

СТАТЬИ И СООБЩЕНИЯ
ИНТРОДУКЦИЯ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ ВИДОВ *SALIX*, *CHOSENIA*, *TOISUSU*
(*SALICACEAE*) ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ
РОССИИ (г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

© 2023 г. Л. Ф. Яндовка¹, *, А. С. Трофимова¹, Т. С. Дворецкая²

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

²Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия

*e-mail: yandovkatgu@mail.ru

Поступила в редакцию 17.04.2021 г.

После доработки 30.11.2022 г.

Принята к публикации 25.12.2022 г.

Важной составляющей селекционной работы с представителями семейства *Salicaceae* (ивовые), является изучение возможностей адаптации при интродукции растений. Показателями адаптации служат как особенности роста вегетативных органов, так и репродукционные способности растений. Недостаточная изученность этой проблемы у ивовых послужила основанием для проведения исследования. Объектами исследования были виды родов *Salix*, *Chosenia* и *Toisusu*, интродуцированные в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН, а также аборигенные для региона виды, которые изучали с целью сравнения с ними интродуцированных видов. У исследуемых растений определены величины прироста побегов за вегетационный период, зимостойкость цветочных почек и повреждение стволов морозом, потенциальная семенная продуктивность. Анализируется варьирование этих показателей, показывающее в ряде случаев нестабильность видов в новых для них условиях. Наиболее стабильные показатели прироста побегов и достаточно высокая зимостойкость цветочных почек в условиях г. Санкт-Петербурга выявлены у интродуцированных видов *Salix vinogradovii* и *S. integra*. Высокие значения потенциальной семенной продуктивности установлены у растений-интродуцентов *Salix kangensis* и *S. vinogradovii*, *Toisusu cardiophylla*, *Salix caucasica*, *S. gmelinii*. Наиболее стабильные значения этих показателей из растений местной флоры отмечены у *Salix phylicifolia* и *S. caprea*.

Ключевые слова: *Salicaceae*, *Salix*, *Chosenia*, *Toisusu*, интродукция растений, динамика роста побегов, зимостойкость, потенциальная семенная продуктивность

DOI: 10.31857/S0033994623010107, **EDN:** YATGOJ

Представители сем. *Salicaceae* распространены по всему миру. Известно около 700 видов семейства, многие из которых – ценные декоративные растения, которые часто поселяют в новые, непривычные для них почвенно-климатические условия. Изучение адаптационных возможностей растений при интродукции является важной составляющей селекционной работы с ивовыми. Показателями адаптации служат как особенности роста вегетативных органов, так и репродукционные способности растений.

Проблемой адаптации к климатическим условиям при интродукции у представителей сем. *Salicaceae* занимались немногие исследователи (Anselmi [1], Tognetti et al. [2], Birks [3], L. Fan [4], Демидова, Дуркина [5], Самохвалова, Жамурина [6], Ишук [7], Бакулин [8], Томошевич, Воробьева [9], Афонин [10, 11]). В большинстве случаев рассматривались вопросы численности популяций, географического расселения. Изучению процес-

сов роста и развития растений в новых условиях уделялось мало внимания. В ряде случаев вопросы адаптации ивовых связывают с интенсивностью их поражения грибными болезнями и с зимостойкостью.

Размножают ивы посевом семян и стеблевыми черенками без листьев (зимними). Семена ивовых очень мелкие, теряют всхожесть в течение 10 дней после их созревания (исключение – ива 5-тычинковая, семена которой сохраняют всхожесть под снегом до весны). Черенкование ивовых также не всегда осуществляется успешно. У ряда видов черенки плохо укореняются, например, у *Salix caprea*, *S. cinerea* и др. [12]. Е.В. Угольникова [13] рассматривает некоторые особенности семенного размножения у видов *Salix*.

Важным показателем адаптации растений является их семенная продуктивность. Потенциальная семенная продуктивность (ПСП) отража-

ющая репродуктивные возможности вида, рассчитывается как количество цветков и завязей в соцветии; число сформированных семян определяет реальную семенную продуктивность [14–16]. В “Сравнительной эмбриологии цветковых растений” [17] приводится характеристика зародыша и эндосперма семени ивовых. А.М. Марченко [18] изучены семязачатки у видов р. *Salix*. Недостаточная изученность роста и развития вегетативных и генеративных структур у видов *Salicaceae* при интродукции послужила основанием для проведения нашего исследования.

Целью работы была оценка адаптации некоторых представителей семейства ивовых при интродукции в условия Северо-Западного региона России (г. С.-Петербург).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были виды родов *Salix*, *Chosenia* и *Toisusu* семейства *Salicaceae*, произрастающие в Ботаническом саду Петра Великого Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (г. Санкт-Петербург). Для оценки потенциальной семенной продуктивности использовали только виды, представленные несколькими мужскими и женскими особями, произрастающими на незначительном расстоянии друг от друга. Пять из изученных видов имеют жизненную форму дерева: *Chosenia arbutifolia* (корейнка земляничнолистная); *Salix ledebouriana* f. *pyramidale* (ива Ледебуря); *Toisusu cardiophylla* (Trautv. et Mey.) Kimura (ложнотополь сердцелистный); *Salix caprea* L. (ива козья); *Salix kangensis* Nakai (ива кангинская). Из них *S. caprea* L. является аборигенным видом, остальные виды – интродуценты. Семь исследуемых видов представлены кустарниками: *Salix kochiana* Trautv. (ива Коха); *S. integra* Thunb. (ива цельнолистная); *S. vinogradovii* A. Skvorts. (ива Виноградова); *S. nipponica* Franch. et Sav. (ива ниппонская); *S. caucasica* Andersson (ива кавказская); *S. gmelinii* Pall. (ива Гмелина); *S. phylicifolia* L. (ива филиколистная). Три вида – *S. cinerea*, *S. gmelinii* и *S. phylicifolia* являются аборигенными, остальные виды – интродуценты. Аборигенные виды изучали с целью сравнения с ними интродуцированных видов.

У исследуемых растений определяли годичный прирост побегов. Для этого в начале вегетационного периода на каждом растении отмечали 10 учетных побегов, затем в конце вегетации (сентябрь) оценивали их прирост.

Анализ степени подмерзания стволов зимой определяли визуально (в процентах), согласно 5-балльной шкале. Зимостойкость цветковых почек после воздействия мороза оценивали двумя способами. При первом способе в конце декабря срезают побеги с генеративными почками, ставят в

воду при комнатной температуре на 1 день, пока из почек не показывались края зеленых листочков. Затем отделяли 30 почек от побегов каждого вида и лезвием бритвы делали их продольный срез. Для анализа подмерзаемости почек использовали 10-балльную шкалу (10% поражения тканей соответствует 1 баллу по шкале, 20% – 2 баллам и т.д.). Оценку проводили глазомерно с использованием бинокулярной лупы; подмерзшими считали участки почки коричневого цвета, живыми – участки зеленого цвета.

Оценку зимостойкости почек вторым способом проводили после промораживания их в лабораторных условиях. Подготовленные к морозам клетки характеризуются наличием в них плазмолиза. Для изучения зимостойкости почки окрашивали нейтральным красным, затем промывали водой. Далее пробирки с почками помещали в охлаждающую смесь на 1 ч (3 части снега : 1 часть поваренной соли). Затем оценивали наличие или отсутствие плазмолиза в клетках зачаточных листочков почки под микроскопом, добавив физиологический раствор [19].

Потенциальную семенную продуктивность определяли путем пересчета соцветий и цветков в соцветии на 0.5 м побега; оценивали не менее 10 побегов. Семенная продуктивность побегов различается в разных ярусах кроны растения [20, 21], поэтому учетные побеги отбирались из разных частей кроны растения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным критерием приспособленности растений к условиям обитания является динамика их роста. Наибольший прирост побегов за вегетационный сезон у деревьев-интродуцентов показала *Chosenia arbutifolia* – 14.1 см, у кустарников – *Salix vinogradovii* (25.8 см) и *S. integra* (23.6 см); наименьший прирост побегов из числа интродуцентов отмечен у *Toisusu cardiophylla* (♀) (12.2 см) и *Salix kochiana* (10.9 см). У местного вида *Salix caprea* прирост побегов невысокий – около 9 см (табл. 1).

Для оценки динамичности показателя прироста побегов в условиях интродукции использовали коэффициент вариации. Как видно из табл. 1, варьирование значений прироста побегов за период вегетации у большинства видов является незначительным, что свидетельствует о приспособленности растений к условиям среды обитания. Наибольшая изменчивость этого признака выявлена у *Chosenia arbutifolia* (22.1%), *Salix ledebouriana* и *Toisusu cardiophylla* (♂) – 12.7 и 15.7% соответственно (табл. 1). Более существенное варьирование признака у этих видов отражает невысокую приспособленность растений к условиям обитания. Коэффициент осцилляции годичного прироста побегов, показывающий раз-

Таблица 1. Прирост побегов у видов семейства Salicaceae
Table 1. Shoot growth in species of Salicaceae family

Вид Species	Высота растения, м Plant height, m	Прирост побегов за вегетационный сезон, X_{cp} (см) $\pm m$ Shoot growth over the growing season, $X_{average}$ (cm) $\pm m$	Коэффициент вариации признака (прироста побегов), % Coefficient of characteristic variation (shoot elongation), %	Коэффициент осцилляции прироста побегов Coefficient of shoot growth oscillation
<i>Chosenia arbutifolia</i>	16.0	14.05 \pm 3.1	22.06	0.93
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♀)	7.80	12.17 \pm 0.9	7.40	0.41
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♂)	5.00	17.17 \pm 2.7	15.73	0.76
<i>Salix caprea</i>	15.5	9.33 \pm 0.5	5.36	0.32
<i>Salix integra</i>	3.45	23.63 \pm 1.3	5.50	0.38
<i>Salix kochiana</i>	4.80	10.86 \pm 0.9	8.29	0.64
<i>Salix ledebouriana</i>	7.15	16.6 \pm 2.1	12.65	0.60
<i>Salix vinogradovii</i>	5.55	25.8 \pm 2.4	9.30	0.47

Примечание. Здесь и далее в таблицах: указываются средние значения в расчете на одно растение и ошибка среднего.
 Note. Here and in the next tables: the mean values per plant and the error of the mean are indicated.

Таблица 2. Зимостойкость цветковых почек видов Salicaceae (продольные срезы почек)
Table 2. Winter hardiness of flower buds of Salicaceae species (longitudinal sections of buds)

Вид Species	Средний балл промерзания Average score of freezing damage	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %
<i>Chosenia arbutifolia</i>	0.97 \pm 0.23	24
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♀)	0.53 \pm 0.11	21
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♂)	0.20 \pm 0.07	35
<i>Salix caprea</i>	0.30 \pm 0.10	33
<i>Salix integra</i>	0.33 \pm 0.09	27
<i>Salix kochiana</i>	0.47 \pm 0.11	23
<i>Salix ledebouriana</i>	0.80 \pm 0.40	50
<i>Salix vinogradovii</i>	0.30 \pm 0.09	30

брос крайних значений вокруг средней арифметической, также различается у исследуемых растений. Наибольший разброс этого показателя из числа интродуцентов характерен для *Chosenia arbutifolia*, *Toisusu cardiophylla* (♂), наименьший – для местного вида *Salix caprea* (табл.1).

Морозоустойчивость растений, оцениваемая по характеру промерзания цветковых почек и отдельных клеток в зачаточных листочках, у разных видов неодинакова. В табл. 2 показаны результаты оценки промерзания почек на основе анализа продольных срезов. У всех исследуемых видов средний балл промерзания цветковых почек низкий (0.2–1.0 балл). При этом коэффициент вариации степени поражения листьев в пределах одного вида значительный, от 21% (*Toisusu cardiophylla*) до 50% (*Salix ledebouriana*) (табл. 2).

Второй способ оценки зимостойкости почек (промораживание их в лабораторных условиях и последующая оценка способности клеток к плазмолизу), показал у всех исследуемых растений высокий процент плазмолизованных (живых) клеток после промораживания, что говорит об устойчивости растений к воздействию мороза (табл. 3). Менее всего плазмолизованных клеток в зачаточных листочках отмечено у *S. ledebouriana* (87%).

После того, как зимой после воздействия мороза устанавливались длительные положительные температуры, оценивали состояние стволов растений. В большинстве случаев стебли как местных, так и аборигенных видов, повреждаются. Кора стволов у *Chosenia arbutifolia* продольно растрескивающаяся, морозобоин не обнаружено. Стволы кустарников *Salix ledebouriana*, *S. kochiana*

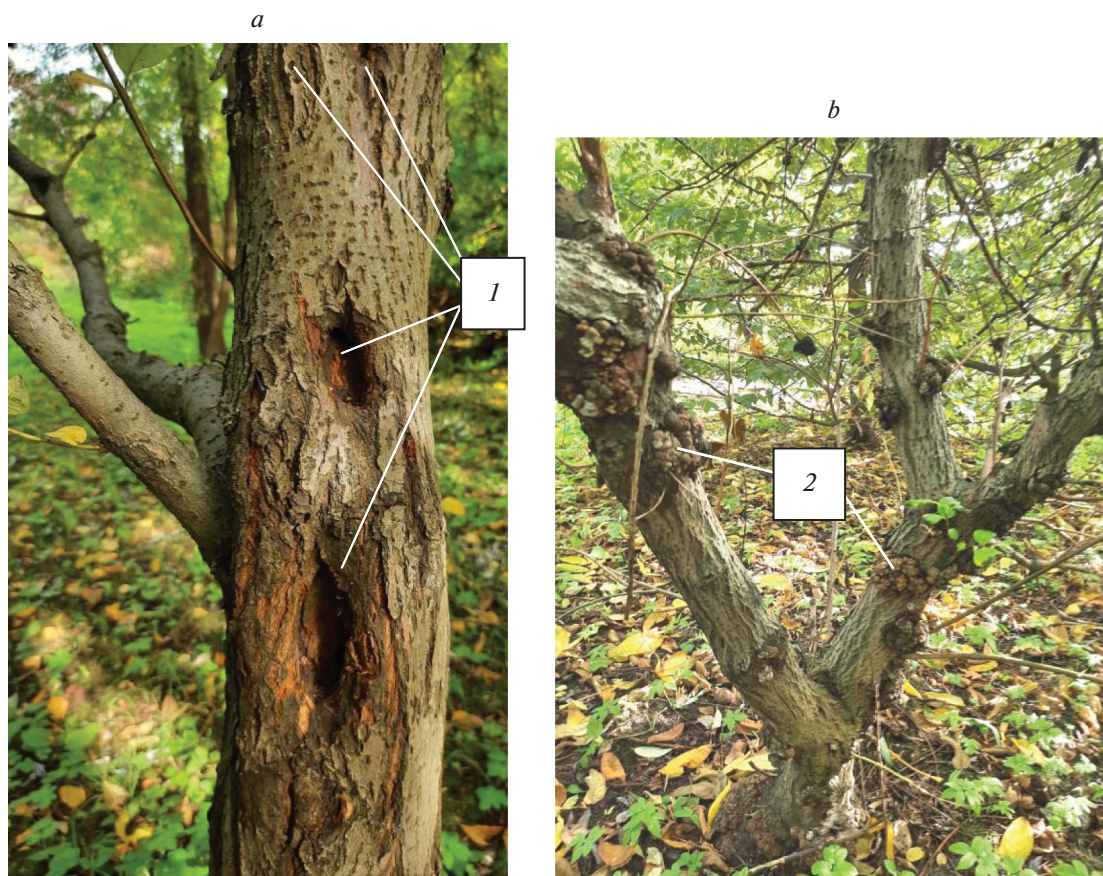


Рис. 1. Стебли и ветви *Toisusu cardiophylla*: *a* – ♀; *b* – ♂. 1 – морозобойные трещины; 2 – наросты бактериальной природы.
Fig. 1. Stems and branches of *Toisusu cardiophylla*: *a* – ♀; *b* – ♂. 1 – frost cracks; 2 – growths of a bacterial nature.

и *S. vinogradovii* в условиях С.-Петербурга находятся в отличном состоянии. Основание стволов кустарника *Salix integra* имеет повреждения беспозвоночными животными. У *Toisusu cardiophylla* (♀) обнаружены морозобойные трещины размером 10–15 см (рис. 1*a*), увеличивающиеся с каждым

годом. Стволы и ветви растений этого вида (♂) покрыты специфическими наростами бактериальной природы (рис. 1*b*). При этом заболевание не передается на рядом стоящие растения других видов. Ствол *Salix caprea* (местный вид) имеет крупную морозобойную трещину размером около

Таблица 3. Зимостойкость цветковых почек видов Salicaceae, определяемая промораживанием в лабораторных условиях

Table 3. Winter hardiness of flower buds of Salicaceae species determined by laboratory freezing tests

Вид Species	Количество плазмолизированных клеток, шт. Number of plasmolyzed cells, pcs.	Количество мертвых клеток, не способных к плазмолизу, шт. Number of dead cells incapable of plasmolysis, pcs.	Доля плазмолизированных клеток, % Proportion of plasmolyzed cells, %
<i>Chosenia arbutifolia</i>	537	63	89.5
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♀)	556	44	92.6
<i>Toisusu cardiophylla</i> (♂)	559	41	93.1
<i>Salix caprea</i>	558	42	93.0
<i>Salix integra</i>	565	35	94.2
<i>Salix kochiana</i>	554	46	92.3
<i>Salix ledebouriana</i>	522	78	87.0
<i>Salix vinogradovii</i>	561	39	93.5

Таблица 4. Потенциальная семенная продуктивность видов семейства Salicaceae
Table 4. Potential seed productivity of Salicaceae species

Вид Species	Кол-во женских соцветий ¹ , шт. Number of female inflorescences ¹ , pcs.	Коэффициент вариации Coefficient of variation	Кол-во цветков в женском соцветии ² , шт. Number of flowers per female inflorescence ² , pcs.	Коэффициент вариации Coefficient of variation
<i>Chosenia arbutifolia</i>	13.50 ± 3.4	25	28.20 ± 3.7	13
<i>Toisusu cardiophylla</i>	13.00 ± 4.2	32	43.80 ± 5.6	13
<i>Salix caprea</i>	10.20 ± 2.9	28	166.60 ± 3.1	2
<i>Salix cinerea</i>	12.00 ± 1.5	13	63.75 ± 3.6	6
<i>Salix phylicifolia</i>	22.00 ± 2.6	12	63.00 ± 5.2	8
<i>Salix caucasica</i>	15.25 ± 1.7	11	45.75 ± 4.4	10
<i>Salix gmelinii</i>	24.55 ± 2.6	11	50.50 ± 3.1	6
<i>Salix kangensis</i>	14.00 ± 2.6	19	52.80 ± 5.5	10
<i>Salix ledebouriana</i>	9.25 ± 3.8	41	23.25 ± 2.2	9
<i>Salix nipponica</i>	17.25 ± 1.7	9	27.60 ± 2.7	9
<i>Salix vinogradovii</i>	28.00 ± 7.1	25	59.25 ± 6.3	11

Примечание. ¹ среднее число женских соцветий на 0.5 м побега; ² среднее число цветков в соцветии на 0.5 м побега.
 Note. ¹ Average number of female inflorescences per 0.5 m shoot; ² average number of flowers per inflorescence per 0.5 m shoot.

1.5 м на главном побеге и трещину длиной около 40 см на боковом побеге, немного увеличивающуюся с каждым годом. Также у *Salix caprea* наблюдали развитие плодовых тел базидиальных грибов на стволах.

Семенная продуктивность – важный показатель, отражающий репродуктивную способность вида в конкретных условиях произрастания. В табл. 4 отражена потенциальная семенная продуктивность исследуемых растений. Количество пестичных соцветий и цветков в соцветии варьирует у разных видов, различается у аборигенных и интродуцированных видов. Так, у местного вида *Salix caprea* в среднем на 0.5 м побега развивается 10 соцветий. При этом количество цветков в соцветии высокое – в среднем 167 шт. У *Salix cinerea* число соцветий на учетном побеге составляет 12 шт. и достаточно много цветков в одном соцветии – 64 шт. *Salix phylicifolia* также характеризуется большим, по сравнению с интродуцированными видами, числом цветков в соцветии.

У растений-интродуцентов число соцветий на 0.5 м побега от 9 (*Salix ledebouriana*) до 28 шт. (*Salix vinogradovii*). Число цветков в одном соцветии от 23 шт. (*Salix ledebouriana*) до 59 шт. (*Salix vinogradovii*). При этом у большинства интродуцентов число цветков в соцветии гораздо ниже максимального значения (табл. 4). В среднем количество цветков в женском соцветии у исследованных представителей семейства Salicaceae составляет 57 шт.

Как видно из табл. 4, коэффициент вариации значений ПСП у исследованных растений не за-

висит от происхождения вида (местный или интродуцент). У ряда видов варьирование ПСП на разных побегах и растениях значительное, например, у *Toisusu cardiophylla* (32%), *Salix caprea* (28%), *Chosenia arbutifolia* и *S. vinogradovii* (25%). Значительный коэффициент вариации признака указывает на невысокие адаптивные возможности растения. Максимальный коэффициент вариации числа пестичных соцветий отмечен у *S. ledebouriana* (41%). Вариабельность количества цветков в соцветии у всех видов незначительна – не более 13% (табл. 4).

ВЫВОДЫ

1) Интродуцированные в условиях г. Санкт-Петербурга растения семейства Salicaceae имеют разные возможности адаптации. Исследуемые в работе характеристики вегетативных (прирост побегов за вегетационный сезон, зимостойкость) и генеративных (потенциальная семенная продуктивность) органов, а также степень варьирования их значений, могут использоваться при оценке общего состояния растений в условиях интродукции.

2) Наиболее стабильные показатели прироста побегов и достаточно высокая зимостойкость цветочных почек в условиях г. Санкт-Петербурга обнаружены у интродуцированных видов *Salix vinogradovii* и *S. integra*. Наиболее высокие значения потенциальной семенной продуктивности наблюдаются у растений-интродуцентов *Salix kangensis* и *S. vinogradovii*. Однако достаточно высокие значения ПСП наблюдаются и у других интроду-

цированных видов — *Toisusu cardiophylla* и *Salix caucasica*. По всем исследованным показателям лучшими возможностями адаптации в условиях г. С.-Петербурга отличается *Salix vinogradovii*.

3) Как аборигенные для г. Санкт-Петербурга виды, так и интродуцированные показывают разброс значений изученных признаков. Наиболее стабильные показатели выявлены у растений *Salix phylicifolia* и *S. caprea*.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую признательность директору Ботанического института РАН им. В.Л. Комарова Гельтману Дмитрию Викторовичу и старшему научному сотруднику, куратору дендрокolleкции Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН Фирсову Геннадию Афанасьевичу за предоставленную возможность работать с материалом коллекции семейства Salicaceae.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Anselmi N. 2009. Diseases of Poplars and Willows. — In: FAO International Workshop “Improve the contribution of Poplars and Willows in meeting sustainable livelihoods and land-use in selected Mediterranean and Central Asian countries”. Izmit, Turkey. <https://www.fao.org/forestry/41487-03fd672dbccd795769b32d7011f11b6e1.pdf>
2. Tognetti R., Cocozza C., Marchetti M. 2013. Shaping the multifunctional tree: the use of *Salicaceae* in environmental restoration. — iForest — Biogeosciences and Forestry. 6(1): 37–47. <https://doi.org/10.3832/ifer0920-006>
3. Birks H.H. 2017. The Remarkable Versatility of *Salix herbacea*. — Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10499-3>
4. Fan L., Zheng H., Milne R.I., Zhang L., Mao K. 2018. Strong population bottleneck and repeated demographic expansions of *Populus adenopoda* (Salicaceae) in subtropical China. — Annals of Botany. 121(4): 665–679. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx198>
5. Демидова Н.А., Дуркина Т.М. 2012. Результаты испытания местных и интродуцированных видов рода *Salix* на Европейском Севере России. — Региональные геосистемы. 21(140): 23–29. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20212181>
6. Самохвалова И.В., Жамурина Н.А. 2017. Биологические особенности устойчивости к неблагоприятным факторам отдельных видов семейства Salicaceae Mirb. в условиях г. Оренбурга. — Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 6(68): 228–230. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32277887>
7. Ишук Л.П. 2017. Формирование коллекции семейства *Salicaceae* Mirbel. на биостанции Белоцерковского национального аграрного университета. — В сб.: Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира. Минск. С. 384–388. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29658804>
8. Бакулин В.Т., Чиндяева Л.Н., Цыбуля Н.В. 2010. Антимикробная активность листьев тополей и ив (*Salicaceae*) в Сибири. — Проблемы региональной экологии. 6: 60–64. <https://elibrary.ru/item.asp?id=15569689>
9. Томошевич М.А., Воробьева И.Г. 2017. Патогенные микромицеты листьев растений-интродуцентов рода *Salix* (*Salicaceae*) в Сибири. — Растительный мир Азиатской России. 3(27): 3–12. <https://sibran.ru/upload/iblock/188/188fffd630b046631c94455addb1f586.pdf>
10. Афонин А.А. 2020. Сезонная динамика длины междоузлий побегов *Salix dasyclados* Wimm. (*Salicaceae* Mirb.) на фоне стресса от раннелетней засухи. — Бюллетень науки и практики. 6(9): 18–36. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/58/02>
11. Афонин А.А. 2021. Инфраниантные ритмы суточного прироста побегов в клонах *Salix viminalis* (*Salicaceae*). — Вестник Нижневартского государственного университета. 2(54): 12–22. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/02>
12. Соколов С.Я. 1951. *Salix* L. — Ива. — В кн.: Деревья и кустарники СССР. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. М.—Л. Т. 2. С. 120.
13. Угольникова Е.В., Кашин А.С. 2013. Особенности репродуктивной биологии видов *Salix* (*Salicaceae*) в Саратовской области. — Бот. журн. 98(6): 723–732. <http://arch.botjournal.ru/?t=articles&id=5218>
14. Левина Р.Е. 1981. Репродуктивная биология семенных растений. М. 96 с.
15. Злобин Ю.А. 2000. Потенциальная семенная продуктивность. — В кн.: Эмбриология цветковых растений. Ред. Т.Б. Батыгина. СПб. Т. 3. С. 258–260.
16. Hamzehloo S., Ghahremaninejad F., Hoseini E. 2020. Petiole anatomical features in *Salix* and some of its relatives in the family *Salicaceae*. — Rostaniha. 21(2): 185–205. <https://doi.org/10.22092/BOTANY.2020.343283.1205>
17. Николаева Е.С. 1983. *Salicaceae*. — В кн.: Сравнительная эмбриология цветковых растений. Phytolaccaceae — Thymelaeaceae. Л. С. 188–192.
18. Марченко А.М. 2019. Семязачатки и идентификация ив (*Salix*). М. 116 с.
19. Сказкин Ф.Д. 1958. Практикум по физиологии растений. М. 339 с.

20. Яндовка Л.Ф., Шамров И.И. 2006. Фертильность пыльцы *Cerasus vulgaris* и *C. tomentosa* (Rosaceae). — Бот. журн. 91(2): 206–218. <http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=20060202>
21. Яндовка Л.Ф. 2008. Семенная продуктивность у *Cerasus*, *Microcerasus* и *Amygdalus* (Rosaceae). — В сб.: Современные проблемы морфологии и репродуктивной биологии семенных растений: Труды Международной конференции, посвященной памяти Р.Е. Левиной. Ульяновск. С. 133–138.

Assessing the Adaptive Capacity of *Salix*, *Chosenia* and *Toisusu* (Salicaceae) Species Introduced in the North-West Region of Russia (St. Petersburg)

L. F. Yandovka^{a, *}, A. S. Trofimova^a, T. S. Dvoretzkaya^b

^a*Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia*

^b*Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia*

*e-mail: yandovkaTGU@mail.ru

Abstract—The study of the adaptive capacity of the introduced plants is an important component of willow breeding. The characteristics of vegetative organs and species' reproductive ability were used as adaptation indicators. Insufficient knowledge of vegetative and generative structures adaptability in introduced Salicaceae species established ground for the study. It was aimed at identifying Salicaceae species most adapted to the climatic conditions of the North-West region of Russia. The specimens of *Salix*, *Chosenia* and *Toisusu* in the family Salicaceae, introduced in the Botanical Garden of Peter the Great of the Komarov Botanical Institute were studied and compared with the Salicaceae species native to the region. In the examined species the values of shoot extension over the growing season, winter hardiness of flower buds and stems, and seed productivity were determined. The article assesses the characters' variations, which in some cases demonstrate the species instability under new conditions. The most stable indicators of shoot extension and sufficient winter hardiness of flower buds are found in introduced in St. Petersburg *Salix vinogradovii* and *S. integra*. The most stable values of these indicators in plants of the local flora are in *S. phylicifolia* and *S. caprea*.

Keywords: Salicaceae, *Salix*, *Chosenia*, *Toisusu*, plant introduction, shoot growth dynamics, winter hardiness, potential seed productivity

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their deep gratitude to Dmitry V. Geltman, Director of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, and Gennady A. Firsov, senior research officer, scientific curator of the Arboretum of Peter the Great Botanical Garden of the Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, for the permission to work with the collection of Salicaceae.

REFERENCES

1. Anselmi N. 2009. Diseases of Poplars and Willows. — In: FAO International Workshop “Improve the contribution of Poplars and Willows in meeting sustainable livelihoods and land-use in selected Mediterranean and Central Asian countries”. Izmit, Turkey. <https://www.fao.org/forestry/41487-03fd672dbccd795769b32d7011f11b6e1.pdf> (In English)
2. Tognetti R., Cocozza C., Marchetti M. 2013. Shaping the multifunctional tree: the use of Salicaceae in environmental restoration. — iForest — Biogeosciences and Forestry. 6(1): 37–47. <https://doi.org/10.3832/ifor0920-006>
3. Birks H.H. 2017. The Remarkable Versatility of *Salix* herbacea. — Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10499-3>
4. Fan L., Zheng H., Milne R.I., Zhang L., Mao K. 2018. Strong population bottleneck and repeated demographic expansions of *Populus adenopoda* (Salicaceae) in subtropical China. — Annals of Botany. 121(4): 665–679. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx198>
5. Demidova N.A., Durkina T.M. 2012. The results of the local and introduced *Salix* species in the European North of Russia. — Regional geosystems. 21(140): 23–29. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20212181> (In Russian)
6. Samokhvalova I.V., Zhamurina N.A. 2017. Biological particularities of certain plant species of Salicaceae Mirb. Family sustainability to adverse factors under the conditions of the city of Orenburg. — Izvestia Orenburg State Agrarian University. 6(68): 228–230. <https://elibrary.ru/item.asp?id=32277887> (In Russian)
7. Ishchuk L.P. 2017. Formation of family collection Salicaceae Mirbel on the biological station of the Bila Tserkva NAU. — In: Role of botanical gardens and arboretums in conservation, investigation and sustainable using diversity of the plant

- world. Proceedings of the international conference. Part 1. Minsk. P. 384–388.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=29658804> (In Russian)
8. Bakulin V.T., Chindyaeva L.N., Tsybulya N.V. 2010. [Antimicrobial activity of poplar and willow (*Salicaceae*) leaves in Siberia]. – Problems of regional ecology. 6: 60–64. <https://elibrary.ru/item.asp?id=15569689> (In Russian)
 9. Tomoshevich M.A., Vorobyova I.G. 2017. Foliar pathogenic micromycetes of *Salix* (*Salicaceae*) plants introduced in Siberia. – Flora and Vegetation of Asian Russia. 3(27): 3–12.
<https://sibran.ru/upload/iblock/188/188fffd630b046631c94455addb1f586.pdf> (In Russian)
 10. Afonin A.A. 2020. Seasonal dynamics of internodes length of the shoots of *Salix dasyclados* Wimm. (*Salicaceae* Mirb.) against the background of early summer drought stress. – Bulletin of Science and Practice. 6(9): 18–36.
<https://doi.org/10.33619/2414-2948/58/02> (In Russian)
 11. Afonin A.A. 2021. Infradian rhythms of daily shoot increment in *Salix viminalis* (*Salicaceae*) clones. – Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2(54): 12–22.
<https://doi.org/10.36906/2311-4444/21-2/02> (In Russian)
 12. Sokolov S.Ya. 1951. *Salix* L. – In: [Trees and shrubs of the USSR. Wild-growing, cultivated and promising for introduction]. Vol. 2. Moscow, Leningrad. P. 120. (In Russian)
 13. Ugolnikova E.V., Kashin A.S. 2013. Peculiarities of reproductive biology of *Salix* (*Salicaceae*) species in Saratov region. – Botanicheskii Zhurnal. 98(6): 723–732. <http://arch.botjournal.ru/?t=articles&id=5218> (In Russian)
 14. Levina R.E. 1981. [Reproductive biology of seed plants]. Moscow. 96 p. (In Russian)
 15. Zlobin Yu.A. 2009. Potential seed productivity. – In: Embryology of flowering plants: Terminology and concepts. Vol. 3. Reproductive systems. Boca Raton. P. 192–193.
 16. Hamzehloo S., Ghahremaninejad F., Hoseini E. 2020. Petiole anatomical features in *Salix* and some of its relatives in the family *Salicaceae*. – Rostaniha. 21(2): 185–205.
<https://doi.org/10.22092/BOTANY.2020.343283.1205>
 17. Nikolayeva E.S. 1983. *Salicaceae*. – In: Comparative embryology of flowering plants. *Phytolaccaceae* – *Thymelaeaceae*. Leningrad. P. 188–192. (In Russian)
 18. Marchenko A.M. 2019. Ovules and identification of willows (*Salix*). Moscow. 116 p. (In Russian)
 19. Skazkin F.D. 1958. [Tutorial on plant physiology]. Moscow. 339 p. (In Russian)
 20. Yandovka L.F., Shamrov I.I. 2006. Pollen fertility in *Cerasus vulgaris* and *Cerasus tomentosa* (*Rosaceae*). – Botanicheskii Zhurnal. 91(2): 206–218. <http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=20060202> (In Russian)
 21. Yandovka L.F. 2008. Seed productivity in *Cerasus*, *Microcerasus* and *Amygdalus* (*Rosaceae*). – In: [Modern problems of morphology and reproductive biology of seed plants: Proceedings of the International scientific conference in memory of R.E. Levina]. Ulyanovsk. P. 133–138. (In Russian)