcii v Nizhegorodskoj oblasti // *Effektivnyj otvet na sovremennye vyzovy s uchedom vzaimodejstviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii: social'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy lesnogo kompleksa. Materialy XIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*: g. Ekaterinburg, 02-04 fevralya 2021 g. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet, 2021. Pp. 55–59. (In Russ.)

5. Besschetnova N.N., Kul'kova A.V., Vyshegorodcev A.V., Shirokov A.I. Ukorenyaemost' cherenkov tisa kanadskogo (*Taxus canadensis Marshall*) v ekologicheskikh usloviyah Nizhegorodskogo Povolzh'ya // *Ekonomicheskie aspekty razvitiya APK i lesnogo hozyajstva. Lesnoe hozyajstvo Soyuznogo gosudarstva Rossii i Belorussii. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*: Nizhnij Novgorod, 26 sentyabrya 2019 g. / pod obshchej redakciej Besschetnovoj N.N. Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2019. Pp. 139–145. (In Russ.)

6. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Ershov P.V. Genotipicheskaya obuslovlennost' pigmentnogo sostava hvoi plyusovyh derev'ev eli evropejskoj // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2019. № 1. Pp. 63–76. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63. (In Russ.)

7. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kul'kova A.V., Mishukova I.V. Soderzhanie krahmala v tkanyah pobegov raznyh vidov eli (*Picea A. Dietr.*) v usloviyah introdukcii // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2017. № 4. Pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57. (In Russ.)

8. Vyshegorodcev A.V. Soderzhanie zhirov v tkanyah pobegov tisa kanadskogo pri introdukcii v nizhegorodskuyu oblast' // *Rol' agrarnoj nauki v razvitii lesnogo i sel'skogo hozyajstva Dal'nego vostoka. Materialy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*: g. Ussurijsk, 06-07 dekabrya 2021 g. V 3-h chastyah, Chast' 1 / Otvetstvennyj redaktor I.I. Borodin. Ussurijsk: Primorskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademii, 2021. Pp. 19–28. (In Russ.)

9. Vyshegorodcev A.V. Soderzhanie krahmala v pobegah tisa kanadskogo pri introdukcii v Nizhegorodskuyu oblast' // *Vestnik Nizhegorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2021. № 4 (32). Pp. 14–26. (In Russ.)

10. Isaev A.S., Korovin G.N., Suhij V.I., Titov S.P., Utkin A.I., Golub A.A., Zamolodchikov D.G., Pryazh-

nikov A.A.. *Ekologicheskie problemy pogloshcheniya uglekislogo gaza posredstvom lesovosstanovleniya i lesorazvedeniya v Rossii*. Moskva: Centr ekologicheskoy politiki Rossii, 1995. 156 p. (In Russ.)

11. Kommoner B. *Zamykayushchijsya krug: Priroda, chelovek, tekhnologiya*. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1974. 279 p. (In Russ.)

12. Kotynova M.Yu., Besschetnov V.P., Regeneratsionnaya sposobnost' predstavitelej roda tuya pri ukorenении cherenkov v teplicah // *Sovremennoe lesnoe hozyajstvo – problemy i perspektivy. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 50-letiyu “VNIILGISbiotekh”*: g. Voronezh, 3–4 dekabrya 2020 g. Voronezh : Istoki. 2020. Pp. 40–43. (In Russ.)

13. Kotynova M.Yu., Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Ukorenenie cherenkov dekorativnyh form tui zapadnoj (*Thuja occidentalis L.*) v teplicah // *Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*: g. Vologda, 1 dekabrya 2020 g. / Otvetstvennyj redaktor S.M. Hamitova. Vologda : Vologodskij gosudarstvennyj universitet. 2020. Pp. 147–149. (In Russ.)

14. Kulagin Yu.Z. *Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda*. Moskva : Nauka, 1974. 125 p. (In Russ.)

15. Kul'kova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Mnogoparametricheskij analiz v ocenke vidospecifichnosti predstavitelej roda el' (*Picea*) // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2018. № 6. Pp. 23–38. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23. (In Russ.)

16. Kul'kova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Primenenie stimuliruyushchej obrabotki v ukorenении cherenkov eli *Konika* // *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2020. Vyp. 232. Pp. 79–91. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.79-91. (In Russ.)

17. Kurbanov E.A. *Uglerododeponiruyushchie nasazhdeniya Kiotskogo protokola*. Joshkar-Ola: Marijskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2007. 184 p. (In Russ.)

18. Labutin A.N., Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Effektivnost' lesnyh kul'tur sosny i eli, sozdannyh v Nizhegorodskoj oblasti v ramkah realizacii proekta “Les Kito” // *Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa. Materialy XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii*: Vologda, 1 dekabrya 2020 g. / Otvetstvennyj redaktor S.M. Hamitova. Vologda : Vologodskij gosudarstvennyj universitet, 2020. Pp. 72–74. (In Russ.)

19. Lyahovenko O.I., Chulkov D.I. Osnovnye ekologicheskie problemy rossijskikh gorodov i strategiya ih razresheniya // *Russkaya politologiya – Russian political science*. 2017. № 3 (4). Pp. 21–26. (In Russ.)

20. N'yumen A. *Legkie nashej planety*. Moskva: Mir, 1989. 335 p. (In Russ.)

21. Oganyan T.A., Besschetnov V.P. Effektivnost' cherenkovaniya vidov iz roda *mozhzhevel'nik* v zashchishchenom grunte // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa / Pod obshchej redakciej E.A. Pamfilova. Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*: Bryansk, 1–30 noyabrya 2020 g. Vypusk 58. Bryansk: BGITU, 2020. Pp. 120–124. (In Russ.)

22. Ulitin M.M., Besschetnov V.P. Sravnitel'naya ocenka taksacionnyh pokazatelej lesnyh kul'tur listvennicy sibirskoj (*Larix sibirica*) pri introdukcii v Nizhegorodskoj oblasti // *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. 2020. № 6. Pp. 33–41. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-6-33-41. (In Russ.)
23. Bishop B.H., Nelson S.H. Propagation and transplanting of saskatoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) softwood cuttings // *Canadian Journal of Plant Science*. 1980. Vol. 15. Is 6. Pp. 1172–1176 DOI:10.4141/cjps80-129.
24. Block R.M.A., Knight J.D., Booth N.W.H., Van Rees K.C.J. Nursery stock type, nitrogen fertilization and shoot pruning effects on the growth of juvenile hybrid poplar in Saskatchewan. // *Canadian Journal of Plant Science*. 2009. Vol. 89. Is. 2. Pp. 289–301 DOI: 10.4141/CJPS08092.
25. Bloomberg W.J. Root formation of black cottonwood cuttings in relation to region of parent shoot // *The Forestry Chronicle*. 1959. Vol. 35. Is. 1. Pp. 13–18 DOI: 10.5558/tfc35013-1.
26. Brown R.P. Polymers in agriculture and horticulture // *Rapra Review Reports*. 2004. Vol. 15, Is. 2. Pp. 1–103. ISBN 1-85957-460-2.
27. 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, Is. 5. Pp. 808–813. DOI: 10.21273/JASHS.120.5.808.
28. Chong C., Hamersma B., Bellamy K.L. Comparative rooting of deciduous landscape shrub cuttings in media amended with paper mill biosolids from four different sources // *Canadian Journal of Plant Science*. 1998. Vol. 78. Is 4. Pp 519–526 DOI: 10.4141/P97-111.
29. Corpuz O.S., Abas E.L., Adam Z.M. Root growth potentials of selected hardwood tree Species in the Philippines // *Direct Research Journal of Agricultural and Food Science*. 2013. Vol. 1, Is. 4. Pp. 48–51.
30. Dale A., Galić D. Repetitive vegetative propagation of first-year sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cuttings. // *Canadian Journal of Plant Science*. 2018. Vol. 98. Is 3. Pp 609–615 DOI:10.1139/cjps-2017-0039.
31. Dean A., Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edit., Kindle Edition. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.
32. Di Filippo A., Alessandrini A., Biondi F., Blasi S., Portoghesi L., Piovesan G. Climate change and oak growth decline: Dendroecology and stand productivity of a Turkey oak (*Quercus cerris* L.) old stored coppice in Central Italy // *Annals of Forest Science*. 2010. Vol. 67, Is. 7, Article Numb. 706. Pp. 1–14. DOI: 10.1051/forest/2010031.
33. Edser C. Light manipulating additives extend opportunities for agricultural plastic films // *Plastics, Additives and Compounding*. 2002. Vol. 4, Is. 3. Pp. 20–24. DOI: 10.1016/S1464-391X(02)80079-4.
34. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Real A.I. New Ultrathermic Films for Greenhouse Covers // *Journal of Plastic Film & Sheeting*. 2006. Vol. 22, Is. 1. Pp. 59–68. DOI: 10.1177/8756087906062764.
35. Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Garcia Y., Real A.I. Plastic films for agricultural applications // *Journal of Plastic Film and Sheeting*. 2006. Vol. 22, Is. 2. Pp. 85–102. DOI:10.1177/8756087906064220/.
36. Franke A.K., Aatsinki P., Hallikainen V., Huhta E., Hyppönen M., Juntunen V., Mikkola K., Neuvonen S., Rautio P. Quantifying changes of the coniferous forest line in Finnish Lapland during 1983–2009 // *Silva Fennica*. 2015. Vol. 49. Is 4, article id 1408. Pp. 1–18. DOI: 10.14214/sf.1408.
37. Garcia-Alonso Y., Espi E., Salmeron A., Fontecha A., Gonzalez A. Viral Diseases Control with UV-Blocking Films in Greenhouses of Southern Spain // *ISHS Acta Horticulturae* 659. VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition: Kissimmee, Florida, USA, 25 November 2004. Acta Horticulturae (ISHS). 2004. Vol. 659. Pp. 331–338. DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.659.43.
38. Gimmi U., Wohlgemuth T., Rigling A., Hoffmann C.W., Bürgi M. Land-use and climate change effects in forest compositional trajectories in a dry Central-Alpine valley // *Annals of Forest Science*. 1994. Vol. 51, Is. 6. Pp. 529–551. DOI: 10.1051/forest:19940601.
39. González Benavente-García A., Rodríguez R., Bañón 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 // *ISHS Acta Horticulturae* 559. V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies: Cartagena, Spain, 18 October 2001. Acta Horticulturae (ISHS). 2001. Vol. 559. Pp. 233–238. DOI:10.17660/ActaHortic.2001.559.34.
40. H. Hager, R. Haslinger, H. Schume. Productivity and LAI of floodplain forest sites in relationships to water supply // *Ecology (Bratislava). Journal for ecological problem of the biosphere*. 1999. Vol. 18, Supplement 1/1999. Pp. 5–14.
41. Harmer R. Production and Use of Epicormic Shoots for the Vegetative Propagation of Mature Oak // *Forestry. An International Journal of Forest Research*. 1988. Vol. 61, Is. 4. Pp. 305–316 DOI:10.1093/forestry/61.4.305-a.
42. Hinkelmann K., Kempthorne O. Design and Analysis of Experiments, Volume 1: Introduction to Experimental. 2nd edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2008. 631 p.
43. Khramov R., Martynova N., Besschetnova N., Besschetnov V., Luponosov Y. The effectiveness of agro-textile cover with organic photoluminophore in rooting cuttings of Hungarian lilac (*Syringa josikaea* J. Jacq. ex Rchb.) // BIO Web of Conferences. International Scientific and Practical Conference “Sustainable Development of Traditional and Organic Agriculture in the Concept of Green Economy” (SDGE 2021). Section Agrobiotechnology in Crop and Livestock Production. 2022. Vol. 42. Article Number 01017. Is. 7. Pp. 01017.1–01017.7. DOI: 10.1051/bioconf/20224201017.
44. Kul'kova 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 // *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2022. № 4. Pp. 39–51. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-4-39-51.

45. López-Villamor A., Míguez-Soto B., Fernández-López J. Adventitious root formation in *Castanea* sp. semi-hard cuttings is under moderate genetic control caused mainly by non-additive genetic variance // *Canadian Journal of Forest Research*. 2017. Vol. 47, Is. 7. Pp. 946–956. DOI:10.1139/cjfr-2016-0397.

46. Martynova N. & Besschetnova N. & Besschetnov V. & Martynov R. 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, Russian Federation, 9-10 September 2021, Voronezh, Russian Federation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. Vol. 875. Article number 012081. Pp. 1–8. DOI: 10.1088/1755-1315/875/1/012081.

47. Mason R.L., Gunst R. F., Hess J.L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.

48. Max J.F.J., Schurr U., Tantau H.-J., Mutwiwa U.N., Hofmann T., Ulbrich A. Greenhouse Cover Technology // *Horticultural Reviews*. 2012. Vol. 40, (Horticultural Reviews; Book 108). Pp. 259–396. ISBN 978-1-118-34583-2.

49. Mead R., Curnow R. N., Hasted A.M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.

50. Moon H.K., Yi J.S. Cutting propagation of *Quercus acutissima* clones after rejuvenation through serial grafting // *Annals of Forest Science*. 1993. Vol. 50, Nu. Supplement. Pp. 314–318. DOI: 10.1051/forest:19930732m.

51. Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees // *The Forestry Chronicle*. 2010. Vol. 86, Is. 5. Pp. 608–613. DOI: 10.5558/tfc86608-5.

52. Oszlanyi J. Consequences of anthropic impact on Danube floodplain forests in Slovakia // *Ecology (Bratislava). Journal for ecological problem of the biosphere*. 1999. Vol. 18, Supplement 1/1999. Pp. 103–110.

53. Palmroth S. Boreal forest and climate change – from processes and transport to trees, ecosystems and atmosphere // *Silva Fennica*. 2009. Vol. 43. Is 4, article id. 461. Pp. 711–713. DOI: 10.14214/sf.461.

54. Panetsos K., Scaltsoyiannes A., Alizoti P. Effect of genotype and cutting type on the vegetative propagation of the pine hybrid (*Pinus brutia* (Ten) × *Pinus halepensis* (Mill)) // *Annals of Forest Science*. 1994. Vol. 51, Is. 5. Pp 447–454. DOI: 10.1051/forest:19940502.

55. Scarratt J.B. Greenhouse Managers: Beware Combustion Fumes in Container Greenhouses // *The For-*

*estry Chronicle*. 1985. Vol. 61. Is 4. Pp. 308–311. DOI: 10.5558/tfc61308-4.

56. Sedaghathoor S., Kayghobadi S., Tajvar Y. Rooting of Mugo pine (*Pinus mugo*) cuttings as affected by IBA, NAA and planting substrate // *Forest Systems*. 2016. Vol. 25, Is. 2, eSC08. Pp. 1–4. DOI:10.5424/fs/2016252-09087.

57. Wael M., Semida P., Hadley W., Sobeih N. El-Sawah A., Barakat M.A.S. The Influence of Thermic Plastic Films on Vegetative and Reproductive Growth of Iceberg Lettuce ‘Dublin’ // *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 2013. Vol. 7, Is. 7. Pp. 661–616.

58. Smith N.G., Wareing P.F. The Effect of Gravity on Root Emergence from Cuttings of Some Tree Species // *Forestry. An International Journal of Forest Research*. 1971. Vol. 44, Is. 2. Pp. 177–187. DOI:10.1093/forestry/44.2.177.

59. Smith N.G., Wareing P.F. The Distribution of Latent Root Primordia in stems of *Populus×robusta*, and factors affecting the Emergence of Preformed Roots from Cuttings // *Forestry: An International Journal of Forest Research*. 1972. Vol. 45, Is. 2. Pp. 197–209 DOI:10.1093/forestry/45.2.197.

60. Spethmann W., Harms P. Influence of fertilized substrate on rooting and growth of oak cuttings // *Annals of Forest Science*. 1993. Vol. 50, Nu Supplement. Pp. 308–313. DOI:10.1051/forest:19930731.

61. Tousignant D., Richer C., Rioux J.-A., Brassard N., Mottard J.-P. Vegetative propagation of sugar maple: Relating stem water content and terminal bud developmental stage to adventitious rooting of stem cuttings // *Canadian Journal of Plant Science*. 2003. Vol. 83, Is. 4. Pp. 859–867. DOI:10.4141/P02-178.

62. Wise F.C., Blazich F.A., Hinesley L.E. Propagation of *Abies fraseri* by softwood stem cuttings // *Canadian Journal of Forest Research*. 1985. Vol. 15, Is. 6. Pp. 1172–1176. DOI: 10.1139/x85-190.

63. Wiese A.H., Zalesny J.A., Donner D.M., Zalesny R.S. Bud Removal Affects Shoot, Root, and Callus Development of Hardwood *Populus* Cuttings // *Silvae Genetica*. 2006. Vol. 55, Is. 3. Pp. 141–148 DOI: 10.1515/sg-2006-0020.

64. Yang G., Li X., Xu Q., Ling J., Yin T. Effects of cutting size on the growth and wood property traits of short-rotation coppice willows // *Canadian Journal of Forest Research*. 2020. Vol. 50, Is. 12. Pp. 1365–1372. DOI: 10.1139/cjfr-2020-0113.

65. Zar J.H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014. 756 p.

© Вышегородцев А. В., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Широков А. И., 2023

Поступила в редакцию 18.08.2022

Принята к печати 04.04.2023