

**АДАПТАЦИЯ ИНТРОДУЦЕНТОВ К ЗИМНЕМУ ПЕРИОДУ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ АГЛОМЕРАЦИИ****Е. Б. Карбасникова, А. А. Карбасников**

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н. В. Верещагина
Российская Федерация, 160555, Вологодская область, г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2
E-mail: helen15@yandex.ru

Увеличение биологического разнообразия северных городов требует проведения углубленных исследований по адаптации интродуцентов к неблагоприятным факторам зимнего периода. Данный вид устойчивости зависит от многих аспектов, решающими из которых являются генетические свойства, соответствие сезонного развития климатическим характеристикам региона, степени подготовленности растений к зимнему периоду и особенностям зимы. В статье приводятся результаты оценки заморозкоустойчивости и зимостойкости экстразональной и интродуцированной дендрофлоры. Изучена их подготовленность к зиме по степени одревеснения побегов и накоплению криопротекторов. Дана оценка возможного использования. Дендрометрические характеристики изучаемых видов соответствуют тем, которые они формируют в своем естественном ареале. Все деревья, кроме каштана конского и клена Гиннала, сохраняют жизненную форму, свойственную видам. Наибольшей зимостойкостью отличаются экстразональные виды деревьев и кустарники. От возврата холодов и заморозков в весенний период страдают дуб черешчатый и ясень обыкновенный. У всех изучаемых растений, кроме каштана конского, к началу осенних заморозков одревесневают однолетние побеги, в результате чего морозы в предзимнем периоде в меньшей степени повреждают побеги. Содержание крахмала и сахаров в растительных клетках предотвращают образование в них кристаллов льда и повреждение клеточных стенок. Для изучаемых видов установлено среднее и высокое содержание сахаров в древесине. Расчет акклиматизационного числа и акклиматизационной способности в значительной степени зависит от зимостойкости растения. Изучаемая дендрофлора имеет полную и хорошую адаптацию к условиям северной агломерации. В целом, рассматриваемые в исследовании виды, могут быть рекомендованы для включения в зеленые насаждения городов региона и их зеленые зоны.

Ключевые слова: зимостойкость, заморозкоустойчивость, интродуценты, экстразональный вид, адаптация.

*Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 6, P. 479–485***ADAPTATION OF INTRODUCED ANIMALS TO THE WINTER PERIOD
IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN AGGLOMERATION****E. B. Karbasnikova, A. A. Karbasnikov**

Vologda State Dairy Academy named after N. V. Vereshchagin
2, Shmidt st., 160555, Vologda, Molochnoe, Russian Federation
E-mail: helen15@yandex.ru

The increase in the biological diversity of northern cities requires in-depth studies on the adaptation of introduced species to unfavorable factors of the winter period. This type of stability depends on many factors, the decisive of which are genetic properties, the correspondence of seasonal development to the climatic characteristics of the region, the degree of preparedness of plants for the winter period and the characteristics of winter. The article presents the results of the assessment of frost resistance and winter hardiness of extrazonal and introduced dendroflora. Their preparedness for winter has been studied according to the degree of lignification of shoots and the accumulation of cryoprotectors. An assessment of their possible use is given. The dendrometric characteristics of the studied species correspond to those that they form in their natural range. All trees, except horse chestnut and Ginnal maple, retain the life form peculiar to the species. The most winter hardiness is distinguished by extrazonal species and shrubs. From the return of cold weather and frosts in the spring period, the petiolate oak and the common ash suffer. In all studied species, except horse chestnut, annual shoots become woody by the beginning of autumn frosts, as a result of which frosts in the pre-winter period damage the shoots to a lesser extent. The content of starch and sugars in plant cells prevents the formation of ice crystals in them and damage to cell walls. For the studied species, the average and high sugar content in wood was established. The calculation of the acclimatization number and acclimatization ability largely depends on the

hardiness of the plant. The studied dendroflora has a complete and good adaptation to the conditions of the northern agglomeration. In general, the species considered in the study can be recommended for inclusion in the green spaces of the cities of the region and their green zones.

Keywords: winter hardiness, frost resistance, introducers, extrazonal species, adaptation.

ВВЕДЕНИЕ

Зимостойкость растений является важнейшим показателем, характеризующим приспособленность дендрофлоры к неблагоприятным факторам зимнего периода. Способность к зимовке растений, попавших в несвойственные условия, определяется особенностями их жизненной формы и обладанием физиологическими свойствами к противостоянию воздействию лимитирующих факторов [1; 2; 3; 4].

В зависимости от силы и продолжительности неблагоприятного воздействия могут наблюдаться различные повреждения: подмерзание побегов и ветвей (способствуют экстремально низкие температуры), зимнее иссушение (в результате сильных ветров), механические повреждения кроны (этому способствует ожеледь, ледяной дождь, ледяная корка), морозобоины, трещины (из-за резких перепадов температур), выпревание и вымокание коры (во время оттепелей).

Повреждения, получаемые растением во время зимнего периода способны привести к гибели как отдельных органов, так и всего растения.

В значительной степени от зимостойкости растений зависит сохранение ими габитуса. При адаптации в новых условиях интродуценты могут менять жизненную форму с древесной на кустарниковую так как она более пластичная. При попадании в благоприятные для роста условия жизненная форма, присущая виду в естественном развитии, в случае неблагоприятных условий дерево может приобретать форму куста [4; 5; 6].

Заморозкоустойчивость характеризует устойчивость растений к поздневесенним заморозкам, когда оно находится в начальных фазах вегетации или раннеосенним заморозкам, когда растение готовится к вступлению в состояние покоя. В это время даже незначительное понижение температуры может негативно сказаться на дереве. Повреждения, получаемые во время заморозков, в значительной степени определяются подмерзанием вегетативных и генеративных почек, в некоторых случаях разветвляющихся листьев и цветков.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы заключается в комплексной оценке влияния неблагоприятных факторов зимнего периода на рост интродуцентов в условиях Вологодской агломерации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования за зимостойкостью интродуцентов были проведены на территории Вологодской агломерации, которая расположена в южно-таежном лесорастительном районе и относится к северному экономическому району. Климат умеренный, отличающийся экстремальными значениями температур. Средняя температура января – минус 10,0 °С, июля – 17,5 °С.

Абсолютный максимум температур составляет минус 47,1 °С. За год выпадает значительное количество осадков 566 мм, 30 % которых приходится на зимний период. Глубина промерзания почвы составляет 67 см. Продолжительность безморозного периода 116–123 дня.

Оценку адаптации интродуцентов к низким температурам проводили по комплексу показателей. Зимостойкость определялась на основании измерения длины погибшей части ветки. Для характеристики устойчивости использовали семибалльную шкалу [3; 4]. Заморозкоустойчивость характеризовали на основе повреждений вегетативных и генеративных почек и оценивали по трехбалльной шкале [3; 4]. Аклиматизационное число и адаптивную способность определяли по методике Н. А. Кохно (1980) [8], адаптированной к северным регионам [9]. Определение содержания крахмала в древесных срезах осуществлялось путем окрашивания раствором Люголя, определение сахаров по реакции с раствором Фелинга.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из важнейших причин, ограничивающих продвижение растений в северные условия, является неблагоприятные факторы метеорологического характера. Способность переносить их с наименьшими повреждениями определяется зимостойкостью. Наибольшую опасность представляют заморозки, которые повреждают виды с ранней вегетацией. В результате чего повреждаются вегетативные и генеративные почки, а дальнейшее их внедрение в культуру становится затруднительным. Особую опасность заморозки представляют для молодых растений [10; 11; 12].

Исследования проведены в зеленых насаждениях г. Вологды и г. Череповца. В качестве объектов выступают интродуценты и экстразональные виды, имеющую наибольшую представленность в городских посадках, а также породы, представляющие практический интерес. Оценка заморозкоустойчивости и зимостойкости деревьев и кустарников приведена в табл. 1.

Практически у всех, изученных видов, сохраняется жизненная форма, свойственная им в условиях естественного местообитания и они достигают размеров, характерных для них. Исключением стали каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) и клен Гиннала (*Acer ginnala*). У этих видов отмечается формирование жизненной формы как дерева, так и кустарника. Для клена Гиннала (*Acer ginnala*) изменение формы роста характерно лишь в исключительных случаях (вдоль дорог с интенсивным движением, на подтопляемых участках и т. п.) и является редкостью. Каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) довольно часто в изучаемых условиях меняет свою форму, тем не менее, в большинстве случаев он встречается в форме дерева, а не кустарника [12].

Таблица 1

Оценка заморозкоустойчивости и зимостойкости деревьев и кустарников

Видовое название	Жизненная форма и группа роста	Характер повреждений		Зимостой- кость, балл	Заморозко- устойчи- вость, балл
		побеги	почки		
Экстразональные виды					
Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i>)	Д ₂	без повреждений	без повреждений	I	I
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>)	Д ₂	обмерзают незначи- тельно годовичные побеги (40 %)	частично погибли, по- вреждаются единичные почки	II	II
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>)	Д ₃	без повреждений	без повреждений	I	I
Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i>)	Д ₂	без повреждений	без повреждений	I	I
Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Д ₃	обмерзают незначи- тельно годовичные побеги (30 %)	частично погибли, по- вреждаются единичные почки	II	II
Интродуцированные виды					
Ель колючая (<i>Picea pungens</i>)	Д ₂	без повреждений	без повреждений	I	I
Каштан конский обыкно- венный (<i>Aesculus hippocastanum</i>)	Д ₃ –К ₁	верхняя часть го- дичных побегов погибает (40–60 %)	частично погибли, по- вреждаются единичные почки	II-III	II
Клен Гиннала (<i>Acer ginnala</i>)	Д ₃ –К ₁	обмерзают незначи- тельно годовичные побеги (40 %)	частично погибли, по- вреждаются единичные почки	II	II
Липа крупнолистная (<i>Tilia platyphyllos</i>)	Д ₂	без повреждений	без повреждений	I	I
Яблоня ягодная (<i>Malus baccata</i>)	Д ₃	обмерзают незначи- тельно годовичные побеги (20 %)	частично погибли, по- вреждаются единичные почки	II	II
Ясень зеленый (<i>Fraxinus lanceolata</i>)	Д ₂			II	II
Барбарис обыкновенный (<i>Berberis vulgaris</i>)	К ₃	без повреждений	без повреждений	I	I
Бузина красная (<i>Sambucus racemosa</i>)	К ₁₋₂				
Жимолость татарская (<i>Lonicera tatarica</i>)	К ₃				
Карагана древовидная (<i>Caragana arborescens</i>)	К ₁₋₂				
Роза морщинистая (<i>Rosa rugosa</i>)	К ₃				
Сирень обыкновенная (<i>Syringa vulgaris</i>)	К ₁₋₂				

Среди экстразональных видов высокой зимостойкостью и заморозкоустойчивостью обладают вяз гладкий (*Ulmus laevis*), клен остролистный (*Acer platanoides*) и липа мелколистная (*Tilia cordata*). У дуба черешчатого (*Quercus robur*) и ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) повреждаются побеги в холодные зимы и почки. Во время весенних заморозков и возврата холодов в весенний период. Осенние заморозки наблюдаются после одревеснения побегов, поэтому значительного влияния они не оказывают [13].

Среди интродуцентов лучшую зимостойкость показали кустарники, которые перезимовывают без видимых повреждений. Древесные растения такие как

липа крупнолистная (*Tilia platyphyllos*) и ель колючая (*Picea pungens*) также отличаются высокой зимостойкостью.

У клена Гиннала (*Acer ginnala*), яблони ягодной (*Malus baccata*) и ясеня зеленого (*Fraxinus lanceolata*) в зимний период повреждаются годовичные побеги, не более 30 % от их длины. Еще меньшей зимостойкостью обладает каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*). В холодные зимы у него наблюдаются повреждения верхней части годовичных побегов (40–65 % от длины побега). Для этих видов также характерна частичная гибель почек в случае поздних весенних заморозков.

В условиях северных городов важное значение имеет степень подготовленности к зиме древесно-кустарниковой растительности. Она в значительной мере оценивается по степени одревеснения однолетних побегов, заложению верхушечных почек и ряду других морфологических признаков (окраска, наличие или отсутствие воскового налета, опушения) [13; 14; 15]. При проведении исследований оценивалась степень вызревания однолетних побегов, как основной критерий. Одревеснение побегов отражает состояние растений в конце вегетации, после окончания всего цикла летнего развития и характеризует состояние растений перед наступлением зимы [16; 17; 18]. Степень подготовленности интродуцентов и экстраординальных видов к зиме приведена в табл. 2.

Наступление устойчивых отрицательных температур в г. Вологда наблюдается в последней декаде сентября – первой декаде октября. К этому времени большая часть изучаемых видов успевают закончить вегетационные процессы, исключением стал каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*), побеги которого не успевают одревеснеть полностью в результате чего они повреждаются морозами. Первыми вегетацию завершают кустарники-интродуценты: бузина красная (*Sambucus racemosa*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*) и роза морщинистая (*Rosa rugosa*). Вслед за ними: ель колючая (*Picea pungens*), яблоня ягодная (*Malus baccata*), барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris*), жимолость татарская (*Lonicera tatarica*) и сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*). Завершение роста побегов в ранние сроки способствует высокой устойчивости к низким температурам.

Зимостойкость зависит от способности деревьев и кустарников накапливать вещества, которые умень-

шают повреждаемость клеток при воздействии отрицательных температур. В растениях в качестве криопротекторов выступают гидрофильные белки, моно- и олигосахариды [19; 20; 21]. Нами было определено содержание крахмала и сахаров в древесине деревьев и кустарников в период покоя методом окрашивания. Для анализа использованы срезы древесины, заготовленные в осенне-зимний период, когда накопление сахаров и крахмала максимально. Результаты приведены в табл. 3.

Сахара в растительных клетках увеличивают точку замерзания клеточного сока, в результате чего не образуются (или образуются мелкие) кристаллы льда. В результате повреждения клеточных стенок не происходит. Содержание крахмала и сахаров в древесных породах характеризуется в большей степени как высокое, что показывает высокую зимостойкость видов. Однако у некоторых, данное содержание является средним. Тем не менее, сахара даже в незначительной концентрации способны противостоять образованию кристаллов льда в клетках. Адаптивная способность видов в приведена в табл. 4.

Наивысшие значения акклиматизационного числа (95 баллов) получены для кустарников-интродуцентов: бузины красной (*Sambucus racemosa*), караганы древовидной (*Caragana arborescens*), розы морщинистой (*Rosa rugosa*) и сирени обыкновенной (*Syringa vulgaris*).

Представители изучаемой дендрофлоры имеют полную адаптацию. Исключение каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*) и клен Гиннала (*Acer ginnala*), адаптационная способность, которых оценивается как хорошая.

Таблица 2

Степень подготовленности интродуцентов и экстраординальных видов к зиме

№ п/п	Видовое название	Средние даты одре- всения побегов	Степень одревеснения побегов
Экстразональные виды			
1	Вяз гладкий	08.09–14.09	одревесневает полностью, на 100 % длины
2	Дуб черешчатый	08.09–14.09	
3	Клен остролистный	08.09–14.09	
4	Липа мелколистная	21.08–01.09	
5	Ясень обыкновенный	15.09–22.09	
Интродуцированные виды			
6	Ель колючая	01.09–07.09	одревесневает полностью, на 100 % длины
7	Каштан конский обыкновенный	29.09–06.10	одревесневает не полностью, на 75 % длины
8	Клен Гиннала	15.09–22.09	одревесневает полностью, на 100 % длины
9	Липа крупнолистная	08.09–14.09	
10	Яблоня ягодная	01.09–07.09	
11	Ясень зеленый	15.09–22.09	
12	Барбарис обыкновенный	01.09–07.09	
13	Бузина красная	24.08–31.08	
14	Жимолость татарская	01.09–07.09	
15	Карагана древовидная	24.08–31.08	
16	Роза морщинистая	24.08–31.08	
17	Сирень обыкновенная	01.09–07.09	

Таблица 3
Содержание крахмала и сахаров в древесине

№ п/п	Видовое название	Содержание крахмала (балл/характеристика)	Содержание сахаров
<i>Экстразональные виды</i>			
1	Вяз гладкий	4 (высокое)	высокое
2	Дуб черешчатый	4 (высокое)	высокое
3	Клен остролистный	4 (высокое)	высокое
4	Липа мелколистная	4 (высокое)	высокое
5	Ясень обыкновенный	3 (среднее)	высокое
<i>Интродуцированные виды</i>			
6	Ель колючая	4 (высокое)	высокое
7	Каштан конский обыкновенный	2 (низкое)	среднее
8	Клен Гиннала	3 (среднее)	среднее
9	Липа крупнолистная	4 (высокое)	высокое
10	Яблоня ягодная	4 (высокое)	высокое
11	Ясень зеленый	3 (среднее)	среднее
12	Барбарис обыкновенный	3 (среднее)	среднее
13	Бузина красная	4 (высокое)	высокое
14	Жимолость татарская	3 (среднее)	среднее
15	Карагана древовидная	4 (высокое)	высокое
16	Роза морщинистая	4 (высокое)	высокое
17	Сирень обыкновенная	4 (высокое)	высокое

Таблица 4
Степень акклиматизации видов в условиях северной агломерации

№ п/п	Видовое название	Акклиматизационное число	Адаптационная способность
<i>Экстразональные виды</i>			
1	Вяз гладкий	93	полная
2	Дуб черешчатый	80	полная
3	Клен остролистный	93	полная
4	Липа мелколистная	93	полная
5	Ясень обыкновенный	80	полная
<i>Интродуцированные виды</i>			
6	Ель колючая	90	полная
7	Каштан конский обыкновенный	63	хорошая
8	Клен Гиннала	76	хорошая
9	Липа крупнолистная	93	полная
10	Яблоня ягодная	80	полная
11	Ясень зеленый	80	полная
12	Барбарис обыкновенный	93	полная
13	Бузина красная	95	полная
14	Жимолость татарская	93	полная
15	Карагана древовидная	95	полная
16	Роза морщинистая	95	полная
17	Сирень обыкновенная	95	полная

ВЫВОДЫ

Перечень изучаемых видов, имеют полную и хорошую адаптацию в условиях северной агломерации, центрами которой являются два промышленно развитых городских округа г. Вологды и г. Череповца. Все они могут быть рекомендованы для более широко внедрения в городские посадки и пригородные зеленые зоны. Наибольшее внимание должно быть уделено кустарникам, как наиболее пластичной жизненной

форме и экстразональным видам деревьев, для которых климатические условия района соответствуют в большей степени. Повысить зимостойкость возможно путем применения во второй половине лета минеральных удобрений (калийных и фосфорных). Такие мероприятия рекомендуются для каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum*) и клена Гиннала (*Acer ginnala*).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Карбасникова Е. Б., Андропова М. М., Евдокимов И. В., Корчагов С. А. Европейские виды деревьев и кустарников в дендрологическом саду Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина // Наука и практика: новый уровень интеграции в современном мире: сборник по материалам международной конференции. Шеффилд, Великобритания, 2016. С. 156–159.
2. Алексеев А. С., Мельничук И. А., Трубачева Т. А., Пименов К. А., Крюковский А. С. Проблемы озеленения п. Никель Мурманской области // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник, 2010. № 1. С. 41–47.
3. Бабич Н. А., Залывская О. С., Травникова Г. И. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов. Архангельск: АГТУ, 2008. 144 с.
4. Лапин П. И., Калущий К. К., Калущкая О. Н. Интродукция лесных пород. М.: Лесная промышленность, 1979. С. 36.
5. Буторова О. Ф., Шенмайер Н. А. Основы акклиматизации растений: тексты лекций. Красноярск, 2022. 60 с.
6. Соловьева М. В., Крекова Я. А., Залесов С. В. Оценка перспективности сортов березы повислой (*Betula pendula* Roth.) для озеленения городов на примере г. Екатеринбурга // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2019. № 4. С. 99–108.
7. Абаймов В. Ф., Герасимова Е. Ю., Проценко Т. В. Оценка зимостойкости и морозоустойчивости древесных и кустарниковых пород в условиях Южноуральского региона на примере г. Оренбурга // Актуальные проблемы лесного комплекса, 2014. № 39. С. 124–127.
8. Кохно Н. А. К методике оценки успешности интродукции лиственных древесных растений // Теория и методы интродукции растений и зеленого строительства. Киев: Наукова думка, 1980. 80 с.
9. Шестак К. В., Маркова И. И. Изучение особенностей адаптации интродуцентов в дендрарии СибГТУ. Режим доступа: <http://biblioteka.sibsau.ru/textsibgtu/6Lhp1Shestak.pdf>.
10. Федулов Ю. П., Котляров В. В., Доценко К. А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2015. 64 с.
11. Залывская О. С., Бабич Н. А. Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов // Лесной вестник, 2014. № 1. С. 105–110.
12. Карбасникова Е. Б. Оценка Перспективности интродукции каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) в условиях г. Вологды // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. № 6. С. 58–64.
13. Шестак К. В. Изучение зимней устойчивости древесных интродуцентов в условиях юга Средней Сибири (на примере дендрария СибГАУ) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2017. № 1. С. 68–72.
14. Павленкова Г. А. Оценка зимостойкости интродуцированных видов сиреней коллекции дендрария ВНИИСПК // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сборник научных статей. Орел, 2013. С. 164–169.

15. Blyshchyk D., Polevoy A., Feoktistov P. Modeling Winter Hardiness Formation in Winter Wheat Plants // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2020. DOI: 10.3844/ajabssp.2020.31.42.

16. Бабич Н. А., Карбасникова Е. Б., Андропова М. М., Залывская О. С., Александрова Ю. В., Гаевский Н. П. Ступенчатая интродукция видов дендрофлоры в северо-восточную часть русской равнины (обзор) // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2021. № 3. С. 73–85.

17. Карбасникова Е. Б., Карбасников А. А., Суворова Е. А. Оценка устойчивости экстраординарных видов дендрофлоры в урбанизированной среде // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: сборник трудов конференции. Вологда, 2020. С. 142–144.

18. Андропова М. М., Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины. Архангельск, 2021. 412 с.

19. Martin, P. and I. Seginer, 2012. A carbohydrate supply and demand model of vegetative growth: response to temperature and light. Plant Cell Environ., P. 1274–1286. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.024.

20. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н. Бессчетнов П. В. Наследственная обусловленность видоспецифичности тополей по содержанию крахмала в тканях побегов // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2021. № 3. С. 22–31.

21. Есичев А. О., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Бабич Н. А., Кентбаев Е. Ж., Кентбаева Б. А. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область // Лесной вестник. Forestry Bulletin, 2022. № 1. С. 17–27.

REFERENCES

1. Karbasnikova E. B., Andronova M. M., Evdokimov I. V., Korchagov S. A. *Evropejskie vidy` derev`ev i kustarnikov v dendrologicheskom sadu Vologodskoj gosudarstvennoj molochnohozyajstvennoj akademii imeni N. V. Vereshhagina* [European species of trees and shrubs in the Arboretum garden of the Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin] // Nauka i praktika: novy`j uroven` integracii v sovremennom mire: sbornik po materialam mezhdunarodnoj konferencii. Sheffield, Velikobritaniya, 2016. pp. 156–159.
2. Alekseev A. S., Mel`nichuk I. A., Trubacheva T. A., Pimenov K. A., Kryukovskij A. S. *Problemy` ozeleneniya p. Nikel` Murmanskoj oblasti* [Problems of landscaping in the village of Nikeol, Murmansk region] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik, 2010. № 1. pp. 41–47.
3. Babich N. A., Zaly`vskaya O. S., Travnikova G. I. *Introducenty` v zelenom stroitel`stve severny`x gorodov* [Introducers in the green construction of northern cities.]. Arxangel`sk: AGTU, 2008. 144 p.
4. Lapin P. I., Kaluckij K. K., Kaluckaya O. N. *Introdukcija lesnyh porod* [Introduction of forest species]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1979. S. 36.
5. Butorova O. F., Shenmajer N. A. *Osnovy akklimatizacii rastenij* [Basics of plant acclimatization]; SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk, 2022. 60 s.

6. Solov'eva M. V., Krekova Ya. A., Zalesov S. V. *Ocenka perspektivnosti sortov berezy` povisloy (Betula pendula Roth.) dlya ozeleneniya gorodov na primere g. Ekaterinburga* [Evaluation of the prospects of varieties of hanging birch (*Betula pendula* Roth.) for greening cities on the example of Yekaterinburg] // *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2019. № 4. pp. 99–108.
7. Abaimov V. F., Gerasimova E. Yu., Procenko T. V. *Ocenka zimostojkosti i morozoustojchivosti drevesny`x i kustarnikovyx porod v usloviyax Yuzhnoural'skogo regiona na primere g. Orenburga* [Assessment of winter hardiness and frost resistance of tree and shrub species in the conditions of the South Ural region on the example of Orenburg] // *Aktual'ny'e problemy` lesnogo kompleksa*, 2014. № 39. pp. 124–127.
8. Koxno N. A. *K metodike ocenki uspešnosti introdukcii listvenny`x drevesny`x rastenij* [On the methodology for assessing the success of the introduction of deciduous woody plants] // *Teoriya i metody` introdukcii rastenij i zelenogo stroitel'stva*. Kiev: Naukova dy`mka, 1980. 80 p.
9. Shestak K. V., Markova I. I. *Izuchenie osobennostej adaptacii introductentov v dendrarii SibGTU* [Study of the peculiarities of adaptation of introducents in the arboretum of SibSTU]. Rezhim dostupa: <http://biblioteka.sibsau.ru/textsibgtu/6Lhp1Shestak.pdf>.
10. Fedulov Yu. P., Kotlyarov V. V., Docenko K. A. *Ustojchivost` rastenij k neblagopriyatny`m faktoram sredy`: uchebnoe posobie* [Plant resistance to adverse environmental factors]. Krasnodar: KubGAU, 2015. 64 p.
11. Zaly`vskaya O. S., Babich N. A. *Zimostojkost` i morozoustojchivost` introductentov* [Winter hardiness and frost resistance of introduced plants] // *Lesnoy vestnik*, 2014. № 1. pp. 105–110.
12. Karbasnikova E. B., *Ocenka perspektivnosti introdukcii kashtana konskogo oby`knovennogo (Aesculus hippocastanum L.) v usloviyax g. Vologdy`* [Evaluation of the prospects for the introduction of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in the conditions of Vologda] // *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020. № 6. pp. 58–64.
13. Shestak K. V. *Izuchenie zimnej ustojchivosti drevesny`x introductentov v usloviyax yuga Srednej Sibiri (na primere dendrariya SibGAU)* [Study of winter stability of tree introducents in the conditions of the South of Central Siberia (on the example of the arboretum of Sibstu) Study of winter stability of tree introducents in the conditions of the South of Central Siberia (on the example of the arboretum of Sibstu)] // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017. № 1. pp. 68–72.
14. Pavlenkova G. A. *Ocenka zimostojkosti introducirovanny`x vidov sirenej kollekcii dendrariya VNIISPK* [Assessment of winter hardiness of introduced species of lilacs from the VNIISPK Arboretum collection] // *Selekcija, genetika i sortovaya agrotehnika plodovy`x kul'tur: sbornik nauchny`x statej*. Orel, 2013. pp. 164–169.
15. Blyshchyk D., Polevoy A., Feoktistov P. *Modeling Winter Hardiness Formation in Winter Wheat Plants* // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2020. DOI: 10.3844/ajabss.pp.2020.31.42.
16. Babich N. A., Karbasnikova E. B., Andronova M. M., Zaly`vskaya O. S., Aleksandrova Yu. V., Gaevskij N. P. *Stupenchataya introdukcija vidov dendroflory` v severo-vostochnuyu chast` russkoj ravniny` (obzor)* [Step-by-step introduction of dendroflora species to the northeastern part of the Russian Plain (review)] // *Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij. Lesnoy zhurnal*, 2021. № 3. pp. 73–85.
17. Karbasnikova E. B., Karbasnikov A. A., Suvorova E. A. *Ocenka ustojchivosti e`kstrazonal'ny`x vidov dendroflory` v urbanizirovannoj srede* [Assessment of the sustainability of extrazonal dendroflora species in an urbanized environment] // *Aktual'ny'e problemy` razvitiya lesnogo kompleksa: sbornik trudov konferencii*. Vologda, 2020. pp. 142–144.
18. Andronova M. M., Babich N. A., Xamitov R. S. *Stupenchataya introdukcija drevesny`x rastenij na severe Russkoj ravniny`* [Step-by-step introduction of woody plants in the north of the Russian Plain]. Arxangel'sk, 2021. 412 p.
19. Martin, P. and I. Seginer A carbohydrate supply and demand model of vegetative growth: response to temperature and light. *Plant Cell Environ.*, 2012. pp. 1274–1286. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2012.02488.
20. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N. Besschetnov P. V. *Nasledstvennaya obuslovlennost` vidospecifichnosti topolej po sodержaniyu kraxmala v tkanyax pobegov* [Hereditary conditionality of poplar species specificity in starch content in shoot tissues] // *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2021. № 3. pp. 22–31.
21. Esichev A. O., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich N. A., Kentbaev E. Zh., Kentbaeva B. A. *Soderzhanie i balans zapasny`x veshhestv v pobegax listvennicy sibirskoj v usloviyax reintrodukcii v Nizhegorodskuyu oblast`* [The content and balance of spare substances in Siberian larch shoots under conditions of reintroduction to the Nizhny Novgorod region] // *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2022. № 1. pp. 17–27.

© Карбасникова Е. Б., Карбасников А. А., 2023

Поступила в редакцию 10.09.2023

Принята к печати 01.12.2023