

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/18>

УДК 630*18 : 582.632.2



Морфо- и феноизменчивость *Picea pungens* Engelm.: анализ пластичности вида в урбосреде Воронежа

Светлана И. Дегтярева¹ ✉, degtjarewa-lana@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-3825-1158>Валентина Д. Дорофеева¹, ekzo40@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3624-6304>Владимир А. Еськов¹, eskovvladimir2019@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9456-3925>Мария О. Красникова¹, masha13032001@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-1008-4933>Елена М. Олейникова², cichor@agronomy.vsau.ru <https://orcid.org/0000-0002-4792-9170>Владимир И. Торчик³, dendro@tut.by, <https://orcid.org/0000-0002-5986-6007>

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

³Центральный ботанический сад НАН Беларуси, ул. Сурганова, 2В, г. Минск, 220012, Республика Беларусь

В Центрально-Черноземном регионе РФ с 2010 года всё более увеличивается разрыв между фенологическим развитием растений и абиотическими факторами среды. Для биоразнообразия флоры мегаполисов актуален вопрос подбора ассортимента из видов растений, устойчивых одновременно к комплексу изменений природного и антропогенного характера. Одним из таких видов является ель колючая (*Picea pungens* Engelm.). Исследовали диаметр ствола на высоте груди, высоту дерева, количество макростробил, длину и окраску хвои экземпляров ($N = 50$), произрастающих в городских насаждениях Воронежа. Длина хвои исследованных деревьев идентична длине хвои деревьев в естественном ареале. У 20-30-летних деревьев преобладают голубохвойные формы, отмечена достаточно сильная положительная корреляция между диаметром ствола и высотой дерева ($r = 0,65$). Фиксировали начало роста и окончания побегов, сроки заложения зимующих почек у деревьев ели колючей (*Picea pungens* Engelm.). Сроки вегетации исследованного вида сопоставимы с феноритмикой местного (аборигенного) вида ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.). Данные свидетельствуют о достаточно высокой приспособленности ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) к расширению ее потенциального ареала. Полагаем, что данный вид перспективен для повсеместного использования в различных рекреационных зонах мегаполисов. В будущем необходимо ответить на вопрос: как феноритмика изученного вида скажется на вегетативном воспроизводстве для формирования основы местного фенотипа?

Ключевые слова: ель колючая (*Picea pungens* Engelm.), интродуцент, морфология, фенология, урбосреда

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.


Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Морфо- и феноизменчивость *Picea pungens* Engelm. : анализ пластичности вида в урбосреде Воронежа / С. И. Дегтярева, В. Д. Дорофеева, В. А. Еськов, М. О. Красникова, Е. М. Олейникова, В. И. Торчик // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – №1. (49). – С. 268–280. – Библиогр. : С. 277–279 (21 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/18>.


Поступила 02.02.2023. Пересмотрена 21.02.2023. Принята 28.02.2023. Опубликована онлайн 15.05.2023.


Morpho- and pheno-variability of *Picea pungens* Engelm.: analysis of the species plasticity in the Voronezh urban environment


Svetlana I. Degtyareva¹ ✉, degtjarewa-lana@yandex.ru,  0000-0003-3825-1158

Valentina D. Dorofeeva¹, ekzo40@mail.ru,  0000-0003-3624-6304

Vladimir A. Eskov¹, eskovvladimir2019@yandex.ru,  0000-0002-9456-3925

Maria O. Krasnikova¹, masha13032001@mail.ru  0000-0003-1008-4933

Elena M. Oleynikova², cichor@agronomy.vsau.ru  0000-0002-4792-9170

Vladimir I. Torchyk³, dendro@tut.by,  0000-0002-5986-6007

Abstract

In the Central Chernozem region of the Russian Federation, since 2010, the gap between the phenological development of plants and abiotic environmental factors has been increasing. In order to increase the biodiversity of the flora of megacities, the question of selecting an assortment of plant species that are resistant to a complex of natural and anthropogenic changes at the same time remains relevant. One of these species is the prickly spruce (*Picea pungens* Engelm.). The diameter of the trunk at chest height, the height of the tree, the number of macrostrobles, the length and color of the needles of specimens (N = 50) growing in urban plantations of Voronezh were studied. The length of the needles of the studied trees is identical to the length of the needles of trees in the natural range. In 20-30-year-old trees, blue-coniferous forms predominate, there is a fairly strong positive correlation between the diameter of the trunk and the height of the tree ($r = 0.65$). The beginning of growth and the end of shoots were recorded, the timing of the laying of wintering buds in prickly spruce trees (*Picea pungens* Engelm.). The vegetation period of the studied species is comparable with the phenorhythms of the local (aboriginal) species of European spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). The data indicate a sufficiently high adaptability of the prickly spruce (*Picea pungens* Engelm.) to the expansion of its potential range. We believe that this species is promising for widespread use in various recreational areas of megacities. In the future, it is necessary to answer the question: how will the phenorhythms of the studied species affect vegetative reproduction to form the basis of the local phenotype?

Keywords: blue spruce (*Picea pungens* Engelm.), introduced, morphology, phenology, urban forest.

Funding: this research received no external funding.

Acknowledgement: the authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Degtyareva S. I., Dorofeeva V.D., Eskov V.A., Krasnikova M.O., Oleynikova E.M., Torchyk V. I. (2023). Morpho- and pheno-variability of *Picea pungens* Engelm. : analysis of the species plasticity in the Voronezh urban environment. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 268-280 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/18>.

Received 02.02.2023. *Revised* 21.02.2023. *Accepted* 28.02.2023. *Published online* 15.05.2023.

Введение

Глобальная температура поверхности Земли значительно повысилась за последнее столетие, что вызвало экологические последствия, ограничивающие рост и размножение деревьев. В то же время, в некоторых северных районах планеты, наоборот, прослеживаются низкие температуры, сильные вет-

ры, длительный снежный покров и (или) прохладные и бедные питательными веществами почвы, которые действуют также как стрессоры на фитокомпонент [1, 2].

Такие явления могут, как замедлить, так и ускорить закаливание растений, что впоследствии приведет к изменению их фенологии, и увеличатся

риски растений к многофакторным процессам климата.

В Центрально-Чернозёмном Регионе РФ с 2010 г. повышение средних температур и возникновение аномальных тёплых (ложных) источников в осенне-зимний период влекут за собой раннее фенологическое развитие растений и повышение риска повреждения морозами [3].

Проводя исследования биологического характера в Воронежской области необходимо учитывать ещё одно природное изменение климата – смещение его в сторону аридизации. Экстремальные условия окружающей среды конкретного региона побуждают растения разрабатывать различные фенологические стратегии, чтобы справиться с суровыми условиями роста для их выживания и воспроизводства.

В связи с вышеизложенным, для сохранения и повышения биоразнообразия в определенном регионе всё чаще поднимается вопрос о подборе ассортимента различного географического происхождения растений.

С экономической и ландшафтной точек зрения вопрос о создании насаждений (питомников, парков, скверов), устойчивых к резко изменяющимся атмосферным воздействиям является открытым и динамически развивающимся.

В целом, для любого мегаполиса актуальным является создание устойчивых городских насаждений с привлечением растений-интродуцентов. Это делается с целью: повышения видового и структурного разнообразия, создания рекреационных зон с учетом современных требований. Предпринятые меры позволят оздоровить среду обитания и ввести новые виды, способные повысить эстетическое состояние города.

При формировании зелёных насаждений на первый план выходит наличие исчерпывающих сведений биолого-экологического характера: местах произрастания и районе интродукции растений; качестве и количестве видового состава. С другой стороны, экологический баланс определенной административной территории напрямую зависит от постепенного введения новых видов растений. Мы должны принимать во внимание экологический потенциал тех или иных видов и экономи-

ческую целесообразность использования конкретного растения. Состояние уже имеющейся растительности, сохранение видов местной флоры (как островков естественной растительности с целью сохранения природной специфики региона); введение новых видов с целью повышения биоразнообразия (но, в данном случае за введёнными видами требуется чёткий контроль за их распространением, взаимодействием с местными растениями, возбудителями заболеваний) – все эти данные необходимо аккумулировать с целью изучения всестороннего влияния на фитосреду [4-6].

Воронеж является мегаполисом, фитокомпонент которого испытывает на себе комплекс негативных факторов как природного, так и антропогенного характера. При озеленении любой территории, мы ставим перед собой задачи помимо подбора ассортимента, ещё и выбор качественного посадочного материала, желательного выращенного в своём регионе. Далее анализируем биолого-экологическую устойчивость выбранных видов: к выхлопным газам, способность очищать воздух от загрязнения в период вегетации, повышенные декоративные качества и т.д. Принимаем во внимание, что любой вид растений имеет весьма изменчивый от года к году образец воспроизводства, что сказывается на экобалансе территории [7-9]. Особенно осторожно большинство экологов рекомендуют использовать хвойные породы в городском озеленении. Мы рекомендуем постепенно вводить в городские насаждения ель колючую (*Picea pungens* Engelm.). Несмотря на долгую историю интродукционных исследований *Picea pungens* Engelm. не до конца изучен вопрос о связи между метеорологической изменчивостью с вегетативным ростом вида, его морфологическими и фенологическими признаками с одной стороны, и с другой стороны – генеративным состоянием и вегетативным воспроизводством вида [10, 11].

Цель исследования – изучить и провести сравнительный анализ морфо- и феноизменчивости ели колючей (*Picea pungens* Engelm.) в г. Воронеже.

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

По систематической иерархии ель колючая (*Picea pungens* Engelm.) относится к семейству Сосновые (Pinaceae). На своей родине вид имеет

высоту от 21 до 35 м (изредка 50) и диаметр от 0,9 м до 1,50 м. Данный вид встречается одиночно, в чистых хвойных лесах, горных лесах разнообразного видового состава. Естественный ареал ели (33° - 48° северной широты и 104° - 114° западной долготы), входит во флористическую область скалистых гор запада Северной Америки.

Предмет исследования – морфологические и фенологические признаки *Picea pungens* Engelm.

Дизайн исследования

Во временных промежутках с 2019 г. по 2022 г. исследовали процесс прироста боковых и главных побегов ели колючей (*Picea pungens* Engelm.), произрастающей в городских насаждениях Воронежа, дендрарии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (далее по тексту – дендрарий), питомнике ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии» (далее – питомник). Измеряли диаметр ствола на высоте груди и высоту деревьев. Фиксировали начало и окончание роста побегов, сроки заложения зимующих почек, количество макростробил, длину и окраску хвои, формы кроны.

Территория Воронежской области расположена в центральной полосе Восточно-Европейской равнины между 49° - 52° северной широты и 38° - 42° восточной долготы, занимает площадь 52,4 тыс. км² входит в состав Евразийской степной области. Суммы эффективных температур (градусо-дней), необходимых для начала некоторых фенологических процессов развития (выше $+10...+13^{\circ}$ C) меняются с северо-запада на юго-восток в диапазоне от 2 400°C до 2 900°C.

Количество экземпляров изучаемой породы – 50. Возраст растений от 20-30 лет (30 экземпляров) на улицах г. Воронежа и до 60-70 лет (20 экземпляров) в дендрарии и питомнике. Тридцатилетние ели также произрастают и в питомнике. В дендрарии, площадь которого 4,0 га, произрастает 9 экземпляров ели колючей с различным оттенком хвои.

Разные виды интродуцентов семейства Сосновых в зависимости от их географического происхождения различаются сезонной ритмикой роста

побегов. Виды, позже начинающие и позже заканчивающие рост, менее зимостойки, чем виды, у которых сроки начала и окончания роста более ранние. Величина сезонного прироста побега зависит от температуры и влажности воздуха в период роста: у некоторых видов, она зависит от температуры воздуха, у других от влажности. Кроме того, у одного и того же вида в разные годы изменяются сроки начала и окончания роста в зависимости от погодных условий вегетационного периода.

В соответствии с вышеизложенным мы фиксировали временные промежутки вегетации не только побегов ели колючей, но и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), которая является одной из основных лесобразующих пород лесной зоны РФ. По мнению многих авторов именно сроки вегетации являются индивидуальным биологическим показателем приспособленности интродуцентов к новым условиям существования и особенностью их развития [12-15]. Ель европейская служила для сравнения.

Путём систематических измерений (каждые 10 дней) и наблюдений начало и конец роста побегов, его продолжительность. В статистических расчётах использовали средние значения роста побегов.

Диаметр дерева определяли прибором мерной вилкой (алюминиевой) на высоте 1,3 м от поверхности земли. Методика измерений следующая – мерная вилка должна быть направлена перпендикулярно к стволу. Диаметр ствола рассчитывали как среднее из двух замеров в двух перпендикулярных направлениях. Точность измерения 1 см.

Высоту дерева измеряли высотомером SuuntoPM-5 с двух базисных расстояний: 10 и 20 м, точность измерений $\pm 2\%$.

Анализ данных

Для всех сравниваемых значений биометрических параметров исследуемых деревьев определяли основные статистические характеристики (среднее, ошибка среднего), используя программу MicrosoftExcel, версия 13. По результатам проверки нормальности распределения диаметра и высоты применили метод парных корреляций, характеризуемый коэффициентом Пирсона r и критерием

значимости p , визуализируя их диаграммой рассеяния.

Результаты и обсуждение

На первом этапе своих исследований провели анализ дендрофлоры г. Воронежа. Оценили урбустойчивость ели колючей.

Анализ флористического состава хвойных г. Воронежа показал, что в урбанизированной среде используется всего 19 интродуцированных видов (без учёта форм и разновидностей). На наш взгляд, для г. Воронежа трудно найти среди хвойных видов, обладающий столькими полезными и декоративными свойствами как ель колючая (*Picea pungens* Engelm.). Многие авторы указывают на то, что ель колючая одна из немногих интродуцированных пород, которая является довольно устойчивой в городской среде и к различным антропогенным факторам, имеет высокие эстетические качества [16-18]. По числу декоративных форм она занимает одно из первых мест среди хвойных. Ель колючая зарекомендовала себя как одна из самых ценных в декоративном садоводстве пород, легко приживается при пересадках. Даже в зрелом возрасте устойчива в условиях загазованности и задымлённости городского воздуха, обладает сохранностью декоративной формы материнского растения.

Ель колючая, среди других интродуцентов отличается: высокой декоративностью (благодаря вечнозелёной хвое с различными оттенками окраски), строгими очертаниями кроны; характерным типом ветвления; крупными размерами; характеризуется индивидуальной и метамерной изменчивостью реакции хвои. Отсутствие механических повреждений на стволе и ветвях позволило сделать вывод, что по своим экологическим требованиям данный вид ели – зимостоек, морозоустойчив.

Непредсказуемыми природными факторами для Воронежской области являются: резкие и внезапные заморозки поздней весной; сильная засуха в летний период; оттепели в декабре и январе. Всё это приводит к изменению фенологических и фи-

зиологических процессов жизнедеятельности, а при семенном размножении – полной потери всходов после их успешного прорастания [19-21]. Необходимо было учитывать тот факт, что время распускания почек может совпадать с поздними весенними заморозками в регионе, и это предположительно может привести к замедлению развития.

Вторая задача исследования – выявить морфологические изменения, а также зафиксировать количественные и качественные параметры (форма кроны и её компактность, окраска хвои, визуально оценить количество экземпляров с макроростробилами, их окраску и обилие; измерить длину хвои).

Темп роста является одной из главных биологических особенностей растений при интродукции в новых условиях среды. Наблюдения за динамикой годичного прироста боковых побегов показали, что в течение времени изучения (2019-2022 г.г.) интенсивность роста меняется. Начинается рост во второй декаде апреля. Наиболее интенсивный рост происходит в конце апреля начале мая, при температуре $+16^{\circ}\text{C} \dots +17^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 45-50 %. При этом ритм роста имеет пульсирующий характер.

В г. Воронеже *Picea pungens* Engelm. высажена в парках, скверах, дендрарии, питомнике одиночно или небольшими группами, представители двух возрастных групп достигают различной высоты и диаметра.

Средний диаметр ствола варьирует от $0,23 \pm 0,003$ м (в группе 20-30 летних елей) до $0,42 \pm 0,005$ м (60-70 лет); средняя высота соответственно от $9,7 \pm 0,05$ м до $19,9 \pm 0,06$ м. Отмечена положительная корреляция между диаметром ствола и высотой дерева: как и следовало ожидать у молодых елей (20-30 летних) коэффициент корреляции $+0,65$ (ель до 10 лет растёт медленно, далее до 30 лет прослеживается интенсивный рост, затем замедляется), в группе 60-70 летних деревьев данный коэффициент чуть ниже и составляет $+ 0,55$ (рис. 1).

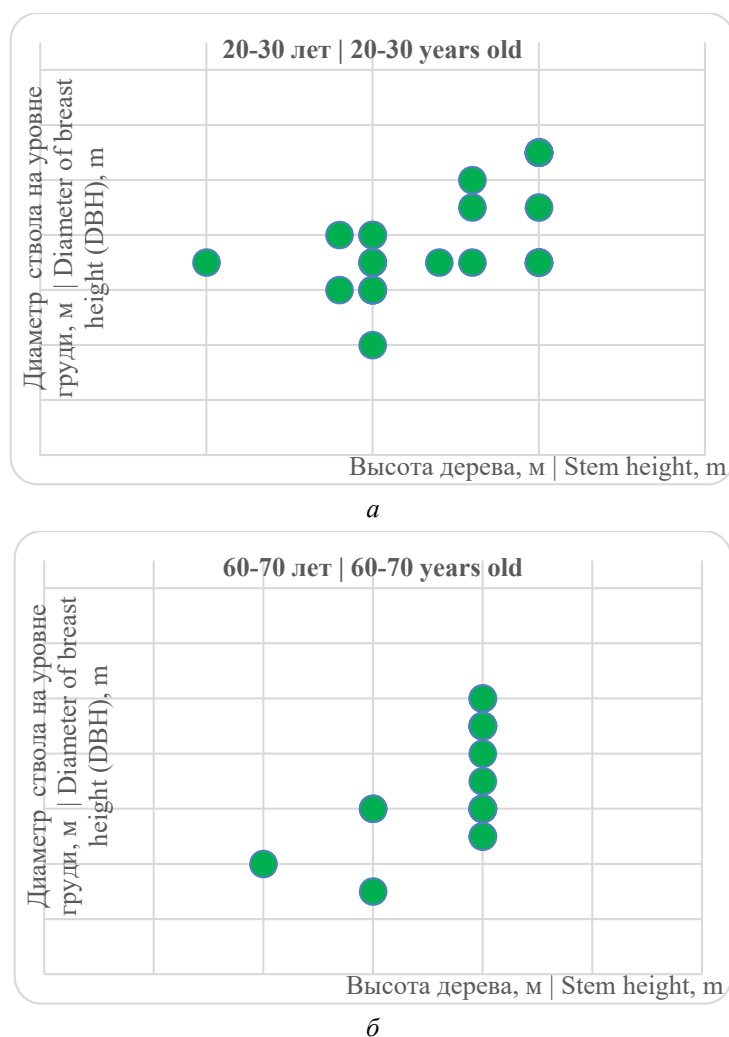


Рисунок 1. Средняя взаимосвязь роста верхушечных побегов 20-30 летних (а) и 60-70-летних (б) особей с температурой и влажностью воздуха

Figure 1. The relationship of the growth of apical shoots with temperature and humidity of the air

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Согласно наблюдениям, в г. Воронеже можно чётко говорить о 6 формах по окраске хвои (табл. 1). Наиболее чётко отличимые формы по окраске хвои: с голубой хвоей составляют – 34,0 %; сизой – 28,0 %; зелёной – 26,0 %. Анализ данных по 2 контрастным формам окраски хвои (зелено- и голубохвойные) выявил, что высота деревьев незначительно варьирует у 20-30 летних и 60-70-летних особей. По количественному составу голубохвойные формы (12 экземпляров) лидируют среди 20-30 летних елей, а зелёнохвойные (11) в категории от 60 до 70 лет (табл. 2). Исследования ещё раз показали широко распространённое явление у изучаемого вида – с возрастом голубой оттенок хвои снижается.

Таблица 1
Встречаемость деревьев *Picea pungens* Engelm. по цвету однолетних хвои

Table 1
The occurrence of trees of *Picea pungens* Engelm. by color of annual needles

Формы по окраске хвои Forms for the coloring of needles	Встречаемость хвои, % The occurrence of needles, %
Голубая Blue	34,0
Сизая Sizo	28,0
Зелёная Green	26,0
Сизо-зелёная Sizo-green	6,0
Темно-зелёная Dark-green	4,0

Формы по окраске хвой Forms for the coloring of needles	Встречаемость хвой, % The occurrence of needles, %
Беловато-голубая Whitish-blue	2,0

Источник: собственные экспериментальные данные

Source: own experimental data

Для того чтобы установить успешность прохождения феноритмики ели колючей в регионе тсследования провели аналогичные замеры побегов у ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.), которая, как мы и отмечали ранее, является лесобразующей породой в лесной зоне РФ. Проанализировали рост побегов и хвой за период с 2019 г. по 2022 г. в возрастном диапазоне растений от 20 до 30 лет и усреднённые данные представили в таблицах (табл. 3 и табл. 4).

Как видно из таблицы сроки вегетации обоих видов примерно одинаковы, отличаются тем, что развития хвой у ели европейской начинается на 11 дней раньше (табл. 3). Также установлено, что длина хвой *Picea pungens* Engelm. достигает размеров, зафиксированных у особей в естественном ареале. Это ещё раз свидетельствует о достаточно высокой степени приспособленности данного вида к новым условиям.

Начало роста побегов в разные годы фиксировали с 15-18 апреля, при температуре воздуха +11 °С ... +12 °С, относительной влажности воздуха 40 %. Период наиболее интенсивного роста побегов приходится на конец мая и середину июня, при температуре +16 °С...+20°С и относительной влажности 40-53 %. Отметим, что ель европейская опережает по величине прироста главного и боко-

вых побегов интродуцированную ель колючую, причём оба вида, как мы видим из таблицы, имеют практически равную продолжительность роста побегов 58-62 дня.

Таблица 2
Взаимосвязь возрастного диапазона *Picea pungens* Engelm. с окраской хвой

Table 2
The relationship of the age range of *Picea pungens* Engelm. with the coloring of needles

Возрастной диапазон растений, лет Plant age range, years	Группа деревьев по цвету хвой A group of trees by the color of needles	Количество деревьев, штук Number of trees, pieces	Высота, м (максимальная) Height, m (maximum)
20-30	Зеленохвойные Green-coniferous	2	9,4±0,02
	Голубохвойные Blue-tailed	12	10,1±0,02
60-70	Зеленохвойные Green-coniferous	11	19,0±0,02
	Голубохвойные Blue-tailed	5	20,0±0,02

Источник: собственные экспериментальные данные
Source: own experimental data

Таблица 3
Начало и конец роста хвой *Picea pungens* Engelm. и *Picea abies* (L.) Karst. в г. Воронеже и естественном ареале

Table 3
The beginning and the end of growth of *Picea pungens* Engelm. and *Picea abies* (L.) in Voronezh and the natural range

Вид Species	Начало роста (дата) The beginning of growth (date)		Конец роста (дата) The end of growth (date)		Длина хвой, см (г. Воронеж) Length of needles, cm (Voronezh)		Длина хвой, см (естественный ареал) Length of needles, cm (natural range)
	наиболее раннее the earliest	наиболее позднее the latest	наиболее раннее the earliest	наиболее позднее the latest	наиболее раннее the earliest	наиболее позднее the latest	
<i>P. pungens</i> Engelm.	16 мая 16 th of May	30 мая 30 th of May	4 июня 4 th June	17 июня 17 th June	1,9±0,02	1,3±0,02	1,5-3,0
<i>P. abies</i> (L.) Karst.	7 мая 7 th of May	27 мая 27 th of May	2 июня 2 th June	10 июня 10 th June	1,3±0,01	2,3±0,01	1,0-2,5 (3)

Источник: собственные экспериментальные данные
Source: own experimental data

Таблица 4

Период роста и величина прироста годичных побегов *Picea pungens* Engelm. и *Picea abies* (L.) Karst. в питомнике с 2019 г. по 2022 г.

Table 4

The growth period and the growth rate of annual shoots *Picea pungens* Engelm. and *Picea abies* (L.) Karst. in the nursery from 2019 to 2022

Вид Species	Рост боковых побегов Growth of lateral shoots		Продолжительность роста боковых побегов, дни Duration of growth of lateral shoots, days	Средняя величина прироста боковых побегов, см The average value of the growth of lateral shoots, cm	Средняя величина прироста главных побегов, см Average growth of the main shoots, cm
	начало (дата) beginning (date)	конец (дата) end (date)			
<i>P. abies</i> (L.) Karst.	15 апреля April 15	16 июня June 16	62	6,0±0,05a	24,6±0,06a
<i>P. pungens</i> Engelm.	18 апреля April 18	15 июня June 15	58	4,5±0,04b	17,5±0,05b

Примечание: средние значения, имеющие разные строчные буквы, статистически значимо различаются согласно пост-хок тесту с поправкой Бонферрони при уровне значимости $p < 0.05$.

Источник: собственные экспериментальные данные;
Source: own experimental data

На величину годового прироста в первую очередь оказывают влияние наследственные признаки вида, абиотические и биотические факторы. Из абиотических факторов среды на растения первоепенное влияние оказывают температура и влажность воздуха.

Проведенный корреляционный анализ выявил взаимосвязь между указанными выше факторами среды и ростом верхушечных побегов (рис. 2). На рисунке показана взаимосвязь роста с температурой и влажностью воздуха (показатели климатических факторах представлены на 15 июня).

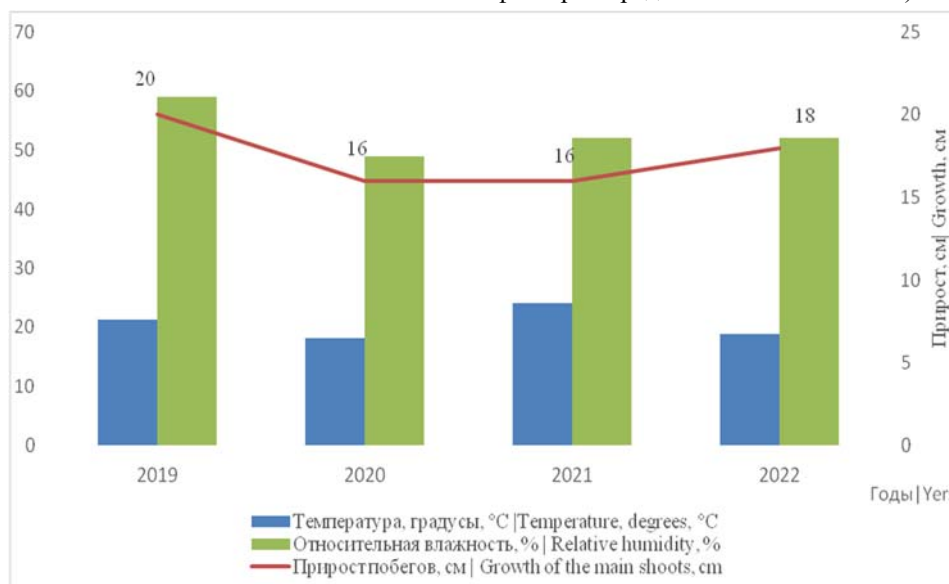


Рисунок 2. Взаимосвязь роста верхушечных побегов 20-30 летних особей с температурой и влажностью воздуха

Figure 2. The relationship of the growth of apical shoots with temperature and humidity of the air

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Заметная положительная корреляция между приростом и температурой воздуха отмечена и на начало развития (18 апреля), коэффициент корреляции +0,47 и на окончании роста (15 июня), коэффициент корреляции +0,49. Расчёт корреляции между приростом и влажностью воздуха показал, что для нормального развития изучаемого вида нужен более влажный воздух (коэффициент корреляции имеет отрицательное значение, составляет -0,32 и -0,39 соответственно).

Прекращение роста и заложение почек у ели колючей происходило в конце июня, начале июля, а общий временной промежуток от набухания до распускания составлял от 10 до 15 дней.

Отметили, что процесс одревеснения годичных побегов и формирование зимующей почки у большинства исследованных деревьев завершается до наступления осенних холодов – первые две недели июля. Это косвенно свидетельствует о завершении ростовых процессов и своевременности подготовки ели колючей к зимнему периоду.

Picea pungens Engelm. по форме кроны распределяется следующим образом: деревья с узкоконической кроной объединяют 19,0 % от всего количества, ширококонической – 26,0 %, конусовидной – 54,0 %. Отмечены также единичные деревья с колоннообразной формой кроны. Чуть менее половины всего состава (39,0 %) ели с компактной кроной.

Зафиксировали, что все экземпляры *Picea pungens* Engelm. вступают в генеративную фазу развития, а семеношение происходит раз в два-три года. Количество шишек на одном дереве ориентировочно 100-200. Размеры шишек: длина $7,8 \pm 0,03$ см, диаметр $2,2 \pm 0,01$ см. Число семян в шишке варьирует от 32 до 100-150 штук. Размеры семян: длина $0,32 \pm 0,003$ мм, ширина $0,20 \pm 0,003$ мм с преобладанием длиннокрылых семян (длина крылышка $0,89 \pm 0,003$ мм).

Заключение

В декоративных насаждениях г. Воронежа интродуцированные хвойные виды не получили широкого распространения. Без учёта форм и разновидностей насчитывается 19 видов.

На территории Воронежской области всё более увеличивается несоответствие между фенологическим развитием растений и окружающей средой. Среди самых опасных природных проявлений – положительные температуры воздуха в зимнее время, внезапные заморозки в тёплое время года, повышенная сухость воздуха в течение вегетационного периода. С целью увеличения видового разнообразия актуальным является постоянный подбор видов способных выдерживать многогранное и непредсказуемое влияние природных факторов среды и антропогенных.

Picea pungens Engelm., как и большинство хвойных видов, декоративна круглый год и устойчива к антропогенным факторам. Поэтому ель колючую целесообразно шире внедрять в урбонасаждения с учётом различных архитектурных форм и групп.

Несмотря на климатические несоответствия в регионе исследования, период наиболее интенсивного роста побегов *P. pungens* Engelm. в г. Воронеже приходится на конец апреля и начало мая, окончание роста зафиксировали во второй половине июня. Указанный временной период также является самым благоприятным для подавляющего количества древесных и видов местной флоры. Таким образом, результаты фенологических исследований свидетельствуют о пластичности ели колючей, т.е. способности вида не только существовать в изменяющихся климатических условиях, но даже и приспосабливаться в широком диапазоне количественных изменений. В данном случае можно говорить о расширении культивируемого ареала *P. pungens* Engelm [23, 24].

Полученные результаты свидетельствует о достаточно высокой степени приспособленности ели колючей к новым условиям существования: длина хвои достигает тех же размеров, свойственных в естественном ареале; у 20-30-летних деревьев отмечена положительная корреляция между диаметром ствола и высотой дерева (коэффициент корреляции $r = 0,65$); также среди молодых деревьев лидируют голубохвойные формы (12 экземпляров). Оценка роста побегов у аборигенного вида *Picea abies* (L.) Karst. показала, что сроки вегетации примерно одинаковы у обоих видов. Отличие

только в том, что начало роста хвои у ели европейской начинается на 11 дней раньше.

Процесс одревеснения годичных побегов у подавляющего большинства экземпляров завершается до наступления осенних холодов.

Полагаем, что данный вид перспективен для повсеместного использования в различных рекреационных зонах мегаполисов.

В будущих исследованиях необходимо ответить на вопрос: как феноритмика изученного вида сказывается на воспроизводстве при формировании местного фенотипа?

В планах работы – использовать вегетативное размножение вида посредством черенкования. При этом внимание следует обратить на маточные деревья с одновременной оценкой их эколого-биологических свойств и декоративности.

Список литературы

1. Martin Hadad, Jacques C.Tardif, France Conciatori, Justin Waito, Alana Westwood. Climate and atmospheric circulation related to frost-ring formation in *Picea mariana* trees from the Boreal Plains, interior North America. *Weather and Climate Extreme*. 2020;29: 100264. DOI: // <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100264>.
2. Lidia A. Semkina. Growth and Productivity of Non-Indigenous Woody Species in the Middle Urals. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*. 2021; 6: 100-109. DOI: // <https://dx.doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-100-109>.
3. Климат Воронежа – Погодаиклимат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru>
4. Alexey V. Kabonen, Natalya V. Ivanova. Tree attribute assessment in urban greenwood using ground-based LiDAR and multiseasonal aerial photography data. *Nature Conservation Research*. 2023; 8(1): 64-83. DOI: // <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2023.005>.
5. Xi Cao, Fang Gao, Caiyun Qin, Shigang Chen, Jufeng Cai, Changbin Sun, Yuhui Weng, Jing Tao. Optimizing Somatic Embryogenesis Initiation, Maturation and Preculturing for Cryopreservation in *Picea pungens*. *Forests*. 2022; 13(12): 2097. DOI: // <https://dx.doi.org/10.3390/f13122097>.
6. Zdeněk Vacek, Jan Cukor, Stanislav Vacek, Rostislav Linda, Anna Prokúpková, Vilém Podrázský, Josef Gallo, Oldřich Vacek, Václav Šimůnek, Ondřej Drábek, Vojtěch Hájek, Marko Spasić, Jakub Brichta. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021; 140(5): 1243-1266. DOI: // <https://dx.doi.org/10.1007/s10342-021-01392-x>.
7. Francesco Ferrini, Alessio Fini, Jacopo Mori, Antonella Gori. Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context. *Sustainability*. 2021; 12(10): 4247. DOI: // <https://dx.doi.org/10.3390/su12104247>.
8. Idalia Kasprzyk, Tomasz Wójcik, Paloma Cariñanos, Katarzyna Borycka, Agata Ćwik. Evaluation of the allergenicity of various types of urban parks in a warm temperate climate zone. *Aerobiologia*. 2018; 35(1): 57-71. DOI: // <https://dx.doi.org/10.1007/s10453-018-9537-3>.
9. Anna Kulkova, Natalia Besschetnova, Vladimir Besschetnova. Multiparameter Evaluation of the Taxonomic Proximity of the Species of Spruce (*Picea A. Dietr.*) in the Pigment Composition of Needles. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018; 1(37): 5-18. DOI: // <https://dx.doi.org/10.15350/2306-2827.2018.1.5>.
10. T.V. Zubkova, O.A. Dubrovina. The study of ecological and biological condition of colorado spruce (*Picea pungens* Engelm.) in the urban environment of yelets cit. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2019; 57(1): 61-66. DOI: // <https://dx.doi.org/10.31676/2073-4948-2019-57-61-66>.
11. Sergei V. Skupnevskii, Valerii N. Rakitskii, Tatina A. Synitskaya, Igor A. Nikolaev, Victoriya V. Tsagaeva. Efficiency of usage evergreen plants as test objects of hygiene monitoring in an industrial city. *Hygiene and sanitation*. 2020; 99 (7): 669-673. DOI: // <https://dx.doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-669-673>.
12. Dimitar Petrov Dimitrov, Miglena Zhiyanski. Dendrochronological analysis of the influence of climate on autochthonous and introduced coniferous tree species in the city park "Prostor", Kardzhali. *Silva Balcanica*. 2022; 23(1): 11-19. DOI: // <https://dx.doi.org/10.3897/silvabalcanica.23.e79249>.

13. Junchen Wang, Jianwei Ma, Fangqun Ouyang, Junhui Wang, Lu Song, Lisheng Kong, Hanguo Zhang. Intrinsic relationship among needle morphology, anatomy, gas exchanges and tree growth across 17 *Picea* species. *New Forests*. 2020; 52(3): 509-535. DOI: //https://dx.doi.org// 10.1007/s11056-020-09808-z.
14. Vaclav Sticha, Ram P. Sharma, Zdenek Vacek, Stanislav Vacek, Ondrej Nuhlicek. Timber and Branch Volume Prediction: Effects of Stand and Site Characteristics on Dendromass and Timber-To-Branch Volume Ratio of Norway Spruce in Managed Forests. *Forests*. 2019; 10(2): 144. DOI: // https://doi.org/10.3390/f10020144.
15. Zdenek Vacek, Stanislav Vacek, Anna Prokupkova, Daniel Bulusek, Vilem Podrazsky, Iva Hunova, Tereza Putalova, Jan Kral. Long-term effect of climate and air pollution on health status and growth of *Picea abies* (L.) Karst. peaty forests in the Black Triangle region. *Dendrobiology*. 2020; 83: 1-19. DOI: // http://dx.doi.org/10.12657/denbio.083.001.
16. O.S. Zalivskaya, N.A. Babich. Assessment of decorative plantings. *Lesnoy Zhurnal* (Forestry Journal). 2020; 6: 98-110. DOI: // https://dx.doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-98-110.
17. M.J. Vergotti, M. Fernandez-Martinez, S.C. Kefauver, I.A. Janssens, J. Penuelas. Weather and trade-offs between growth and reproduction regulate fruit production in European forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019; 279: 107711. DOI: // https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107711.
18. Lyudmila Lyashcheva, Aleksandr Lyashchev, Irina Prok. Influence of biologically active substances, chemicals and growth regulators on diseases of conifers in urban conditions. *BIO Web of Conferences*. 2020; 43: 2024-2024. DOI: https://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20224302024.
19. L.C. Fonseca, T.A. Magalhaes, L.A. Melo, L.S. Oliveira, G.E. Brondani. Rescue and vegetative propagation of *Eremanthus erythropappus* (DC.). MacLeish in natural stand. *Brazilian Journal of Biology*. 2021; 81 (3). DOI: https://doi.org/10.1590/1519-6984.225119.
20. Hänninen H., Kramer K., Tanino K., Zhang R., Wu J and Fu Y. Experiments are necessary in process-based tree phenology modelling. *Trends Plant*. 2019; Volume 24(3): 199-209. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.006.
21. Малюков С. В., Эксплуатация почвообрабатывающих орудий в условиях нераскорчеванных вырубок европейской части России: анализ препятствий в виде пней и корней / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, С. И. Дегтярева, М. В. Шавков, М. А. Малюкова, И. И. Шанин, С. Е. Арико // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 4 (48). – С. 96–113. – DOI: https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7.

References

1. Martin Hadad, Jacques C. Tardif, France Conciatori, Justin Waito, Alana Westwood. Climate and atmospheric circulation related to frost-ring formation in *Picea mariana* trees from the Boreal Plains, interior North America. *Weather and Climate Extreme*. 2020; 29: 100264. DOI: // https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100264.
2. Lidia A. Semkina. Growth and Productivity of Non-Indigenous Woody Species in the Middle Urals. *Lesnoy Zhurnal* (Forestry Journal). 2021; 6: 100-109. DOI: // https://dx.doi.org// 10.37482/0536-1036-2021-6-100-109.
3. Voronezh climate – Weather and climate URL: http://http://www.pogodaiklimat.ru
4. Alexey V. Kabonen, Natalya V. Ivanova. Tree attribute assessment in urban greenwood using ground-based LiDAR and multiseasonal aerial photography data. *Nature Conservation Research*. 2023; 8(1): 64-83. DOI: // https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2023.005.
5. Xi Cao, Fang Gao, Caiyun Qin, Shigang Chen, Jufeng Cai, Changbin Sun, Yuhui Weng, Jing Tao. Optimizing Somatic Embryogenesis Initiation, Maturation and Preculturing for Cryopreservation in *Picea pungens*. *Forests*. 2022; 13(12): 2097. DOI: // https://dx.doi.org / 10.3390/f13122097.
6. Zdeněk Vacek, Jan Cukor, Stanislav Vacek, Rostislav Linda, Anna Prokūpková, Vilém Podrázský, Josef Gallo, Oldřich Vacek, Václav Šimůnek, Ondřej Drábek, Vojtěch Hájek, Marko Spasić, Jakub Brichta. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? // *European Journal of Forest Research*. 2021; 140(5): 1243-1266. DOI: // https://dx.doi.org/10.1007/s10342-021-01392-x.

7. Francesco Ferrini , Alessio Fini , Jacopo Mori , Antonella Gori. Role of vegetation as a mitigating factor in the urban context. *Sustainability*. 2021; 12(10): 4247. DOI: // <https://dx.doi.org/10.3390/su12104247>.
8. Idalia Kasprzyk, Tomasz Wójcik, Paloma Cariñanos, Katarzyna Borycka, Agata Ćwik. Evaluation of the allergenicity of various types of urban parks in a warm temperate climate zone. *Aerobiologia*. 2018; 35(1): 57-71. DOI: // <https://dx.doi.org/10.1007/s10453-018-9537-3>.
9. Anna Kulkova, Natalia Besschetnova, Vladimir Besschetnova. Multiparameter Evaluation of the Taxonomic Proximity of the Species of Spruce (*Picea A. Dietr.*) in the Pigment Composition of Needles. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018; 1(37): 5-18. DOI: // <https://dx.doi.org/10.15350/2306-2827.2018.1.5>.
10. T.V. Zubkova, O.A. Dubrovina. The study of ecological and biological condition of colorado spruce (*Picea pungens* Engelm.) in the urban environment of yelets cit. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2019; 57(1): 61-66. DOI: // <https://dx.doi.org/10.31676/2073-4948-2019-57-61-66>.
11. Sergei V. Skupnevskii , Valerii N. Rakitskii , Tatina A. Synitskaya , Igor A. Nikolaev , Victoriya V. Tsagaeva. Efficiency of usage evergreen plants as test objects of hygiene monitoring in an industrial city. *Hygiene and sanitation*. 2020; 99 (7): 669-673. DOI: // <https://dx.doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-669-673>.
12. Dimitar Petrov Dimitrov, Miglena Zhiyanski. Dendrochronological analysis of the influence of climate on autochthonous and introduced coniferous tree species in the city park "Prostor", Kardzhali. *Silva Balcanica*. 2022; 23(1): 11-19. DOI: // <https://dx.doi.org/10.3897/silvabalcanica.23.e79249>.
13. Junchen Wang , Jianwei Ma, Fangqun Ouyang , Junhui Wang, Lu Song, Lisheng Kong, Hanguo Zhang. Intrinsic relationship among needle morphology, anatomy, gas exchanges and tree growth across 17 *Picea* species. *New Forests*. 2020; 52(3): 509-535. DOI: // <https://dx.doi.org/10.1007/s11056-020-09808-z>.
14. Vaclav Sticha, Ram P. Sharma, Zdenek Vacek, Stanislav Vacek, Ondrej Nuhlicek. Timber and Branch Volume Prediction: Effects of Stand and Site Characteristics on Dendromass and Timber-To-Branch Volume Ratio of Norway Spruce in Managed Forests. *Forests*. 2019; 10(2): 144. DOI: // <https://doi.org/10.3390/f10020144>.
15. Zdenek Vacek, Stanislav Vacek, Anna Prokupkova, Daniel Bulusek, Vilem Podrazsky, Iva Hunova, Tereza Putalova, Jan Kral. Long-term effect of climate and air pollution on health status and growth of *Picea abies* (L.) Karst. peaty forests in the Black Triangle region. *Dendrobiology*. 2020; 83: 1-19. DOI: // <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.083.001>.
16. O.S. Zalivskaya, N.A. Babich. Assessment of decorative plantings. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*. 2020; 6: 98-110. DOI: // <https://dx.doi.org/10.37482/0536-1036-2020-6-98-110>.
17. M.J. Vergotti, M. Fernandez-Martinez, S.C. Kefauver, I.A. Janssens, J. Penuelas. Weather and trade-offs between growth and reproduction regulate fruit production in European forests. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019; 279: 107711. DOI: // <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107711>.
18. Lyudmila Lyashcheva, Aleksandr Lyashchev, Irina Prok. Influence of biologically active substances, chemicals and growth regulators on diseases of conifers in urban conditions. *BIO Web of Conferences*. 2020; 43: 2024-2024. DOI: // <https://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20224302024>.
19. L.C. Fonseca, T.A. Magalhaes, L.A. Melo, L.S. Oliveira, G.E. Brondani. Rescue and vegetative propagation of *Eremanthus erythropappus* (DC.). *MacLeish in natural stand. Brazilian Journal of Biology*. 2021; 81 (3). DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.225119>.
20. Hänninen H., Kramer K., Tanino K., Zhang R., Wu J and Fu Y. Experiments are necessary in process-based tree phenology modelling. *Trends Plant*. 2019; Volume 24(3): 199-209. DOI: // <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.006>.
21. Malyukov S. V., Ekspluatatsiya pochvoobrabatyvayushchih orudij v usloviyah neraskorchevannyh vyrubok evropejskoj chasti Rossii: analiz prepyatstvij v vide pnej i kornej / S. V. Malyukov, E. V. Pozdnyakov, S. I. Degtyareva, M. V. Shavkov, M. A. Malyukova, I. I. Shanin, S. E. Ariko // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Т. 12. – № 4 (48). – S. 96–113. – Bibliogr.: s. 106–112 (42 nazv.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7>.

Сведения об авторах

✉ *Дегтярева Светлана Ивановна* – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3825-1158>, e-mail: degtjarewa-lana@yandex.ru.

Дорофеева Валентина Дмитриевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3624-6304>, e-mail: ekzo40@mail.ru.

Еськов Владимир Андреевич – студент 4 курса лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: eskovvladimir2019@yandex.ru.

Красникова Мария Олеговна – студент 3 курса лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: masha13032001@mail.ru.

Олейникова Елена Михайловна – доктор биологических наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», ул. Мичурина, 1 г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: cichor@agronomy.vsau.ru.

Торчик Владимир Иванович – доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заведующий лабораторией декоративного садоводства Центрального ботанического сада НАН Беларуси, ул. Сурганова, 2В, г. Минск, 220012, Республика Беларусь, e-mail: dendro@tut.by

Information about authors

✉ Svetlana I. Degtyareva – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Plant Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, orcid: <http://orcid.org/0000-0003-3825-1158>, e-mail: degtjarewa-lana@yandex.ru.

Valentina D. Dorofeeva – Cand. Sci (Agric), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Plant Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, orcid: <http://orcid.org/0000-0003-3624-6304>, e-mail: ekzo40@mail.ru.

Vladimir A. Eskov – 4th year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: eskovvladimir2019@yandex.ru

Maria O.Krasnikova – 3th year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: masha13032001@mail.ru

Elena M.Oleynikova – Dr. Sci. (Biol.), the professor Departments of breeding, seed production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russian Federation, e-mail: cichor@agronomy.vsau.ru.

Vladimir I. Torchyk – Dr. Sci. (Biol.), Professor, Corresponding member of the NAS, Head of Decorative Gardening Laboratory Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, 2v Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: dendro@tut.by.

✉ – Для контактов /Corresponding author