

СЕКЦИЯ 1. РАСТЕНИЯ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

DOI:10.58168/BFPh2025_6-13

УДК 630*181

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШИШЕК ХВОЙНЫХ (*p.Pseudotsuga*, *p.Pinus*, *p. Picea*, *p. Larix*) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

С.И. Дегтярева, В.Д. Дорофеева, А.И. Медведева

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Хвойные породы занимают более трети мировых лесов и играют важнейшую роль в мировых экосистемах. В настоящее время, в свете ожидаемых изменений климата, для лесного сектора особенно важны породы, устойчивые к климатическим аномалиям на основе их внутривидового адаптационного потенциала и реакции роста в различных временных масштабах, в частности к усиливающейся засухе. В таком случае выбор видов деревьев является одним из наиболее важных решений по повышению управления биоразнообразия и экологической стабильности видов. Цель работы – изучить морфометрические показатели шишек некоторых видов ценных в хозяйственном плане хвойных пород. Биология и экология конкретного вида, как мы знаем, напрямую зависят от экологических условий произрастания. И, наоборот, особенности строения репродуктивных органов характеризуются высокой степенью наследуемости. Целенаправленно изучали виды в дендрарии ФГБОУ ВО ВГЛУ два вида одного рода («аборигенный» вид и интродуцированный или вид, произрастающий вне своего естественного ареала). Объекты исследования – *Picea abies* L., *Picea pungens* Engelm., *Pinus sylvestris* L., *Pinus pallasiana* D. Don., *Larix sibirica* Ledeb., *Larix decidua* Mill., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.)

Ключевые слова: климат, хвойные породы, шишки, экологические условия.

VARIABILITY OF MORPHOMETRIC PARAMETERS OF CONIFEROUS CONES (*g.Pseudotsuga*, *g.Pinus*, *g. Picea*, *g. Larix*) DEPENDING ON THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF GROWTH

S.I. Degtyareva, V.D. Dorofeeva, A.I. Medvedeva

Abstract. Conifers occupy more than a third of the world's forests and play a crucial role in global ecosystems. Currently, in the light of expected climate changes, breeds that are resistant to climatic anomalies based on their intraspecific adaptive potential and growth response at various timescales, in particular to increasing drought, are especially important for the forest sector. In this case, the choice of tree species is one of the most important decisions to improve the biodiversity management and ecological stability of species. The purpose of the work is to study the morphometric parameters of cones of some species of economically valuable conifers. The biology and ecology of a particular species, as we know, directly depend on the environmental conditions of its growth. Conversely, the structural features of the reproductive organs are characterized by a high degree of heritability. Two species of the same genus were purposefully studied in the arboretum of the Federal State Budgetary Educational Institution VGLTU (An "indigenous" species and an introduced or non-native species). Object studies — *Picea abies* L., *Picea pungens* Engelm., *Pinus sylvestris* L., *Pinus pallasiana* D. Don., *Larix sibirica* Ledeb., *Larix decidua* Mill., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.)

Keywords: climate, conifers, cones, environmental conditions.

Введение.

Эколого-биологические особенности (конкретно, рост и виталитет), прохождение фаз у растений находятся в прямой зависимости от окружающей среды и места произрастания. Последнее уточнение особенно проявляется у растений в естественном ареале, или конкретном лесонасаждении, или в городских условиях (парки, скверы).

Надвигающая угроза для всей нашей планеты — это глобальное потепление. Изменение температуры воздуха, влажности почвы вызывает различные тенденции в выживаемости в первую очередь хвойных древесных пород [8]. Поэтому необходимо определить видовой состав растений и разработать стратегии приживаемости, которые улучшат методы выращивания и посадки растений.

При лесовосстановлении на территориях, подверженных ещё и засухе высаживают устойчивые виды, такие как лиственница (*Larix sibirica* Ledeb.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [6]. Например, экологическая значимость с. обыкновенной в Европе, особенно в районах, опустошённых ещё и короедами, привела к тому, что её стали рассматривать как замену ели европейской (*Picea abies* L.), так как сосна помимо того, что является деревом первопроходцем ещё и отличается устойчивостью к солнцу и засухе, быстрым ростом.

Понятно, что если проанализировать виды деревьев одного возраста по росту и диаметру ствола, но произрастающие в разных ботанико-географических и почвенно-климатических зонах, мы получим чёткие достоверные различия по искомым показателям.

Но, уже очень давно ещё В.Н. Сукачев отмечал, что особенности строения репродуктивных органов характеризуются высокой степенью наследуемости не зависимо от условий [5]. Следовательно, именно это требует детального изучения изменчивости в морфологическом строении шишек.

Мы все знаем, как устроена шишка хвойных растений: ось, и два типа чешуй – семенная и кроющая. У многих видов кроющая чешуя не выходит за пределы семенной (исключение р.пихта, р. псевдотсуга). Но, в тоже время именно особенности строения шишки являются важными диагностическими признаками в определении вида и показывают экологическую вариабельность.

Морфометрические показатели шишек напрямую отражают влияние абиотических и биотических факторов и несут в себе отпечаток влияния окружающей среды. В тоже время именно они для инорайонных видов в некоторой степени выражают ещё и оценку успешности интродукции и степень акклиматизации.

Для того чтобы сделать выводы о влиянии экологических условий на параметры морфологического строения шишек мы целенаправленно изучали в дендрарии ФГБОУ ВПГУ (далее дендрарий) по два вида одного рода – «аборигенный» вид и интродуцированный или вид, произрастающий вне своего естественного ареала.

Цель исследования – изучить морфометрические показатели шишек некоторых видов ценных в хозяйственном плане хвойных пород.

Объекты исследования: ель европейская или обыкновенная (*Picea abies* L.) и ель колючая (*Picea pungens* Engelm.); сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и сосна крымская (*Pinus pallasiana* D. Don.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) и лиственница европейская (*Larix decidua* Mill.); псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.). Псевдотсуга Мензиса изучалась нами как самая перспективная порода, занимающая мировое положение по использованию в городском озеленении [9].

Материалы и методы исследования.

По систематической иерархии все вышеперечисленные виды относятся к семейству Сосновые (Pinaceae) [1].

В проведённом исследовании собрали по 30 шишек каждого вида, произрастающих на территории дендрария. Деревья одного вида были примерно одного возраста. Годы сбора – 2023-2024 гг.

В числе признаков, характеризующих морфологию шишек, были взяты следующие показатели: длина и ширина шишки, форма шишек, число семенных чешуй, окраска шишки.

Длина и ширина шишки определялись измерением линейки.

Определение отношения длины к ширине характеризует форму шишки. Наибольшая ширина обычно бывает на расстоянии 1/4 общей длины шишки от основания, отношение длины к ширине показывает продолговатую форму – 2,5–3,0, широкую – 2,0–2,5, яйцевидную – 1,5–2,0, круглую – 1–1,5 [4].

Число семенных чешуй определялось подсчитыванием. В общую сумму входили чешуи всех размеров, включая и самые маленькие у основания шишки.

Результаты исследования и их обсуждение.

Вначале нужно коснуться вопросов об особенностях экологии вида и строения шишек выбранных объектов.

Климат г.Воронежа и области приводим не будем, это известная и общедоступная информация, но факторы, лимитирующие произрастание вышеперечисленных видов мы подчеркнём[3].

Piceaabies L. распространена повсеместно в Средней и Северной Европе (от Пиренейских гор до Скандинавии) и в европейской части России. В лесной зоне РФ формирует чистые леса (ельники), в средней полосе – смешенные леса. Экологические требования достаточно высоки. *P.abies* L. растёт на свежих или сырых, сильно кислых, торфяных, каменистых и песчаных глинистых почвах или суглинках, в холодном и влажном зимой климате, не выносит избыточного увлажнения. Не отличается высокой требовательностью к плодородию почвы. Очень теневыносливая порода и в этом отношении уступает только тису и пихте. Зимостойка, но страдает от поздневесенних и раннеосенних заморозков. Её часто используют в мегаполисах для улучшения фитосреды, несмотря на то, что на атмосферное загрязнение воздуха она реагирует остро, так как её хвоя имеет длительный срок жизни и поглощает газы [11-13]. Ель обыкновенная служит нам новогодним украшением в наших домах. Шишки *P. abies* L. 3-14x1,5-5 см, веретеновидно-цилиндрические, светло-коричневые или красновато-бурые. Чешуи шишек жестко кожистые, ромбические с зазубренным верхним краем. Раскрытие шишки и рассеивание семян происходит с января по апрель. Раскрытию шишек способствует сухая и морозная погода, а распространению семян – ветер.

Родиной *Picea pungens* Engelm. является Северная Америка. Данный вид встречается одиночно, в чистых хвойных лесах, горных лесах разнообразного видового состава [10]. Естественный ареал ели входит во флористическую область Скалистых гор. Ель колючая в «противовес» нашей ели обыкновенной вообще «не капризна» – зимо- и морозоустойчива, хорошо переносит засуху, в городских условиях нашего г.Воронежа газо- и дымоустойчива. И, как следствие, активно высаживается в городские насаждения с целью повышения биоразнообразия и улучшения фитолимата [2]. Шишки 5-10x2-3 см, овально-цилиндрические, рыхлые, светло-коричнево-серые, раскрываются осенью, тогда же происходит высыпание семян, разносимых ветром. Кроющие чешуи мягкие, кожистые, сильно морщинистые, по краю волнистые.

*Pinussylvestris*L. можно чётко проследить в лесной, лесостепной и степной зонах. Вид не отличается особыми требованиями к почвенно-грунтовым условиям и в целом климату. По праву считается пионерным видом при вторичных сукцессиях. Шишки продолговатояйцевидные, 4-6x2-3,5 (5-9) см, буровато-серые, с плотными деревянистыми чешуями. Щитки, или апофизы, на концах семенных чешуй матовые или слабо блестящие, почти ромбические, с небольшим слабовыпуклым пупком.

Pinus pallasiana D. Don.– ареал растения включает Крым и Кавказ, склоны гор к югу от Геленджика. Вид предпочитает известковые почвы, но также растёт на щебневых и песчаных почвах. Светолюбив, при затенении угнетается и поражается вредителями. В г.Воронеже *P.pallasiana* D. Don. высажена единичными экземплярами: дендрарий, лесопарковый участок ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех», ботсад ФГБОУ ВГУ им. Б.М. Козо-Полянского. В Семилукском питомнике этот вид активно выращивают и подвергают особой вид стрижки – ниваки, потребительский спрос высок. Но, дальнейшее её произрастание в загородных особняках показывает её неудовлетворительное состояние. Шишки 5-10x4-5 см, светло-коричнево-серые, овально-цилиндрические, рыхлые. Щитки чешуй лоснящиеся, буро-охристые, желтые, почти ромбические, прорезанные шестью более или менее ясно

видимыми радиальными ребрышками, из которых два образуют остро выступающий поперечный киль.

Larix sibirica Ledeb. охватывает север, северо-восток и частично восток Европейской части России, Урал, Западную и Восточную Сибирь, Забайкалье, за пределами России – Восточный Казахстан, северную часть Монголии и Северо-Западный Китай. С севера на юг сплошной ареал простирается от тундры до Алтая и Саян. В хвойных формациях *L. sibirica* Ledeb. узнаваема наряду с доминантами, реже образует мононасаждения. Поскольку предпочитает низкие положительные температуры и требует высокую влажность воздуха и почвы, то в урбосреде страдает от сухости климата. На л.сибирской формируются шишки 2-4х2-3 см, светло-бурые, яйцевидные, иногда несколько усеченные, к оси крепятся 20-25 семенных чешуй, расположенных в виде 5-7 спиральных рядов, довольно жесткие, яйцевидные или округлые, с закругленным или срезанным, слегка загнутым слегка внутрь краем. Кроющие чешуи видны только у основания шишки.

Larix decidua Mill. распространена в хвойных и смешанных лесах Западной и Центральной Европы, доходя на востоке до Карпат. В пределах естественного ареала занимает главным образом горные местообитания в Альпах и Карпатах, располагаясь в основном на высотах между 1000 и 2500 м над уровнем моря, в предгорьях местами спускается до 300 м, поднимается в альпийский пояс, доходя до альпийских криволесий. Вид не выносит заболачивания, но морозостоек. В Воронежской области можно отметить несколько рядовых или аллельных посадок в дендрарии и учебно-опытном лесхозе при университете. Шишки 2-4(6)х 2-2,4 см, яйцевидно-продолговатые, состоят из 6-8 спиральных рядов семенных чешуй (буро-коричневые, плотно примыкают одна к другой, слабовыпуклые, с волнистым, слегка отогнутыми краем). Кроющие чешуи заметно выделяются над семенными заостренными темными концами.

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco. – ценная хвойная порода, родиной которых является тихоокеанское побережье США и Канады [7]. Из всех вышеперечисленных пород это самая часто используемая порода в озеленении и отличается особой декоративностью и устойчивостью в городских парках и скверах. Шишки 10х5 см, светло-коричневого цвета, яйцевидно-цилиндрические, края семенных чешуй округлые, кроющие чешуи выступают из-под семенных. Концы кроющих чешуй загнуты книзу. Семена в них созревают в первый же год.

Конкретные размеры шишек приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Количественные показатели размеров шишек

Вид	Размеры шишек в естественном ареале, см		Размеры шишек в дендрарии, см	
	Длина	Ширина	Длина	Ширина
<i>Picea abies</i> L.	3-14	1,5-5	14±0,02	4±0,02
<i>Picea pungens</i> Engelm.	5-10	2-3	6±0,02	2±0,02
<i>Pinus pallasiana</i> D. Don.	5-10	4-5	7,5±0,03	3,7±0,03
<i>Pinus sylvestris</i> L.	4-6	2-3 (5-9)	6±0,04	3±0,04
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco.	7-10	5	6,4±0,05	3,4±0,05

<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	2-4	2-3	2,8±0,04	2±0,04
<i>Larix decidua</i> Mill.	2-4 (6)	2-2,4	2,5±0,02	2,3±0,02

Варьирование длины и ширины шишек укладывается в 3 группы. У североамериканских видов *Piceapungens*Engelm.и *Pseudotsugamenziesii*(Mirb.) Franco. размеры шишек в дендрарии и естественном ареале идёт по нижней границе возможных размеров. Вторая размерная группа объединяет *Piceaabies*L., *Pinussylvestris*L. и соответствует верхней границе максимальной размерной сетки. И, наконец, третья группа включает *Larixsibirica*Ledeb. и*Larixdecidua*Mill. – средние арифметические размерные показатели.

Проведенный статистический анализ изменчивости признака по варьированию длины и ширины шишек показал слабую изменчивость изучаемых признаков как внутри рода (от CV=6 % до CV=8 %), так и между видами разных родов (от CV=7 % и CV=10 % до CV=18 %).

Что касается формы шишек, то практически у всех видов, произрастающих в дендрарии значительно преобладают шишки, имеющие яйцевидную форму (в 85 % случаях).

Количество семенных чешуй и окраска шишек полностью соответствует литературным данным.

Заключение.

Таким образом, проведённое сравнительное исследование морфометрических показателей шишек некоторых видов сем. Сосновых, произрастающей в дендрарии, подтверждает гипотезу В.Н. Сукачева о высокой степени наследуемости репродуктивных органов.

Это позволяет сделать вывод о том, изучаемый видовой состав растений обладает адаптациями к условиям среды, отличающихся от природной. В свою очередь приспособления позволяют видам выживать, а нам активнее вовлекать (особенно растения интродуценты) для повышения биоразнообразия и эстетики городских насаждений.

Список литературы

1. Абаимов, В. Ф. Дендрология: учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Ф. Абаимов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2018. – С. 474.
2. Дегтярева, С.И., Дорофеева, В.Д., Еськов, В.А., Красникова, М.О., Олейникова, Е.М., Торчик, В.И. // 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.
3. Климат Воронежа – Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения 08.02.2025).
4. Правдин, Л. Ф. Сосна обыкновенная (изменчивость, внутривидовая систематика и селекция) / Л. Ф. Правдин. – М. : Наука, 1964. – С. 189 с.

5. Сукачев, С. Н. Дендрология с основами лесной геоботаники / Сукачев, С. Н. – Л. : Гослестехиздат, 1934. – С. 614.
6. Харук, В.И., Петров, И.А., Голуков, А.С., Им, С.Т. Шушпанов, А.С. Горная тайга в условиях глобального потепления: контраст в росте сибирской сосны в зависимости от высоты над уровнем моря / Харук В.И., Петров И.А., А, Голуков А.С., Им С.Т., Шушпанов А.С. // Леса, 2023. – Т. 15. – В. 1. – С. 50-51. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15010050>.
7. Bastian J-Ch, Sanchez L and Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) // Forest Tree Breeding in Europe (Springer, Netherlands) –2013. – P. 325–369. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9>.
8. Global warming and sexual plant reproduction // Afif Hedhly, Jose I.Hormaza, Maria Herrero // Trends in Plant Science, 2009. – V. 14. – Issue 1 – P. 30-36 // DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.11.001>.
9. Dorofeeva V.D., Degtyareva S.I., Komarova O.V., Shipilova V.F. Generative and vegetative reproduction of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in the Central Chernozem Region / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). – 2019. – P. 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012044>.
10. S. Krozer, S. Renault, Dzh. Franklin, J. Zwiazek.. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana* / Environmental Pollution, 2001. – V. 115. – Issue 1. – P. 9-16. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00097-5).
11. 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. – V. 10 (2). – P. 144. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10020144>.
12. Winter warming response of gas-exchange and growth of *Abies alba* and *Picea abies* seedlings/ Peter Petrik, Liliana Scapucci, Anja Petek-Petrik, Michal Bosela, Weiwei Huang, Daniel Kurjak, Anders Ræbild // Trees, 2023. – V. 38. – Issue 1. – P. 151-167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02473-7>
13. 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.– V. 83.– P.1-19. DOI: [/10.12657/denbio.083.001](https://doi.org/10.12657/denbio.083.001).

References

1. Abaimov, V. F. Dendrology: textbook and workshop for academic undergraduates / V. F. Abaimov. – 3rd ed., rev. and additional – Moscow: Yurayt Publishing House, 2018. – S. 474. – (Bachelor. Academic course). – Text: electronic // Educational platform Urayt [website]. – <https://urait.ru/bcode/422796>.

2. Degtyareva, S.I., Dorofeeva, V.D., Eskov, V.A., Krasnikova, M.O., Oleinikova, E.M., Torchik, V.I. // Morpho- and pheno-variability of *Picea pungens* Engelm.: an analysis of the plasticity of the species in the urban environment of Voronezh / S.I. Degtyareva, V.D. Dorofeeva, V.A. Eskov, M.O. Krasnikova, E.M. Oleinikova, V.I. Torchik // Forestry Journal. – 2023. – V. 13. – № 1 (49). – S. 268-280.
3. Voronezh climate – Weather and climate. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (accessed 02/08/2025).
4. Pravdin, L. F. Scots pine (variability, intraspecific taxonomy and breeding) / L. F. Pravdin. – M. : Nauka, 1964. – S. 189.
5. Sukachev, S. N. Dendrology with the basics of forest geobotany / Sukachev, S. N. – L. : Goslesteckhizdat, 1934. – S. 614.
6. Kharuk, V.I., Petrov, I.A., Golyukov, A.S., Im., S.T. Shushpanov, A.S. Mountain taiga in conditions of global warming: the contrast in the growth of Siberian pine trees depending on altitude above sea level / Kharuk V.I., Petrov I.A., A, Golyukov A.S., Im. S.T. Shushpanov A.S. // Lesa, 2023. – T. 15. – V. 1. – S. 50-51. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15010050>.
7. Bastian J-Ch, Sanchez L and Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) // Forest Tree Breeding in Europe (Springer, Netherlands) –2013. – P. 325–369. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9>.
8. Global warming and sexual plant reproduction // Afif Hedhly, Jose I.Hormaza, Maria Herrero // Trends in Plant Science, 2009. – V. 14. – Issue 1. – P. 30-36 // DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.11.001>.
9. Dorofeeva V.D., Degtyareva S.I., Komarova O.V., Shipilova V.F. Generative and vegetative reproduction of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in the Central Chernozem Region / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). – 2019. – P. 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012044>.
10. S. Krozer, S. Renault, Dzh. Franklin, J. Zwiazek.. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana* / Environmental Pollution, 2001. – V. 115. – Issue 1. – P. 9-16. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00097-5).
11. 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. – V. 10 (2). – P. 144. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10020144>.
12. Winter warming response of gas-exchange and growth of *Abies alba* and *Picea abies* seedlings / Peter Petrik, Liliana Scapucci, Anja Petek-Petrik, Michal Bosela, Weiwei Huang, Daniel Kurjak, Anders Ræbild // Trees, 2023. – V. 38. – Issue 1. – P. 151-167. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02473-7>
13. 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.– Vol. 83.– P.1-19. DOI: [10.12657/denbio.083.001](https://doi.org/10.12657/denbio.083.001).