

УДК 630*181.28

К ВОПРОСУ МОРОЗОУСТОЙЧИВОСТИ И ЗИМОСТОЙКОСТИ ВИДОВ РОДА *GLEDITSIA* L. В УСЛОВИЯХ РЕГИОНА СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Семенютина А.В., Мельник К.А.

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», Волгоград,
e-mail: semenyutinaa@vfanc.ru, melnik-k@vfanc.ru

Проблема устойчивости древесных растений *Gleditsia* в условиях каштановых почв сухостепной зоны имеет теоретическое и практическое значение. Виды рода *Gleditsia* рекомендуются в сухостепных условиях для защитного лесоразведения и озеленения населенных пунктов. Они используются как главная порода в защитных лесных полосах, придорожных посадках, приовражных лесных насаждениях. При озеленении населенных пунктов ее высаживают в городских парках. Основным исходным материалом при размножении *Gleditsia* являются семена. Цель исследований – оценка морозоустойчивости и зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* в условиях Волгоградской области методом промораживания в лабораторных (климатическая камера КХТ-0,22) и полевых условиях. Объектами исследования являлись виды *Gleditsia*: *G. texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*, *G. triacanthos*, *F. inermis* произрастающие в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН кадастр 34:34:000000:122; 34:34:060061:10. Возраст растений 10 лет. Коллекционные фонды расположены на светло-каштановых почвах с небольшим содержанием гумуса, пригодных для произрастания лесной растительности, в типичных для региона условиях. Выявлено, что изменение морозоустойчивости и зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* в условиях сухостепной зоны происходит в зависимости от напряженности факторов внешней среды. Сравнительная характеристика экологической пластичности по отношению к низким отрицательным температурам показала, что самые низкие показатели морозоустойчивости и зимостойкости имеет *Gleditsia caspica*. Данная особенность, несомненно, связана с географическим происхождением этого вида. Ареал естественного распространения *Gleditsia caspica* находится в Ленкоранской низменности с субтропическим океаническим климатом. Предложен метод диагностики морозоустойчивости видов рода *Gleditsia*. Для озеленительных посадок представляют интерес как наиболее зимостойкие и засухоустойчивые виды *G. texana*, *G. triacanthos*, с природным ареалом из Северной Америки.

Ключевые слова: *Gleditsia texana*, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia triacanthos*, *Gleditsia triacanthos*, *F. inermis* зимостойкость, морозоустойчивость, климатическая камера КХТ-0,22

ON THE QUESTION OF FROST RESISTANCE AND WINTER HARDINESS OF SPECIES OF THE GENUS *GLEDITSIA* L. IN THE CONDITIONS OF THE DRY-STEPPE ZONE REGION

Semenyutina A.V., Melnik K.A.

Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, e-mail: semenyutinaa@vfanc.ru, melnik-k@vfanc.ru

The problem of stability of *Gleditsia* woody plants in the conditions of chestnut soils of the dry-steppe zone has theoretical and practical significance. Species of the genus *Gleditsia* are recommended in dry-steppe conditions for protective afforestation and landscaping of settlements. They are used as the main breed in protective forest strips, roadside plantings, and forest stands. When landscaping settlements, it is planted in urban parks. The main source material for the propagation of *Gleditsia* is seeds. The purpose of the research is to assess the frost resistance and winter hardiness of various species of the genus *Gleditsia* in the conditions of the Volgograd region by the method of freezing in the laboratory (climate chamber KKT-0.22) and field conditions. The objects of the study were *Gleditsia* species: *G. texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*, *G. triacanthos*, *f. inermis* growing in the dendrological collections of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences cadastre 34:34:000000:122; 34:34:060061:10. The age of the plants is 10 years. The collection funds are located on light chestnut soils with a low humus content suitable for the growth of forest vegetation, in typical conditions for the region. It is revealed that the change in frost resistance and winter hardiness of various species of the genus *Gleditsia* in the conditions of the dry-steppe zone region occurs depending on the intensity of environmental factors. Comparative characteristics of ecological plasticity in relation to low negative temperatures showed that *Gleditsia caspica* has the lowest indicators of frost resistance and winter hardiness. This feature is undoubtedly related to the geographical origin of this species. The natural distribution area of *Gleditsia caspica* is located in the Lenkoran lowland with a subtropical oceanic climate. A method for diagnosing the frost resistance of species of the genus *Gleditsia* is proposed. For landscaping, the most winter – hardy and drought-resistant species – *G. texana*, *G. triacanthos*, with a natural range from North America are of interest.

Keywords: *Gleditsia texana*, *Gleditsia caspica*, *Gleditsia triacanthos*, *Gleditsia triacanthos*, *F. inermis*, winter hardiness, frost resistance, climate chamber KKT-0,22

К роду растений *Gleditsia* относят около 12 видов, в культуре еще известны некоторые формы и гибриды. Распространен в Северной и Южной Америке и Восточной Азии. Известен в таких странах, как Япония, Китай, Корея и Монголия [1, 2].

Род *Gleditsia* попал в Европу в конце XVII в. Впервые культивировал его Комтон вблизи Лондона. В начале XVIII в. этот род получил широкое распространение в парках, а позднее – в защитных насаждениях всей Европы. В настоящее время виды *Gleditsia* хорошо распространены в Австралии, Венгрии, Болгарии, Румынии, Чехословакии и других странах Европы. В России *Gleditsia* культивируется с 1756 г., впервые в оранжерее сада Демидова под Москвой [3, 4].

Агроэкологические мероприятия в Волгоградской области ведутся в исключительно жестких климатических условиях. На рост и развитие древесных растений сильный отпечаток накладываются периодически повторяющиеся морозные зимы (-37°C), засухи, которые порождают повреждения древесных пород и замедляют их рост и эффективность. Поиск новых высокоустойчивых к комплексу неблагоприятных природных факторов региона видов древесных растений является приоритетным направлением исследований в этом регионе.

Согласно предварительному литературному анализу и проведенным исследованиям представители рода *Gleditsia* благоприятно произрастают в условиях сухостепного региона, растения не требовательны к почвам и обладают высокими показателями засухоустойчивости [5–7].

В дендрологических коллекциях представлены три вида данного рода. Их комплексная оценка, изучение биоэкологических особенностей в условиях интродукции, роста и развития позволит выявить потенциал использования каждого вида в защитном лесоразведении и озеленении на территории Волгоградской области [8, 9].

Цель исследований – оценка морозоустойчивости и зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* в условиях Волгоградской области методом промораживания в лабораторных (климатическая камера КХТ-0,22) и полевых условиях.

В задачи исследований входило:

- изучить состояние вопроса морозоустойчивости различных видов при экстремально низких температурах;
- изучить климатические условия холодного и теплого периодов в пределах ареалов искусственного и естественного распространения;
- дать оценку зимостойкости и морозоустойчивости видов рода *Gleditsia* в условиях каштановых почв.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являлись *Gleditsia*: *G. texana*, *G. caspica*, *G. triacanthos*, *G. triacanthos*, *F. Inermis*, произрастающие в дендрологических коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН кадастр 34:34:000000:122; 34:34:060061:10. Цель исследований – биоэкологическое обоснование применения различных видов рода *Gleditsia* в сухостепных условиях Волгоградской области на основе изучения их развития и устойчивости.

Климатические условия холодного и теплого периодов в пределах ареалов искусственного и естественного распространения проводились с использованием интернет-сервисов [10].

Для определения морозоустойчивости побеги размещались в климатической камере КХТ-0,22 (рис. 1), которая прошла первичную аттестацию в соответствии с ГОСТ-Р-8.568-97,1; ГОСТ-Р-53616-2009; ГОСТ-Р. 53618-200. Камера позволяет проводить испытания по российским ГОСТам и международным стандартам. Система управления камеры функционирует на базе русскоязычного программируемого логического контроллера с цветной тактильной панелью оператора. Марка контроллера ТЕМІ (Южная Корея).



Рис. 1. Климатическая камера КХТ-0,22

Климатическая камера специализирована для выполнения проверок влияния температур по установленным программам с функцией передачи на тестируемое оборудование, с дальнейшими замерами характеристик в ходе тестирований.

Эксперимент имел два варианта: с температурой -37°C и -41°C . После промораживания нанесли на них одну-две капли красителя метиленовый синий (рис. 2). Диагностика живых и мертвых тканей проводилась методом окрашивания. Раствор метиленового голубого (100 мг/л) в 2,5%-ном K_2HPO_4 через несколько минут окрашивает мертвые и нежизнеспособные клетки в синий цвет.



Рис. 2. Проведение опыта с красителем метиленовый синий

Оценку зимостойкости различных видов рода *Gleditsia* в течение ряда лет (2010–2020 гг.) проводили в полевых условиях (табл. 1).

Индекс обмерзания определялся по формуле

$$Y = 100 \cdot \lambda \cdot d\Delta / h \cdot d,$$

где $d\Delta$ – диаметр у основания обмерзшей части ветки, м;
 λ – длина обмерзшей части ветки, м; h – высота растения, м;
 d – диаметр ствола (ниже первой ветки), м [12].

Степень достоверности полученных результатов подтверждена многолетними экспериментальными исследованиями с применением современного оборудования и обработки метеорологических, лабораторных и натуральных наблюдений. Объем: исследовано 40 деревьев, выполнено 400 замеров. Результаты исследований имеют статистически достоверную оценку на 95% уровне значимости.

Результаты исследования и их обсуждение

Областью природного распространения *Gleditsia triacanthos* является центральная часть Северной Америки от западного Нью-Йорка и Пенсильвании до южной Миннесоты (43° с. ш.) и восточного Канзаса и на юг до северо-восточного Техаса и северной Джорджии. Часто встречается в лесных посадках.

G. texana произрастает в лесах, речных поймах, болотах и озерах. Отдельные деревья замечены в нижней части реки Бразос, вблизи населенных пунктов Бразория и Техас. Ареал произрастания *Gleditsia* в Северной Америке характеризуется умеренно субтропическим климатом, охватывающим южную часть континента от различных озер на востоке до реки Колумбия на Западе. Техас включает две климатические зоны.

Таблица 1

Шкала зимостойкости (Методические указания... 2010) [11]

Балл	Диагностика зимостойкости по состоянию растений	Индекс обмерзания по наблюдениям в полевых условиях	Индекс обмерзания по наблюдениям в лабораторных условиях (КХТ-0,22 при -37 и -41°C)
I	Не повреждаются в зимних условиях	1,0	1,0
II	Повреждаются на 50% длины однолетние побеги	0,8	0,8
III	Повреждаются на 100% длины однолетние побеги	0,6	0,6
IV	Обмерзают побеги (2–3-летние) и скелетные ветви	0,4	0,4
V	Погибает выше уровня снежного покрова надземная часть растений	0,2	0,2
VI	Вымерзают полностью (надземная и подземная части)	0	0

Так, на юге доминирует жаркий субтропический климат, а на севере и в центральной части – континентальный климат с теплым летом и холодной зимой. Средняя температура в центральной и северной частях в середине зимы колеблется от 0 °С до 18 °С, в июле повышается до 32 °С. Норма осадков за год в штате неоднозначна, наблюдается тенденция снижения количества осадков в восточном направлении.

Природным ареалом *G. caspica* считается южная часть Ленкорани. Растет группами, единичными экземплярами в низинной и предгорной частях. Ареал естественного произрастания имеет влажный субтропический климат. Он характеризуется умеренно теплой зимой, сухим и жарким летом и дождливой осенью. Среднее количество осадков достигает 1600 мм, в основном осенью. Минимальную температуру можно

заметить в начале года, а самый теплый период начинается в середине лета. Средняя летняя температура составляет около 18 °С (табл. 2).

Волгоградская область относится к сухостепной зоне, климат континентальный. Характерными особенностями климата являются: активный ветровой режим в течение всего года, частый сухой период, малое количество осадков, выпадающих чаще в виде ливней, сопровождающихся шквальным ветром и бурями.

Среднегодовая численность осадков составляет около 400 мм. Осадки распределяются за год неравномерно, что характерно для всего юго-востока Европейской части РФ. Большая часть осадков приходится на весенне-осенний период. Осадки летом выпадают в основном в форме недолгих дождей и не успевают пропитать землю (рис. 3).

Таблица 2

Климатические показатели в экспериментальных посадках и в естественных ареалах рода *Gleditsia*

Показатели	Экспериментальные посадки	Естественный ареал	
	Волгоград	Ленкорань	Техас
Начало зимнего периода, дата	2 декада ноября	1 декада декабря	3 декада ноября
Конец зимнего периода, дата	1 декада апреля	2 декада марта	3 декада марта
Минимальная температура воздуха, °С	-35	-2	-5
Начало весеннего периода, дата	3 декада марта	1 декада марта	2 декада марта
Начало летнего периода, дата	1 декада мая	2 декада апреля	3 декада апреля
Первые сезонные заморозки	1 декада ноября	3 декада ноября	2 декада ноября
Последние весенние заморозки	3 декада апреля	3 декада февраля	3 декада марта
Максимальная температура воздуха, °С	Около 42	Около 32	Около 32

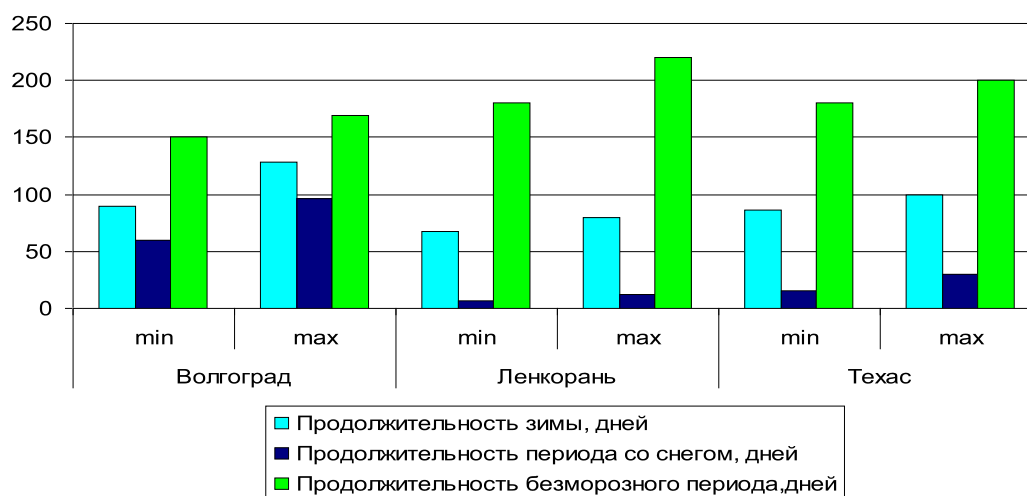


Рис. 3. Фиксация продолжительности холодных и теплых периодов в сравнении с естественными ареалами рода *Gleditsia*

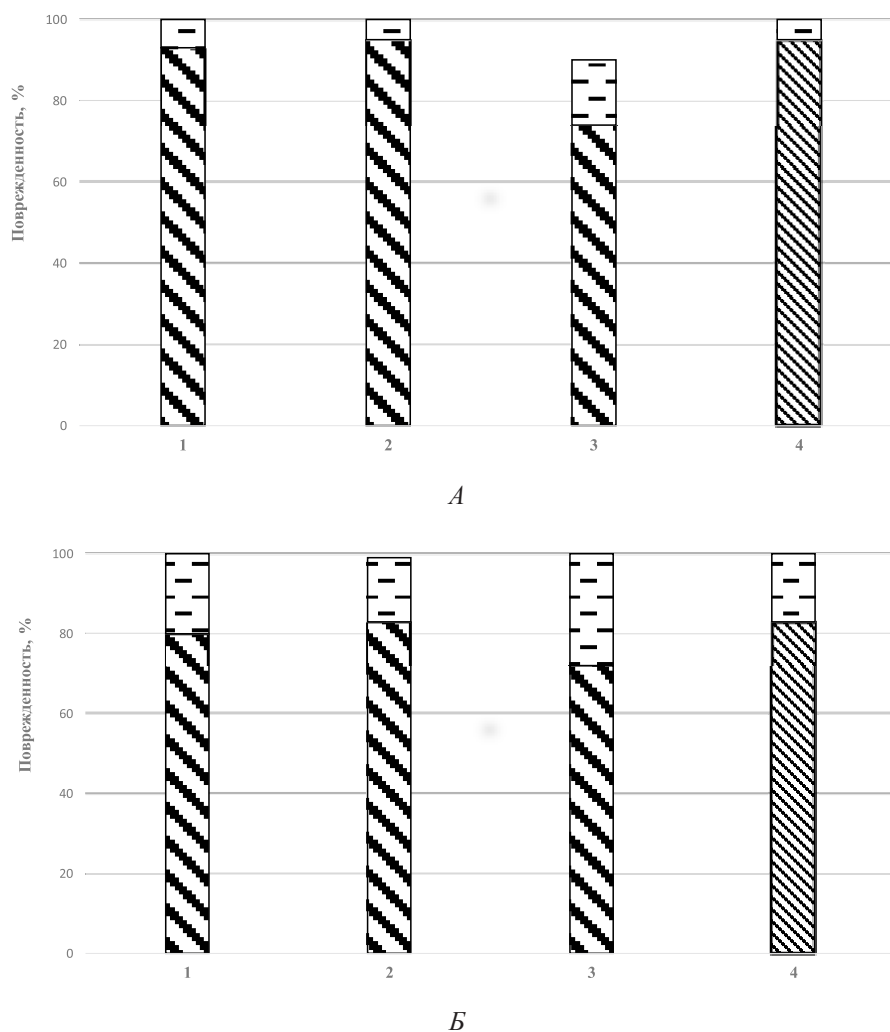


Рис. 4. Морозостойчивость побегов различных видов рода *Gleditsia* к низким температурам (промораживание в климатической камере КХТВ-0,22, А – температура – 37 °С, Б – температура 41 °С) 1 – *G. texana*, 2 – *G. triacanthos*, 3 – *G. caspica*, 4 – *G. triacanthos*, *F. inermis*

Таблица 3
Сравнительная оценка морозостойчивости методом промораживания (-41 °С)

Группы	Виды	Индекс обмерзания	Критерий достоверности Стьюдента между группами	Степень морозостойчивости
1	<i>G. triacanthos</i>	0,89 ± 0,04	t 1-2 = 2,3	Средняя
	<i>G. triacanthos</i> , <i>F. inermis</i>	0,89 ± 0,03		
	<i>G. texana</i>	0,94 ± 0,04		
	Среднее	0,91 ± 0,04		
2	<i>G. caspica</i>	0,71 ± 0,03		Низкая
	Среднее	0,71 ± 0,03		

Морозостойчивость *Gleditsia* определялась по степени повреждений однолетних побегов. В первом варианте (-37 °С) все виды были незначительно повреждены. Во втором варианте (-41 °С) стойким оказался *G. triacanthos*, у *G. caspica* обнаруже-

но повреждение, что объясняется южным ареалом происхождения (рис. 4).

Выявлено, что в экспериментальных посадках г. Волгограда лучше перезимовывают виды, ареал естественного распространения которых Северная Америка. *Gleditsia*

caspiка в сильные морозы подмерзает, так как ее побеги не успевают подготовиться к холодному времени года (табл. 3).

Заключение

Устойчивость к комплексу неблагоприятных условий зимнего периода установлена в полевых условиях и согласуется с результатами методом промораживания в лабораторных условиях (КХТ-0,22).

Изменение морозоустойчивости различных видов рода *Gleditsia* происходит в зависимости от силы воздействия факторов внешней среды. Сравнительная характеристика экологической пластичности по отношению к низким отрицательным температурам показала, что самые низкие показатели зимостойкости имеет *Gleditsia caspiка*. Данная особенность несомненно связана с географическим происхождением этого вида. Ареал естественного распространения *Gleditsia caspiка* находится в Ленкоранской низменности с субтропическим океаническим климатом. В результате оценки морозоустойчивости и зимостойкости выявлено, что для озеленительных посадок в условиях региона сухостепной зоны перспективны *G. texana*, *G. triacanthos*. Их бесколючковые формы растений пригодны для уличных, ажурных групповых посадок и аллейных парковых насаждений. Колючие формы найдут применение при создании живых зеленых изгородей и стен.

Список литературы / References

- Семенютина А.В., Климов А.Д. Анализ биоресурсов генофонда *Robinia*, *Gleditsia* для лесомелиоративных комплексов на основе изучения адаптации к стресс-факторам // Наука. Мысль. 2018. Т. 8. № 2. С. 33–45.
- Semenyutina A.V., Klimov A.D. Analysis of bioresources of the *Robinia*, *Gleditsia* gene pool for forest reclamation complexes based on the study of adaptation to stress factors // Nauka. Mysl'. 2018. Vol. 8. No. 2. P. 33–45 (in Russian).
- Семенютина А.В., Лазарев С.Е., Мельник К.А. Оценка репродуктивной способности представителей родовых комплексов и особенности их селекционного семеноведения в сухостепных условиях // World Ecology Journal. 2019. Т. 9. № 1. С. 1–23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001.
- Semenyutina A.V., Lazarev S.E., Melnik K.A. Evaluation of reproductive ability of representatives of generic complexes and features of their breeding seed science in dry-steppe conditions // World Ecology Journal. 2019. Vol. 9. No. 1. P. 1–23. DOI: 10.25726/NM.2019.66.65.001 (in Russian).
- Калашикова Л.М., Бозиева А.М. Адаптация древесных интродуцентов к условиям городской среды // Молодежь в науке: Новые аргументы: международный молодежный сборник научных статей. Отв. ред. А.В. Горбенко. Липецк, 2018. С. 92–95.
- Kalashnikova L.M., Bosieva A.M. Adaptation of tree introducents to the conditions of the urban environment // Molodezh' v nauke: Novyye argumenty: mezhdunarodnyy molodezhnyy sbornik nauchnykh statey. Otv. red. A.V. Gorbenko. Lipetsk, 2018. P. 92–95 (in Russian).
- Корниенко В.О., Калаев В.Н. Эколого-морфологические и биомеханические особенности *Gleditsia triacanthos* L. в условиях антропогенного загрязнения города Донецка // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 2. С. 143–151.
- Kornienko V.O., Kalaev V.N. Ecological-morphological and biomechanical features of *Gleditsia triacanthos* L. in conditions of anthropogenic pollution of the city of Donetsk // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2018. No. 2. P. 143–151 (in Russian).
- Mazia N., Chaneton E.J., Ghersa C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland. Biological Invasions. 2019. Vol. 21 (4). P. 1351–1363. DOI: 10.1007/s10530-018-1906-x.
- Fernandez R.D., Ceballos S.J., Malizia A., Aragón R. *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) in Argentina: A review of its invasion Australian Journal of Botany. 2017. Vol. 65 (3). P. 203–213 DOI: 10.1071/BT16147.
- Sosa B., Caballero N., Carvajales A., Mello A.L., Achkar M. Control of *Gleditsia triacanthos* in the national park Esteros of Farrapos and Uruguay river islands. Control de *Gleditsia triacanthos* en el parque nacional Esteros de Farrapos e islas del río Uruguay. Ecologia Austral. 2015. Vol. 25 (3). P. 250–254. DOI: 10.25260/EA.15.25.3.0.183.
- Puglielli G., Laanisto L., Poorter H., Niinemets Ü. Global patterns of tree species biomass distribution with different shade and drought tolerance: evidence for multiple strategies. New Phytologist. 2021. Vol. 229 (1). P. 308–322. DOI: 10.1111/nph.16879.
- Mazia N., Chaneton E.J., Ghersa C.M. Disturbance types, herbaceous composition, and rainfall season determine exotic tree invasion in novel grassland Biological Invasions. 2019. Vol. 21 (4). P. 1351–1363. DOI: 10.1007/s10530-018-1906-x.
- Погодные сервисы [Электронный ресурс]. URL: <http://pogoda-service.ru/> [дата обращения: 28.02.2021].
- Weather services [Electronic resource]. URL: <http://pogoda-service.ru/> (date of access: 28.02.2021) (in Russian).
- Семенютина А.В., Долгих А.А., Хужахметова А.Ш., Зелень А.К., Данилина Д.В., Костюков С.М., Богданов А.В., Соломенцева А.С. Методические указания по семеноведению древесных интродуцентов в условиях засушливой зоны: монография. М.: Российская акад. сельхоз. наук: ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии, 2010. 56 с.
- Semenyutina A.V., Dolgikh A.A., Khuzhakhmetova A.Sh., Zelenyak A.K., Danilina D.V., Kostyukov S.M., Bogdanov A.V., Solomentseva A.S. Methodological guidelines for the seed science of tree introduced species in the arid zone: monografiya. M.: Rossiyskaya akad. s.-kh. nauk: GNU VNIALMI Rossel'khozakademii, 2010. 56 p. (in Russian).
- Андропова М.М. Зимостойкость и морозоустойчивость древесных видов в антропогенной среде европейского севера России // Успехи современного естествознания. 2018. № 5. С. 26–32. DOI: 10.17513/use.36750.
- Andronova M.M. Winter hardness and frost resistance of wood species in the anthropogenic environment of the European North of Russia // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. No. 5. P. 26–32 (in Russian).