

# ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ. БИОТЕХНОЛОГИИ

УДК 581.1

## ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АДАПТАЦИИ ХВОЙНЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

*В. Н. Карасев, М. А. Карасева, Н. Е. Серебрякова, С. М. Лазарева*

Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3  
E-mail: KarasevaMA@volgatech.net

*Приведены результаты комплексных исследований, выполненных с целью оценки адаптивных свойств и устойчивости хвойных интродуцентов в регионе. Установлено, что коэффициент изменчивости влажности хвои и побегов для всех изученных видов варьирует в пределах от 2 до 21 % (от слабой до значительной), наиболее стабильными показателями влажности хвои отличаются сосна горная, сосна балканская, более высокую влажность хвои имеет лиственница сибирская, сосна сибирская. Биометрические показатели растений, содержание общего хлорофилла в хвое, близкое по параметрам к аборигенным видам, высокие значения биопотенциалов (150–200 мВ) у лиственницы сибирской, сосны сибирской, псевдотсуги Мензиса, сосны веймутовой свидетельствуют об успешной адаптации данных видов в регионе.*

**Ключевые слова:** интродуценты; водный режим; хлорофилл; биоэлектрическая активность; сосна сибирская; сосна веймутова; лиственница сибирская; адаптация.

**Введение.** На современном этапе интродукция растений решает важную задачу расширения биоразнообразия путём введения в культуру хозяйственно ценных видов. Решение этой задачи возможно лишь при широком изучении растений экзотов в новых природно - климатических условиях.

Биологическая устойчивость искусственных фитоценозов, наряду с технологическими аспектами, в значительной мере зависит от генотипических особенностей и адаптивных свойств древесных пород. Учитывая катастрофическое усыхание насаждений дуба и ели в Среднем Поволжье, в настоящее время обсуждаются

перспективы более широкого внедрения в регионе быстрорастущих, устойчивых к неблагоприятным условиям среды интродуцентов, таких как лиственница сибирская, сосна веймутова и др. Большое внимание уделяется интродуцентам в практике озеленения, что обусловлено тем, что в условиях урбанизированной среды во многих случаях интродуценты оказываются более устойчивыми, долговечными и декоративными, чем местные виды [1–3]. В Среднем Поволжье изучением интродуцентов занимались многие исследователи [4–9]. Большое значение при отборе перспективных видов уделяется выбору наиболее информативных па-

раметров, характеризующих функциональное состояние растений. Оценку адаптации интродуцентов рекомендуется проводить по морфометрическим показателям, зимостойкости, по характеру сезонно-ритмических изменений и развитию вегетативных и генеративных органов [10], анализу пигментного фонда фотосинтетического аппарата [11, 12], динамике запасных питательных веществ, параметрам электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей стволов [13], размерам морфометрических параметров побегов и хвои, морозоустойчивости, репродуктивной способности [14, 15].

Менее изучены интенсивность основных физиологических процессов, особенности водного режима и фотосинтетическая активность интродуцентов, характеризующая степень адаптации растений к новым условиям и их жизнеспособность. Комплексные исследования ростовых, функциональных и электрофизиологических реакций интродуцированных растений на изменение внешних условий позволяют повысить достоверность оценки степени адаптации к факторам внешней среды и определить критерии отбора перспективных интродуцентов.

**Цель** исследований заключается в оценке адаптации хвойных интродуцентов по морфометрическим, физиологическим и биоэлектрическим параметрам и в выявлении изменчивости показателей, их жизненного состояния в условиях Среднего Поволжья.

**Задачи** исследований предусматривали:

- определение особенностей водного режима хвойных интродуцентов;
- оценку изменчивости морфометрических показателей, фотосинтетической активности и содержания общего хлорофилла;
- определение биоэлектрических показателей и оценка жизненного состояния интродуцентов и их адаптации в природно-климатических условиях Среднего Поволжья.

**Методика исследований.** Для выявления наиболее информативных диагностических параметров степени жизнеспособности деревьев проводился анализ биометрических и физиологических показателей, определялись: влажность хвои и побегов, осмотический потенциал клеточного сока хвои, интенсивность фотосинтеза, содержание общего хлорофилла в хвое, биоэлектрические потенциалы (БЭП) и электрическое сопротивление прикамбиального комплекса тканей (импеданс ПКТ) стволов деревьев.

Интенсивность фотосинтеза определялась кондуктометрическим способом, содержание общего хлорофилла – фотоэлектроколориметрическим методом [16]. Измерения БЭП производились высокочастотным милливольтметром постоянного тока с использованием платиновых электродов (Экстра-999). Импеданс ПКТ, включающего камбий, вторичную ксилему, прилегающую к камбию, и клетки луба, измерялся при помощи прибора Ц4314 на частоте 500 Гц с использованием датчика от электронного влагомера древесины ЭВ-2К [13] с незначительной переделкой; удалением центрального электрода и сохранением двух боковых, подключаемых к прибору для измерения импеданса. Расстояние между электродами 20,0 мм, длина активной части электродов 10,0 мм, диаметр – 1,0 мм.

Влажность хвои и побегов определялась термовесовым методом, в процентах к абсолютно сухой массе. Для определения влажности хвои и содержания хлорофилла образцы брались с одного и того же яруса кроны и одного возраста с учётом экспозиции крон относительно сторон света.

Длина хвои изучалась в соответствии с методикой А.В. Звиргзда [17].

**Объекты исследований.** Объектами исследований являлись культуры хвойных интродуцентов, произрастающие в Ботаническом саду-институте ПГТУ, опытные участки, созданные в Учебно-опытном

лесхозе ПГТУ, и производственные культуры, произрастающие в регионе.

В целом климат территории умеренно континентальный, среднегодовая температура воздуха составляет +2,8 °С, сумма осадков – 481 мм в год, абсолютный температурный минимум составляет -47 °С, абсолютный максимум +37 °С, продолжительность вегетационного периода в среднем 120 дней. Почвы территории Ботанического сада – свежие слабоподзолистые средне- и тяжело-суглинистые на покровных глинах и суглинках, подстилаемых песчано-глинистыми пермскими породами.

Опытные участки Учебно-опытного лесхоза ПГТУ характеризуются следующими данными: тип лесорастительных условий – свежая сурамень, почвы дерново-средне-подзолистые суглинистые на маломощных покровных суглинках, подстилаемых древнеаллювиальными песками. Содержание гумуса составляет 2,2 %, кислотность почвы равна 4,4. По содержанию подвижных форм фосфора и калия по шкале Кирсанова почвы имеют

среднюю и низкую степень обеспеченности. Плотность сложения почвы на глубине 0–25 см составляет 1,11 г/куб. см, на 25–50 см – 1,4 г/куб. см. Рельеф ровный. Изучалось также состояние культур интродуцентов старших возрастов, произрастающих в государственном лесном фонде Чувашской Республики, Республики Марий Эл, Республике Татарстан, Нижегородской и Кировской областях.

**Результаты исследований.** При изучении влажности хвои и побегов хвойных интродуцентов установлено более высокое значение данного показателя в начале вегетационного периода, затем влажность хвои закономерно снижается. Наиболее высокие показатели влажности наблюдаются в мае, в начале периода интенсивного роста, наименьшее содержание влаги в хвое и побегах наблюдается в июле, начале сентября. Показатели влажности хвои и однолетних побегов деревьев разных видов, произрастающих в условиях Ботанического сада-института, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влажность хвои и побегов хвойных видов

Вид растения	Органы растения	Статистические показатели влажности органов растений (% к сухой массе) в различные сроки вегетации								
		май			июнь			июль		
		X*	M <sub>x</sub>	C, %	X	M <sub>x</sub>	C, %	X	M <sub>x</sub>	C, %
Интродуценты										
Сосна горная	хвоя	102,7	0,5	1,5	84,1	1,0	3,4	82,4	0,4	1,5
	побеги	218,4	8,7	7,9	90,7	0,6	2,2	73,0	0,9	2,6
Сосна балканская	хвоя	126,8	1,3	2,0	97,4	1,6	3,3	89,7	2,6	2,6
	побеги	228,2	3,1	6,9	83,3	5,0	12,0	107,0	3,4	6,3
Сосна сибирская	хвоя	110,7	5,0	13,5	133,4	6,4	19,9	133,5	5,3	21,5
	побеги	135,1	3,9	8,7	135,8	6,6	12,0	117,3	6,5	10,3
Лиственница сибирская	хвоя	241,0	8,8	12,5	225,0	9,5	15,4	217,7	10,1	19,7
	побеги	118,9	4,7	11,5	116,4	5,3	15,0	123,9	6,2	13,4
Аборигенные виды										
Сосна обыкновенная	хвоя	94,3	2,2	10,0	107,1	3,3	15,0	128,6	3,9	12,5
	побеги	145,6	2,1	3,4	150,1	7,4	13,2	154,4	5,8	9,5
Ель европейская	хвоя	97,7	3,1	15,8	116,5	2,9	14,5	131,4	3,6	10,7
	побеги	120,4	1,6	2,4	132,7	1,6	2,8	118,9	4,6	9,5

\*Примечание: здесь и далее: X – среднее арифметическое значение показателя, M<sub>x</sub> – ошибка среднего арифметического значения, C – коэффициент изменчивости.

В Среднем Поволжье условия влагообеспеченности нередко оказываются неблагоприятными. Периодически повторяющиеся засухи, вегетационные периоды с избыточным увлажнением отрицательно отражаются на состоянии и росте растений. Способность противостоять обезвоживанию отображает степень пластичности растений и их адаптационные возможности. Количество воды в растительных тканях влияет на активность ферментов, на процессы фотосинтеза и дыхания [18, 19].

Более высокой влажностью хвои, по сравнению с другими породами, в течение вегетационного периода отличается лиственница сибирская. Это объясняется способностью лиственницы усваивать влагу даже при очень низком содержании её в почве, что отмечалось многими исследователями [20, 21].

Коэффициент изменчивости влажности хвои и побегов для всех изученных видов варьирует в пределах от 2 до 21 % (от слабой до значительной), наиболее стабильными показателями влажности

хвои отличаются сосна горная, сосна балканская.

По результатам исследований можно сделать вывод, что параметры влажности хвои и побегов интродуцированных растений имеют показатели, близкие к показателям местных видов, что свидетельствует об успешной их адаптации к условиям водообеспеченности в районе исследований.

Одним из важнейших показателей степени адаптации растений к факторам среды, по мнению многих авторов [22, 23], является состояние пигментной системы и размеры хвои.

При оценке состояния фотосинтетического аппарата, характеризующего его способность приспосабливаться к несвойственным внешним условиям, большое значение имеют исследования по накоплению хлорофилла.

Статистические показатели длины хвои и количественного содержания в ней общего хлорофилла (образцы взяты в июле) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Длина хвои и содержание в ней общего хлорофилла

Вид растения	Возраст хвои, лет	Статистические показатели					
		длина хвои, см			содержание общего хлорофилла в хвое, мг/г сухой массы		
		X	M <sub>x</sub>	C, %	X	M <sub>x</sub>	C, %
Интродуценты							
Псевдотсуга Мензиса	1	11,6	0,66	17,1	1,20	0,04	13,1
	2	12,5	0,24	8,7	1,50	0,03	13,7
Сосна балканская	1	7,9	0,20	8,0	1,17	0,06	8,4
	2	8,0	0,20	8,0	1,20	0,03	13,1
Сосна горная	1	4,8	0,13	18,1	0,99	0,03	8,5
	2	6,4	0,17	11,5	1,10	0,08	8,6
Сосна сибирская	1	11,8	0,19	13,5	1,72	0,17	12,0
	2	10,3	0,26	17,8	2,45	0,11	17,3
Лиственница сибирская	1	2,8	0,10	17,8	2,19	0,16	7,5
	2	3,2	0,20	28,5	3,75	0,04	5,8
Сосна веймутова	1	7,5	0,10	6,6	1,50	0,08	13,6
	2	7,4	0,20	12,8	1,70	0,04	12,0
Аборигенные виды							
Сосна обыкновенная	1	4,6	0,04	13,7	1,56	0,05	13,7
	2	5,1	0,05	12,0	1,88	0,04	12,0
Ель европейская	1	2,6	0,04	7,6	2,92	0,13	15,8
	2	2,5	0,05	10,0	3,91	0,08	10,2

Внутрипопуляционная изменчивость длины хвои интродуцированных видов варьирует от слабой у сосны балканской, сосны веймутовой, псевдотсуги Мензиса (6,6–8,7 %) до большой у лиственницы сибирской (28,5 %). Длина хвои видов, интродуцированных в Ботаническом саду-институте ПГТУ, соответствует её длине в естественных условиях произрастания.

У всех видов отмечено более высокое содержание хлорофилла в двухлетней хвое по сравнению с однолетней. Так, у лиственницы сибирской отмечено увеличение содержания хлорофилла на 60 %, у сосны сибирской – на 40 %. Такая же закономерность наблюдается и у местных видов. Виды с максимальным содержанием хлорофилла (лиственница сибирская, сосна сибирская, псевдотсуга Мензиса) имеют показатели, близкие к аборигенным видам. Они успешно адаптировались в условиях Среднего Поволжья. Установленные различия между видами по содержанию хлорофилла свидетельствуют о целесообразности использования данного показателя при оценке перспективности интродукции или успешности адаптации.

При изучении индивидуальной изменчивости содержания хлорофилла установлена зависимость данного параметра от степени адаптации интродуцированных видов. Менее адаптированные к условиям среды биотипы отличаются пониженным содержанием хлорофилла в хвое и мень-

шими размерами хвои. В качестве примера в табл. 3 приведены показатели содержания общего хлорофилла в хвое сосны сибирской деревьев разного состояния.

Содержание хлорофилла в хвое лидирующих деревьев сосны сибирской почти в два раза больше, чем у ослабленных деревьев.

Основой для проведения ранней экспресс-диагностики адаптивных свойств и физиологического состояния древесных растений являются электрофизиологические характеристики деревьев [24, 25]. Электрофизиологические методы основаны на измерениях электрических параметров живых тканей деревьев, комплексно характеризуют характер обмена веществ в тканях и уровень взаимодействия с экологическими факторами среды. Необходимо, чтобы в физиологическом отношении ткань была наиболее активной, легко доступной. Всем этим условиям удовлетворяет прикамбиальный комплекс тканей, который состоит из камбия и прилегающих к нему флоэмы и новообразовавшейся ксилемы. Ослабленные деревья характеризуются более высокими значениями импеданса ПКТ. У здоровых растений значение этого показателя в 2–3 раза меньше. Данные измерений импеданса ПКТ хвойных интродуцентов, произрастающих в Ботаническом саду-институте ПГТУ, варьируют в зависимости от биологических особенностей вида (рис. 1).

Таблица 3

**Длина хвои и содержание в ней общего хлорофилла деревьев сосны сибирской различного жизненного состояния**

Жизненное состояние	Возраст хвои, лет	Масса 100 шт. абсолютно сухой хвои, г	Содержание хлорофилла, мг/г абсолютно сухой хвои	Статистические показатели длины хвои, см					
				X	M <sub>x</sub>	σ	Lim	C, %	P, %
лидирующие	1	1,51	2,98 ± 0,04	10,0	0,19	1,31	7,6–12,5	13,1	1,9
	2	1,50	3,15 ± 0,04	10,3	0,26	1,84	6,4–12,6	17,9	2,5
	3	1,51	3,25 ± 0,05	10,5	0,26	1,82	7,8–13,2	17,3	2,4
ослабленные	1	0,99	1,48 ± 0,19	6,9	0,22	1,56	3,6–9,8	22,6	3,2
	2	1,20	1,52 ± 0,19	8,5	0,24	1,14	6,8–10,5	13,3	2,8
	3	1,03	1,23 ± 0,19	8,5	0,21	1,49	5,8–12,2	17,6	2,5

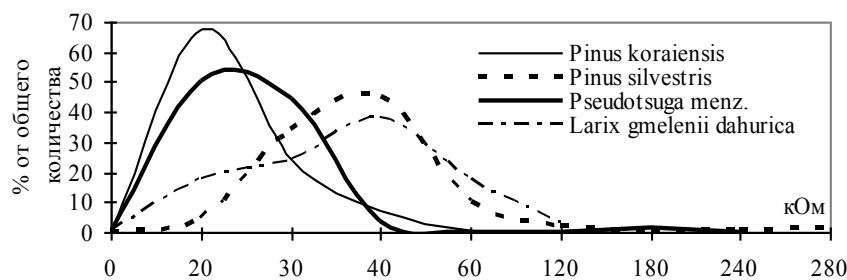


Рис. 1. Распределение растений по ступеням импеданса ПКТ

Содержание хлорофилла в хвое лидирующих деревьев сосны сибирской почти в два раза больше, чем у ослабленных деревьев.

Основой для проведения ранней экспресс-диагностики адаптивных свойств и физиологического состояния древесных растений являются электрофизиологические характеристики деревьев [24, 25]. Электрофизиологические методы основаны на измерениях электрических параметров живых тканей деревьев, комплексно характеризуют характер обмена веществ в тканях и уровень взаимодействия с экологическими факторами среды. Необходимо, чтобы в физиологическом отношении ткань была наиболее активной, легко доступной. Всем этим условиям удовлетворяет прикамбиальный комплекс тканей, который состоит из камбия и прилегающих к нему флоэмы и новообразовавшейся ксилемы. Ослабленные деревья характеризуются более высокими значениями импеданса ПКТ. У здоровых растений значение этого показателя в 2–3 раза меньше. Данные измерений импеданса ПКТ хвойных интродуцентов, произрастающих в Ботаническом саду-институте ПГТУ, варьируют в зависимости от биологических особенностей вида (рис.1).

Здоровые растения кедра корейского и псевдотсуги Мензиса имеют более низкие значения параметра по сравнению с лиственницей Гмелина и сосной обыкновенной, что обусловлено более низкой влажностью ПКТ данных видов. Ослабленные деревья всех изученных видов в зависимости от физиологического состояния имеют более высокие значения импеданса ПКТ, отличаю-

щиеся от здоровых на 50 % и более. Установлена значительная индивидуальная изменчивость интродуцентов по показателям импеданса ПКТ, обусловленная поглотительной деятельностью корневых систем, что свидетельствует о возможности отбора биотипов, более адаптированных к изменениям водного режима почв.

Целесообразность более широкого использования интродуцентов в искусственном лесовосстановлении и плантационном выращивании подтверждают данные о продуктивности искусственных насаждений старших возрастов, произрастающих в Среднем Поволжье (табл. 4).

Лучшие деревья, прошедшие естественный отбор почти в течение целого столетия, являются источником ценного генофонда интродуцентов в нашем регионе.

Для диагностики жизнеспособности и оценки неспецифической устойчивости перспективных биотипов нами применялись методики, основанные на определении параметров, характеризующих уровень интенсивности обмена веществ организмов (БЭП) и показателей водного режима как прямых (влажность, осмотический потенциал), так и коррелятивных (импеданс ПКТ).

В табл. 5 приведены показатели импеданса ПКТ и БЭП деревьев сосны сибирской и лиственницы сибирской различного жизненного состояния. Исследования показали, что лидирующие деревья сосны сибирской, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной отличаются низкими значениями импеданса ПКТ и более высокими значениями БЭП по сравнению с ослабленными.

Таблица 4

## Таксационная характеристика интродукционных культур

Место произрастания	Возраст, лет	Число стволов, шт. на га	Средние		Класс бонитета	Запас м <sup>3</sup> /га	Общий средний прирост, м <sup>3</sup> /га
			высота, м	диаметр, см			
<b>Сосна веймутова</b>							
Опытный лесхоз Чувашской Республики	53	794	24,4	30,8	1a	630	11,9
Дзержинский лесхоз Нижегородской области	44	1696	18,7	19,8	1-1a	460	10,5
Арзамасский лесхоз Нижегородской области	40	1250	17,5	23,3	1a	452	11,6
Краснобаковский лесхоз Нижегородской области	32	1900	16,6	17,6	1a	399	12,4
<b>Лиственница сибирская</b>							
Мариинско-Посадское лесничество Чувашской Республики	93	476	32,5	40	1a	768	8,2
Опытный лесхоз Чувашской Республики	68	535	32,0	34	1a	668	10,0
Шулкинское лесничество Республики Марий Эл	90	165	30,0	46	1a	394	4,4
<b>Сосна сибирская</b>							
Илетское лесничество Республики Марий Эл	60	606	16,4	24,0	1	199,7	3,3
Учебно-опытный лесхоз Республики Марий Эл	40	1400	14,5	18,2	11	210	5,2
Батыревское лесничество Чувашской Республики	36	1735	11,0	16,0	11	207	5,7
Батыревское лесничество Чувашской Республики	43	1694	12,5	11,3	11	147	3,4

Таблица 5

## Показатели импеданса ПКТ и БЭП деревьев хвойных пород различного жизненного состояния

Статистические показатели	Импеданс ПКТ, кОм			БЭП, мВ		
	лидирующие	средние	ослабленные	лидирующие	средние	ослабленные
<b>Сосна сибирская</b>						
X	16,4	25,6	47,9	186,3	144,4	97,0
M <sub>x</sub>	0,53	0,88	3,78	11,62	6,0	3,51
C, %	10,7	12,9	33,5	25,0	15,0	11,5
<b>Лиственница сибирская</b>						
X	15,4	28,6	149,4	211,5	66,8	47,3
M <sub>x</sub>	0,30	0,90	11,80	10,60	5,90	3,80
C, %	15,2	19,9	50,1	15,2	30,9	32,6
<b>Сосна обыкновенная</b>						
X	21,9	46,1	70,0	229,0	143,0	75,0
M <sub>x</sub>	0,60	2,87	8,0	8,21	6,40	7,90
C, %	12,6	21,6	34,2	11,8	14,8	34,8

Низкие значения импеданса ПКТ стволов деревьев достоверно указывают на высокую влажность растительных тканей лидирующих деревьев кедра сибирского, лиственницы сибирской, сосны обыкновенной. Связь между влажностью растительных тканей и величинами импеданса ПКТ очень тесная и обратная ( $r = -0,85 \dots -0,90$ ).

Средний коэффициент вариации импеданса ПКТ в период интенсивного роста для культур не превышает 15 %. Изменчивость этого показателя увеличивается до 30 % в культурах, где в достаточной степени встречаются медленнорастущие, ослабленные деревья.

Приведённые в табл. 5 значения величин БЭП деревьев различной жизнеспособности, полученные на основе многолетних наблюдений, подтверждают наличие значительной индивидуальной изменчивости деревьев кедра, лиственницы в культурах по данному показателю. Интенсивно растущие, более адаптированные к экологическим условиям внешней среды растения имеют более высокие показатели БЭП (150...200 мВ), у ослабленных деревьев эти показатели в два-три раза меньше, что свидетельствует о возможности отбора ценных в генетическом отношении биотипов по этому показателю.

#### **Основные выводы и предложения**

1. Параметры влажности хвои и побегов интродуцированных растений имеют показатели, близкие к показателям местных видов, что свидетельствует об успешной их адаптации к условиям водообеспеченности в районе исследований.

2. Установленные различия между изученными видами по содержанию общего хлорофилла свидетельствуют о целесообразности использования данного показателя при оценке успешности адаптации интродуцентов. Виды с максимальным содержанием хлорофилла (сосна веймутова, сосна сибирская, псевдотсуга

Мензиса, лиственница сибирская) отличаются быстрым ростом и формируют устойчивые высокопродуктивные насаждения.

3. Показатели роста интродукционных культур старших возрастов свидетельствуют о высокой продуктивности и устойчивости изученных видов к неблагоприятным факторам внешней среды. Данные насаждения являются источником ценного генофонда для создания плантационных и ландшафтных культур в Среднем Поволжье.

4. Установлена значительная индивидуальная изменчивость интродуцентов по показателям электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей и показателям биоэлектрических потенциалов. Наиболее высокие показатели биоэлектрических потенциалов имеют растения, обладающие интенсивным ростом и устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды.

5. Проведённые исследования свидетельствуют о целесообразности ранней экспресс-диагностики жизненного состояния и отбора перспективных, устойчивых биотипов по импедансу прикамбиального комплекса тканей и биоэлектрическим потенциалам, характеризующих состояние водного режима и интенсивность обменных процессов растений, на первых этапах интродукции, с последующим испытанием по комплексу признаков, включающих репродуктивную способность и рост потомства.

6. По данным исследований физиологического состояния хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье можно отметить, что в условиях, оптимальных для роста, перспективно их использование при создании плантационных культур, защитных насаждений, и в зелёном строительстве с целью повышения биоразнообразия и улучшения декоративности ландшафтов.



## Список литературы

1. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда /Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
2. Некрасов, В.И. Актуальные вопросы теории акклиматизации растений / В.И. Некрасов. – М.: Наука, 1980. – 102 с.
3. Карасева, М.А. Физиологическая оценка устойчивости лиственницы сибирской в Среднем Поволжье / М.А. Карасева, В.Н. Карасев, А.А. Маторкин // Хвойные бореальной зоны. – 2003. – Вып.1. Лиственница. – С. 27-35.
4. Алимбек, Б.М. Опыт интродукции кедровой сосны в Марийской и Татарской АССР / Б. М. Алимбек // Кедр сибирский на европейском севере СССР, его распространение, возобновление и культура. – Л.: Наука, 1972. – С. 72-76.
5. Лазарева, С.М. Краткие итоги интродукции хвойных в Ботаническом саду МарГТУ / С.М. Лазарева // Известия вузов. Лесной журнал. – 2014. – № 5. – С. 25-32.
6. Куприянов, Н. В. Опыт выращивания лиственницы в культуре Горьковской области / Н.В. Куприянов // Известия вузов. Лесной журнал. – 1969. – №1. – С. 39-43.
7. Карасева, М.А. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье: Научное издание / М.А. Карасева. – Йошкар-Ола, МарГТУ, 2003. – 376 с.
8. Серебрякова, Н.Е. Полиморфизм сосны веймутовой в культурах Среднего Поволжья / Н.Е. Серебрякова // Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства. Всерос. науч.-практич. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. д.б.н. М.Д.Данилова: сб. статей.– Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. – С. 180-183.
9. Еремин, Н.В. Агротехнические и физиологические аспекты успешности выращивания культур сосны кедровой сибирской в Республике Марий Эл/ Н.В. Еремин, М.А. Карасева, В.Н. Карасев// Вестник Марийского государственного технического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование – 2010. – № 1 (8). – С. 16-29.
10. Булыгин, Н.Е. Дендрология / Н.Е. Булыгин, В.Т. Ярмишко. – М.: МГУЛ, 2001. – 528 с.
11. Воробьев, Р.А. Содержание основных пигментов в хвое интродуцентов рода Ель в условиях южной тайги (на примере Нижегородской области) / Р.А. Воробьев, Д.Н. Тебенькова// Лесоведение. – 2013. – № 4. – С. 22-31.
12. Андрианова, Ю. Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Андрианова, И.А. Тарчевский. – М.: Наука, 2004. – 135 с.
13. Карасев, В.Н. Интенсивность физиологических процессов и рост саженцев сосны кедровой сибирской и лиственницы сибирской в послепосадочный период /В.Н. Карасев, Н.В. Еремин, М.А. Карасева // Интенсификация выращивания лесопосадочного материала – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1996. – С. 216-218.
14. Котов, М.М. Водоудерживающая способность хвои как диагностический признак для оценки объектов единого генетико-селекционного комплекса/ М.М. Котов, Э.П. Лебедева, Е.В. Прохорова // Известия вузов. Лесной журнал. – 2002. – № 4. – С.58-64.
15. Карасев, В.Н. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности хвойных пород: монография / В.Н. Карасев, М.А. Карасева.– Йошкар-Ола: ПГТУ, 2013. – 216 с.
16. Годнев, Т.Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения /Т.Н. Годнев. — Минск: АН БССР, 1952. — 327 с.
17. Звиргзд, А.В. Параметры хвои как показатель изменчивости интродуцированных голосеменных растений / А.В. Звиргзд // Ботанические сады Прибалтики. – Рига: Зинатне, 1971. – С. 159-171.
18. Карасев, В.Н. Методологические аспекты физиологической оценки адаптации древесных растений при интродукции /В.Н. Карасев //Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы I Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. – Красноярск: СибГТУ, 1998. – С. 63-65.
19. Лир, Х. Физиология древесных растений. Х. Лир, Г. Польштер, Г-И. Фидлер; Пер. с нем. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 423 с.
20. Тимофеев, В.П. Лесные культуры лиственницы / В.П. Тимофеев. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 216 с.
21. Дылис, Н. В. Лиственница /Н.В. Дылис. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 96 с.
22. Крамер, П. Д. Физиология древесных растений /П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский; Пер. с англ. — М.: Лесная промышленность, 1983. – 464 с.
23. Дроздов, И.И. Методические рекомендации по изучению лесных культур интродуцированных пород /И.И. Дроздов, А.И. Янгутов. – М.: МЛТИ, 1984. – 41 с.
24. Коловский, Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений /Р.А. Коловский. – Новосибирск: Наука, 1980. — 176 с.
25. Шверножук, Р.Г. Некоторые итоги, проблемы и перспективы плюсовой селекции / Р.Г. Шверножук, А.А. Высоцкий //Лесная генетика и селекция на рубеже тысячелетий. – Воронеж: ЦНИЛГИС, 2001. – С. 32-33.

Статья поступила в редакцию 25.03.14.

**Ссылка на статью:** Карасев В.Н., Карасева М.А., Серебрякова Н. Е., Лазарева С.М. Эколого-физиологическая оценка адаптации хвойных интродуцентов в Среднем Поволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 4 (24). – С. 55-66.

#### Информация об авторах

**КАРАСЕВ Валерий Николаевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – физиология древесных растений. Автор 123 публикаций. E-mail: KarasevWN@gmail.com

**КАРАСЕВА Маргарита Антиповна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление, интродукция. Автор 137 публикаций. E-mail: KarasevaMA@gmail.com

**СЕРЕБРЯКОВА Наталья Евгеньевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интродукция древесных растений. Автор 31 научной и учебно-методической работы. E-mail: serebryakovane@volgatech.net

**ЛАЗАРЕВА Светлана Михайловна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Учебный Ботанический сад-институт Поволжского государственного технологического университета. Область научных интересов – интродукция и акклиматизация хвойных растений, закономерности изменчивости и селекция хвойных экзотов. Автор 90 публикаций. E-mail: LazarevaSM@volgatech.net

### ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL ASSESSMENT OF ADAPTATION OF THE INTRODUCED PLANTS (CONIFEROUS TREES) IN THE MIDDLE VOLGA REGION

V. N. Karasev, M. A. Karaseva, N. E. Serebryakova, S. M. Lazareva  
Volga State University of Technology,  
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation  
E-mail: KarasevaMA@volgatech.net

**Key words:** introduced plants; water regime; chlorophyll; bioelectrical activity; Siberian cedar; Weymouth pine; Siberian larch; adaptation.

#### ABSTRACT

Nowadays plant introduction helps to solve an important problem of biodiversity by means of introduction of economically valuable species. The problem is possible to be solved in case of extensive study of the introduced plants in the new climatic conditions. **The goal** of the research is to assess the level of adaptation of the introduced plants (coniferous trees) and to reveal the variability of characteristics of their conditions by physiological and bioelectric characteristics in the Middle Volga region. **Research technique.** The size and the wet of needles and outgrowths, the content of chlorophyll, bioelectric characteristics were determined. Measurement of bioelectric potential was carried out by high-resistance millivoltmeter of direct current with the usage of platinum electrodes (Extra-999). Electric impedance of the close to the cambial complex of tissues was measured by Ц4314 device on a frequency of 500 Hz, chlorophyll content was measured with the use of photoelectroncolorimetric method. **Result.** Coefficient of variability of wet in needles and outgrowths for all the studied species varies within 2...21 %. Swiss mountain pine and Balkan pine are of more stable wet needle characteristics. The connection between the wet of plant tissue and the value of impedance of the close to the cambial complex of tissues is very dense and reverse ( $r = -0.85...-0.90$ ). Trees-leaders have the following impedance parameters: 16.4...21.9 kOhm, the impedance parameters for weak trees are 2–3 times higher. The content of chlorophyll in Siberian larch, Siberian cedar, Weymouth pine is close to the content of chlorophyll in the local species (1.2...2.2 mg/g of dry mass); besides, they form productive plantations. Leading trees have high values of bioelectric potential (180...200 mV), the values of bioelectric potential of weak trees is much lower – 60...70 mV. **Conclusion.** The carried out research proves the necessity to have an early express-diagnostics of living conditions and selection of the most perspective, sustainable biotypes depending on the chlorophyll content, impedance of the close to the cambial complex of tissues and bioelectric potential, characterizing the intensity of metabolic processes.

## REFERENCES

1. Kulagin Yu.Z. *Drevesnye rasteniya i promyshlennaya sreda* [Woody Plants and Industrial Environment]. Moscow: Nauka, 1974. 125 p.
2. Nekrasov V.I. *Aktualnye voprosy teorii akklimatizatsii rasteniy* [Urgent Problems of the Theory of Plants Acclimatization]. Moscow: Nauka, 1980. 102 p.
3. Karaseva M.A., Karasev V.N., Matorkin A.A. Fiziologicheskaya otsenka ustoychivosti listvennitsy sibirskoy v Srednem Povolzhe [Physiological Assessment of Siberian Larch Sustainability in the Middle Volga]. *Khvoynye borealnoy zony. Vypusk 1. Listvennitsa* [Coniferous Trees of the Boreal Forests. Issue 1. Larch]. 2003. Pp. 27-35.
4. Alimbek B.M. Opyt introduktsii kedrovoy sosny v Mariyskoy i Tatarskoy ASSR [An Experience of Introduction of Cedar in Mary and Tatar USSR]. *Kedr sibirskiy na evropeyskom severe SSSR, ego rasprostranenie, vozobnovlenie i kultura* [Siberian Cedar in the European North of the SSSR, Its Propagation, Reproduction and Plantations]. Leningrad: Nauka, 1972. Pp. 72-76.
5. Lazareva S.M. Kratkie itogi introduktsiy khvoynykh v Botanicheskom sadu MarGTU [Some Summaries of Coniferous Trees Introduction in the Botanical Garden of MarSTU]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. Saint-Petersburg, 2002. 136 p.
6. Kupriyanov N. V. Opyt vyrashchivaniya listvennitsy v kulture Gorkovskoy oblasti [An Experience of Larch Cultivation in Gorkovskaya Oblast.]. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal* [Universities News. Forest Journal]. 1969. № 1. Pp. 39-43.
7. Karaseva M.A. *Listvennitsa sibirskaya v Srednem Povolzhe. Nauchnoe izdanie* [Siberian Larch in the Middle Volga. Scientific edition]. Yoshkar-Ola, 2003. 376 p.
8. Serebryakova N.E. Polimorfizm sosny veymutovoy v kulturakh Srednego Povolzhya [Weymouth pine Polymorphism in Middle Volga Plantations]. *Sovremennyye problemy teorii i praktiki lesnogo khozyaystva. Vseros. nauch.-praktich. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhd. d.b.n. M.D.Danilova: sb. statey* [Modern Problems of the Theory and Practice of Forestry. All-Russian Research and Practical conference devoted to 100-anniversary of M.D.Danilov (Doctor of Biological Sciences): collected papers]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2008. Pp. 180-183.
9. Eremin N.V., Karaseva M.A., Karasev V.N. Agrotekhnicheskie i fiziologicheskie aspekty uspekhov vyrashchivaniya kultur sosny kedrovoy sibirskoy v Respublike Mariy El [Agrotechnical and Physiological Aspects to Be Considered Beneficial for Cultivation of Siberian Cedar in the Republic of Mari El]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Mari State Technical University]. 2010. № 1. Pp. 16-29.
10. Bulygin N.E., Yarmishko V.T. *Dendrologiya* [Dendrology]. Moscow: MGUL, 2001. 528 p.
11. Vorobyev R.A., Tebenkova D.N. Soderzhanie osnovnykh pigmentov v khvoe introdutsentov roda El v usloviyakh yuzhnoy taygi (na primere Nizhegorodskoy oblasti) [Basic Pigment Content in the Needles of the Introduced Plants of Spruce Genus in Conditions of the Southern Taiga (on the Example of Nizhniy Novgorod Oblast.)]. *Lesovedenie* [Dendrology]. 2013. № 4. Pp. 22-31.
12. Andrianova Yu. E., Tarchevskiy I.A. *Khlorofill i produktivnost rasteniy* [Chlorophyll and Plants Productivity]. Moscow: Nauka, 2004. 135 p.
13. Karasev V.N., Eremin N.V., Karaseva M.A. Intensivnost fiziologicheskikh protsessov i rost sazhenits sosny kedrovoy sibirskoy i listvennitsy sibirskoy v posleposadochnnyy period [Physiological Processes Intensity and Siberian Cedar and Siberian Larch Samplings Growth in the Post-planting Period]. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensification of Tree-Planting Material Preparation]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 1996. Pp. 216-218.
14. Kotov M.M., Lebedeva E.P., Prokhorova E.V. Vodouderzhivayushchaya sposobnost khvoi kak diagnosticheskiy priznak dlya otsenki obektov edinogo genetiko-selektsionnogo kompleksa [Water Retention Capacity of Needle as a Diagnostic Feature to Assess the Objects of the United Genetic and Selection Complex]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 2002. № 4. Pp. 58-64.
15. Karasev V.N., Karaseva M.A. Ekologo-fiziologicheskaya diagnostika zhiznesposobnosti khvoynykh porod: monografiya [Ecological and Physiological Diagnostics of Coniferous Trees Health: monograph]. Yoshkar-Ola: Volga Tech, 2013. 216 p.
16. Godnev T.N. Stroenie khlorofilla i metody ego kolichestvennogo opredeleniya [Chlorophyll Structure and the Methods of its Qualitative Definition]. Minsk, 1952. 327 p.
17. Zvirgzd A.V. Parametry khvoi kak pokazatel izmenchivosti introdutsirovannykh golosemnykh rasteniy [Needle Parameters as the Characteristics of Variability of the Introduced Gymnosperms]. *Botanicheskie sady Pribaltiki* [Botanic Gardens of the Baltic States]. Riga: Zinatne, 1971. Pp. 159-171.
18. Karasev V.N. Metodologicheskie aspekty fiziologicheskoy otsenki adaptatsii drevesnykh rasteniy pri in-troduktsii [Methodological Aspects of Physiological Assessment of Adaptation of Woody Plants in Case of Introduction]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy: Materialy I Vserossiyskoy (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Fruit Growing, Seedage, Introduction of Woody Plants: proceedings of I All-Russian (with International participation)

Research and Practical Conference]. Krasnoyarsk: SibGTU, 1998. Pp. 63-65.

19. Lir Kh., Polster G., Fidler G.-I. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy. Per. s nem.* [Physiology of Woody Plants. Translation from German] Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1974. 423 p.

20. Timofeev V.P. *Lesnye kultury listvennitsy* [Larch Plantations]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1977. 216 p.

21. Dylis N. V. *Listvennitsa* [Larch]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1981. 96 p.

22. Kramer P. D., Kozlovskiy T.T. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy. Per. s angl.* [Physiology of Woody Plants. Translation from English]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1983. 464 p.

23. Drozdov I.I., Yangutov A.I. *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu lesnykh kultur introdutsirovannykh porod* [Methodical Recommendations to Study Plantations of the Introduced Species]. Moscow: MLTI, 1984. 41 p.

24. Kolovskiy R.A. Bioelektricheskie potentsialy drevesnykh rasteniy [Bioelectric Potentials of Woody Plants]. Novosibirsk: Nauka, 1980. 176 p.

25. Shevernozhuk R.G., Vysotskiy A.A. Nekotorye itogi, problemy i perspektivy plusovoy selektsii [Some Summaries, Problems and Perspectives of Plus Selection]. *Lesnaya genetika i selektsiya na rubezhe tysyacheletiy* [Forest Genetics and Selection at the Turn of Millennium]. Voronezh, 2001. Pp. 32-33.

The article was received 25.03.14.

**Citation for an article:** Karasev V.N., Karaseva M.A., Serebryakova N. E., Lazareva S.M. Ecological and physiological assessment of adaptation of the introduced plants (coniferous trees) in the Middle Volga region. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2014. No 4 (24). Pp. 55-66.

#### Information about the authors

*KARASEV Valeriy Nikolayevich* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – physiology of woody plants. The author of 123 publications. E-mail KarasevWN@gmail.com physiology

*KARASEVA Margarita Antipovna* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – artificial forest restoration, introduction. The author of 137 publications. E-mail KarasevaMA@gmail.com

*SEREBRYAKOVA Natalia Evgenyevna* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the Chair of Landscaping, Botany and Dendrology, Volga State University of Technology. Research interests – introduction of wood plants. The author of 31 scientific publications and textbooks. E-mail: serebryakovane@volgatech.net

*LAZAREVA Svetlana Mikhaylovna* – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director of Botanical Garden-Institute, Volga State University of Technology. Research interests - introduction and acclimatization of conifers, principles of variation and selection of exotic conifers. The author of 90 publications.