

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-117-124>

УДК 712.4:581.5



ЗАКОНОМЕРНОСТИ РОСТА ВИДОВ SALIX ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ГОРОДСКОМ ПАРКЕ ВОЛЬСКА

А.А. Вергунова[✉], П.Н. Проездов, О.Б. Сокольская[✉], А.В. Розанов

Вавиловский университет; 410012, г. Саратов, ул. Советская, 60., Россия

Аннотация. Целью исследований явилось установление закономерностей роста и развития видов *Salix*, произрастающих в городском парке Вольска Саратовской области, под влиянием различных водных источников. Методика исследований опиралась на соответствующие ГОСТы, рекомендации научных учреждений и научных исследований. Дисперсионный анализ годичных приростов 12 видов *Salix* позволил установить закономерности в зависимости от увлажнения вегетационных периодов 2018, 2019 и 2022 гг. Установлены закономерности роста и развития видов *Salix*, произрастающих в городском парке Вольска Саратовской области под влиянием различных водных источников. Определено, что в естественных условиях увлажнения значения приростов ивовых ветвей в длину зависят от погодных условий: чем ниже гидротермический коэффициент, тем меньше приросты. Пруд, ручей, грунтовые воды, доступные для корней, увеличивают приросты видов *Salix* до 78,7%. Дисперсионный анализ двухфакторного опыта установил существенные различия по обоим факторам и их взаимодействию. Регрессионно-корреляционный анализ выявил, что годичные приросты на 83% зависят от погодных условий и вида водного источника. Выявлено, что наилучшими древесными ивами, произрастающими на территории парка культуры и отдыха в г. Вольске, являются следующие их виды: *Salix babylonica* var. *tortuosa* x *alba* var. *reticulata* (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix schwerinii* x *dasyclados* (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix hybrida* «Schater 1», *Salix matsudana* Koidz., *S. schwerinii* x (*schwerinii* x *udensis*) (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva).

Ключевые слова: виды *Salix*, озеленение, городской парк, водные источники, гидротермический коэффициент, дисперсия, корреляционный анализ, прибрежные территории

Формат цитирования: Вергунова А.А., Проездов П.Н., Сокольская О.Б., Розанов А.В. Закономерности роста видов *Salix* под влиянием природно-антропогенных факторов в городском парке Вольска // Природоустройство. 2024. № 2. Рр. 117-124. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-117-124>

Original article

REGULARITIES OF GROWTH OF SALIX SPECIES UNDER THE INFLUENCE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IN THE CITY PARK OF VOLSK

A.A. Vergunova, P.N. Proezdov, O.B. Sokolskaya, A.V. Rozanov

Vavilovsky University, 60, Sovetskaya str., 410012, Saratov, Russia

Abstract. The article establishes the regularities of growth and development of tree-like willows growing in the city park of the city of Volsk under the influence of various water sources. The research methodology was based on the relevant GOST standards, recommendations of scientific institutions and scientific research. The variance analysis of the annual increments of 12 *Salix* species allowed us to establish patterns depending on the moisture content of the growing seasons of 2018, 2019 and 2022. It is determined that under natural conditions of humidification, the values of the willow branches' increments in length depend on weather conditions, the lower the hydrothermal coefficient, the smaller the increments. Pond, stream, ground water available for roots increase the increments of *Salix* species up to 78.7%. The variance analysis of two-factor experience has established significant differences in both factors and their interaction. Regression and correlation analysis revealed that annual increases by 83% depend on weather conditions and the type of water source. It was revealed that the best tree-like willows growing on the territory of the park of culture and recreation in the city of Volsk are

the following species: *Salix babylonica* var. *tortuosa* x *alba* var. *recticapus* (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix schwerinii* x *dasyclados* (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix hybrida* "Schater 1", *Salix matsudana* Koidz., *S. schwerinii* x (*schwerinii* x *udensis*) (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva).

Keywords: *Salix* species, landscaping, urban park, water sources, hydrothermal coefficient, dispersion, correlation analysis, coastal territories

Format of citation: Vergunova A.A., Proezdov P.N., Sokolskaya O.B., Rozanov A.V. Regularities of the growth of *Salix* species under the influence of natural and anthropogenic factors in the city park of Volsk // Prirodoostroystvo. 2024. № 2. P. 117-124. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-2-117-124>

Введение. С каждым годом повышается уровень урбанизации и населения в городах, но значительно сокращается площадь озеленения. Зеленые насаждения эффективны для оздоровления окружающей среды, благоприятны для комфорта и жизнедеятельности человека, гармонии его с природой в условиях мегаполисов. Часто территории под озеленение находятся в районах с близким расположением грунтовых вод, что препятствует применению широкого ассортимента декоративно-флористического материала. Следовательно, при таких обстоятельствах виды рода *Salix* являются незаменимыми для данных территорий, как как хорошо переносят переувлажнение и осушают избыточно влажные участки.

На протяжении значительного периода виды *Salix* изучали в основном исследователи в биологических и медицинских областях науки. Много научных трудов, посвященных изучению этих видов, было в период 1960-1990 гг. (например, работы П.Ф. Маевского, А.К. Скворцова [1], В.И. Шабурова, Т.Н. Шкапенко и др.). В XXI в. исследованием видов *Salix* занимались и занимаются такие ученые, как А.А. Афонин [2], И.В. Беляева, Е.Т. Валягина-Малютина [3], А.А. Вергунова [4-6], Н.А. Гашеева, И.А. Гетманец, М.Т. Мазуренко, О.И. Недосеко [7], Т.А. Полякова, А.А. Парамонов [8], П.Н. Проездов [5, 6], О.Б. Сокольская [4-6], А.С. Тимофеева [9], Е.В. Угольников [10] и др.

Зарубежный опыт представлен в работах следующих специалистов: E.S. Fabio, 2018 [11]; D. Liberacki, 2022 [12]; J. Mirck, 2015 [13]; C. Weisteiner, N. Schenkenbach, W. Lammeranner, G. Kalny, H. Rauch, 2019 [14]; M. Welc, A. Lundkvist, T. Verwijst, 2018 [15]; и др.

Анализ большинства публикаций авторов показал, что в настоящее время отсутствуют исследования по закономерности роста и развития видов *Salix*, произрастающих в городских условиях под влиянием различных водных источников. Актуальность темы определена тем, что необходимо не только оценить биологические аспекты и ландшафтно-декоративные параметры видов *Salix*, но и установить закономерности в зависимости от увлажнения вегетационных периодов

при помощи дисперсионного анализа годичных приростов видов ив и определить наилучшие древовидные виды *Salix* для озеленения увлажненных мест.

Цель исследований: установление закономерностей роста и развития видов *Salix*, произрастающих в городском парке Вольска Саратовской области, под влиянием различных водных источников.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

– выявить динамику годичных приростов древовидных ив в зависимости от видов увлажнения вегетационного периода и под влиянием водных источников;

– выполнить дисперсионный анализ годичных приростов древовидных ив на основе многофакторного эксперимента;

– дать уравнение регрессии и установить тесноту связи изучаемых факторов, влияющих на приросты видов *Salix*.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе городского парка в г. Вольске Саратовской области, который имеет водные территории: пруд, ручьи, участки с близким расположением грунтовых вод. Объекты исследований – виды *Salix*, высаженные нами в 2018 г. Природная зона – южная лесостепь Приволжской возвышенности (рис. 1).

Насаждения изучались методами лесной таксации: корреляционным и иными методами математического анализа [16-18].

Теоретический аспект решения проблемы озеленения прибрежных территорий городских парков заключается в использовании аналитико-экспериментального метода, на основе которого построена множественная регрессия (1):

$$H = -80,9 + 346,3 \text{ ГТК} + 22,97 \text{ В} - 206 \text{ ГТК}^2 - 5,165 \text{ ГТК В} - 5,83 \text{ В}^2 \quad (1),$$

где h – прирост ветвей ивы в длину, см; ГТК – гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (отношение количества осадков, мм, умноженное на 10, к сумме температур $> 10^\circ\text{C}$ за вегетацию ивы; $\text{ГТК} = r/(\sum t/10)$); В – степень влияния водного источника. Пруд – В = 1,5; ручей – В = 2; грунтовые воды – В = 1,0; b_0 - b_3 – коэффициенты множественной регрессии.

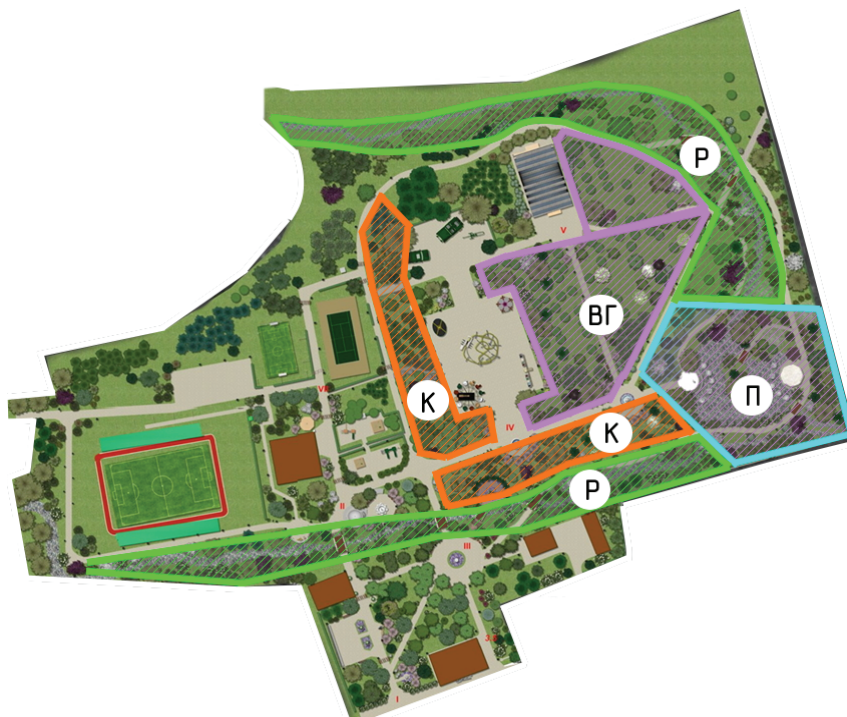


Рис. 1. Схема исследований в городском парке г. Вольска:
К – «Зона контроля», Р – «Зона ручьев»; П – «Зона пруда»; ВГ – «Зона грунтовых вод»

Fig. 1. Research scheme in the city park of Volsk:

К – control area; Р – stream area; П – pond area; ВГ – groundwater zone

Таблица 1. Годичные приросты *Salix fragilis* var. *sphaerica* = var. *Bullata*, см, в зависимости гидротермического коэффициента и степени влияния водного источника

Table 1. Annual growth of *Salix fragilis* var. *sphaerica* = var. *Bullata* (cm) depending on the hydrothermal coefficient and the degree of influence of the water source

Гидротермический коэффициент / Hydrothermal coefficient																	
0,30			0,45			1,20			0,30			0,45			1,20		
Контроль (без влияния водного источника) Control (without the influence of water source)			Степень влияния водного источника / Degree of influence of the water source														
			ВГ GW	Пруд Pond	Ручей Stream	ВГ GW	Пруд Pond	Ручей Stream	ВГ GW	Пруд Pond	Ручей Stream						
0	0	0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0	1,0	1,5	2,0
10,7	25,3	39,7	20,0	20,0	21,3	49,3	54,7	54,3	48,0	49,7	48,0	49,7	48,0	49,7	48,0	49,7	48,0

ВГ – грунтовые воды корневодоступные / GW – ground water root-accessible

Исчерпывающий учет всех факторов среды, воздействующих на рост и развитие видов рода *Salix* в городском парке г. Вольска, является сложной задачей. Совокупность факторов среды представляет собой многомерную гиперповерхность, детальное исследование которой затруднено сложностью ее структуры. Целесообразно использовать математические модели и методы, наиболее значимые из совокупности факторов с доступным расчетно-аналитическим описанием. Применен метод вероятностного моделирования, предполагающий замену реального объекта его статистической моделью.

Результаты исследований и их обсуждение. На основе теоретического и экспериментального методов исследования из всего

многообразия природно-антропогенных факторов, влияющих на рост и развитие древовидных ив, были выделены следующие ключевые факторы: осадки, температурный режим (гидротермический коэффициент), влияние типов водного источника.

Нами установлена регрессионная зависимость годового прироста на примере *Salix fragilis* var. *sphaerica* = var. *Bullata* (рис. 2):

$$H = -80,9 + 346,3 \text{ ГТК} + 22,97 \text{ В} - 206 \text{ ГТК}^2 - 5,165 \text{ ГТК В} - 5,83 \text{ В}^2$$

$$R^2 = 0,87$$

Данные рисунка 2 указывают на тесную связь годового прироста ивы с условиями естественного увлажнения и влияния вида водного

источника. Коэффициент детерминации составляет 0,87.

Дисперсионный анализ отмечает достоверные различия годовых приростов видов рода *Salix* в зависимости от увлажнения вегетационных периодов 2018, 2019 и 2022 гг. (табл. 2, рис. 3, 4).

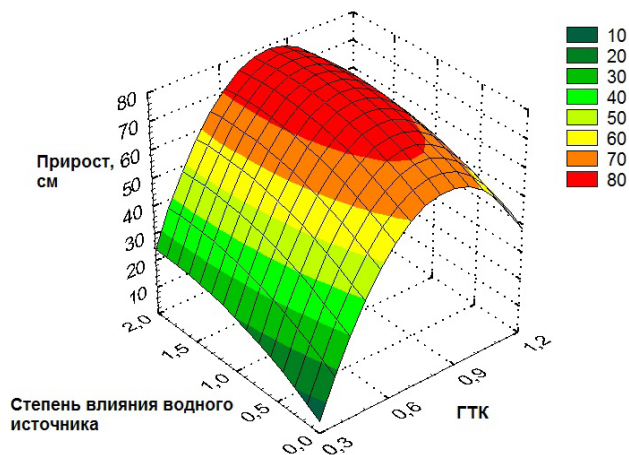


Рис. 2. Зависимость годового прироста *Salix fragilis var. sphaerica = var. bullata* от гидротермического коэффициента и степени влияния водного источника

Fig. 2. Dependence of annual growth of *Salix fragilis var. sphaerica = var. bullata* depends on the hydrothermal coefficient and the degree of influence of the water source

Дисперсионный анализ отмечает также закономерности годовых приростов видов *Salix* в зависимости от увлажнения вегетационных периодов 2018, 2019 и 2022 гг. (табл. 2).

Дисперсионный анализ отмечает достоверные различия годовых приростов видов рода *Salix* в зависимости от увлажнения вегетационных периодов 2019 и 2022 гг. (рис. 3, 4):

$$\begin{aligned} \text{НСР}_{05} &= 1,42 \text{ см для частных различий;} \\ \text{НСР}_{05} \text{ для факторов : } A &= 2,24 \text{ см;} \\ B &= 1,48 \text{ см; } AB = 0,23 \text{ см.} \end{aligned}$$

Следовательно, из данных таблицы 2 и рисунков 3, 4 нами установлено, что с повышением гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова увеличиваются приросты ив. В естественных условиях увлажнения (контроль) приросты ив в зависимости от вида составляют: для сухого года (2019 – ГТК = 0,30) 2,7-44,3 см; для средне-сухого (2018, ГТК = 0,45) – 10,7-96,7 см; для влажного (2022, ГТК = 1,80) – 10,3-110,3 см. Наибольшие приросты независимо от года увлажнения на контроле у следующих видов *Salix*: *Salix babylonica var. tortuosa x alba var. reticulata* (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix schwerinii x dasyclados* (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva), *Salix viminalis L.*, S.

Таблица 2. Годичные (средние) приросты видов *Salix* (см) под влиянием типа водного источника (2018, 2019, 2022 гг.)

Table 2. Annual (average) growth of *Salix* species (cm) under the influence of the type of water source (2018, 2019, 2022)

Вид ивы (Фактор А) <i>Willow species (Factor A)</i>	Тип водного источника (Фактор В) <i>Type of water source (Factor B)</i>			
	Контроль <i>Control</i>	Пруд <i>Pond</i>	Ручей <i>Stream</i>	Грунтовые воды <i>GW</i>
1	2	3	4	5
2018 год. Среднесухой / Medium dry; ГТК = 0,45; НСР₀₅ = 3,50 см для частных различий / for particular differences; НСР₀₅ для факторов / for factors: А – 4,67 см; В – 5,08 см; АВ – 1,32 см				
<i>Salix babylonica var. tortuosa x alba var. reticulata</i> (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva)	79,7	101,7	102,3	102,3
<i>Salix alba L. var. argentea hort.</i>	30,3	63,0	62,0	63,3
<i>Salix hybrida x 'Schater 1 V. Shaburov et I. Beljaeva</i>	49,0	121,0	120,7	119,7
<i>Salix caprea x 'Pamiati Bazova' V. Shaburov et I. Beljaeva</i>	15,0	20,0	20,0	19,3
<i>Salix alba x blanda = S. x 'Pamiati Mindovskogo' V. Schaburov et I. Beljaeva</i>	31,7	61,7	61,0	60,3
<i>Salix schwerinii x dasyclados</i> (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva)	61,3	102,0	102,3	102,3
<i>Salix blanda x alba</i> (S. X 'Fantasia' V. Schaburov et I. Beljaeva)	18,3	24,7	24,0	25,3
<i>S. schwerinii x (schwerinii x udensis)</i> (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva)	59,3	99,0	101,0	99,3
<i>Salix hybrida x 'Schater II V. Shaburov et I. Beljaeva</i>	10,7	18,0	19,7	20,7
<i>Salix matsudana Koidz.</i>	96,7	101,3	101,7	100,3
<i>Salix fragilis L.</i>	25,3	54,7	54,3	49,3
<i>Salix viminalis L.</i>	74,3	103,3	101,7	200,7

1	2	3	4	5
2019 год. Сухой / wet year; ГТК = 0,30; НСР₀₅ = 1,42 см для частных различий / for particular differences; НСР₀₅ для факторов / for factors: А – 2,24 см; В – 1,48 см; АВ – 0,23 см				
Salix babylonica var.tortuosa x alba var.recticapus (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva)	42,7	54,0	49,7	51,0
Salix alba L. var. argentea hort.	11,0	21,0	19,0	20,3
Salix hybrida x 'Schater 1 V. Shaburov et I. Beljaeva	33,7	44,7	42,7	42,3
Salix caprea x 'Pamiati Bazova' V. Shaburov et I. Beljaeva	5,3	10,0	8,7	8,3
Salix alba x blanda = S. x 'Pamiati Mindovskogo' V. Schaburov et I. Beljaeva	16,7	26,3	26,0	25,7
Salix schwerinii x dasyclados (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva)	36,0	45,3	45,0	43,7
Salix blanda x alba (S. X 'Fantasia' V. Schaburov et I. Beljaeva)	14,3	17,3	17,0	16,3
S. schwerinii x (schwerinii x udensis) (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva)	44,3	54,3	54,3	53,3
Salix hybrida x 'Schater II V. Shaburov et I. Beljaeva	2,7	4,0	3,3	3,0
Salix matsudana Koidz.	32,3	42,0	41,0	40,0
Salix fragilis L.	10,7	20,0	21,3	20,0
Salix viminalis L.	27,7	37,7	37,0	36,3
2022 год. Влажный / wet year: ГТК = 1,80; НСР₀₅ = 1,54 см для частных различий / for particular differences; НСР₀₅ для факторов / for factors: А – 5,18 см; В – 1,58 см; АВ – 0,17 см (несущественно / unimportant)				
Salix babylonica var.tortuosa x alba var.recticapus (S. X 'Sverdlovskaja Isvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva)	95,3	105,3	102,7	104,0
Salix alba L. var. argentea hort.	39,7	49,7	49,0	48,3
Salix hybrida x 'Schater 1 V. Shaburov et I. Beljaeva	110,3	120,3	118,7	118,0
Salix caprea x 'Pamiati Bazova' V. Shaburov et I. Beljaeva	10,3	15,3	15,0	14,3
Salix alba x blanda = S. x 'Pamiati Mindovskogo' V. Schaburov et I. Beljaeva	49,7	59,7	57,7	118,0
Salix schwerinii x dasyclados (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva)	91,7	101,7	99,7	14,3
Salix blanda x alba (S. X 'Fantasia' V. Schaburov et I. Beljaeva)	12,7	22,7	22,3	56,7
S. schwerinii x (schwerinii x udensis) (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva)	87,7	97,7	96,3	96,3
Salix hybrida x 'Schater II V. Shaburov et I. Beljaeva	11,7	14,7	12,7	12,7
Salix matsudana Koidz.	83,7	93,7	92,3	92,3
Salix fragilis L.	39,7	49,7	48,0	48,0
Salix viminalis L.	86,7	96,7	96,3	94,7

Примечания: ГТК – гидротермический коэффициент Селянинова; НСР₀₅ – наименьшая существенная разность на 5% уровне значимости; контроль – естественные условия увлажнения.

Notes: SHC – Selyaninov hydrothermal coefficient; NCR05 – the smallest significant difference at the 5% significance level; Control – natural moisturizing conditions.

schwerinii x (schwerinii x udensis) (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva).

Влияние водного источника на годовые приросты исследуемых видов *Salix* является позитивным независимо от естественного увлажнения вегетационного периода. В сухой 2019 год по сравнению с контрольными участками (с естественными условиями увлажнения) наибольшее увеличение приростов было обнаружено у видов *Salix*, произрастающих рядом с прудом, наименьшее – в районе выхода грунтовых вод. Связано это с падением

уровня грунтовых вод к концу вегетационного периода, тогда как для пруда и ручьев характерно практически неизменное положение уреза воды.

Дисперсионный анализ двухфакторного опыта показал существенные различия по обоим факторам и по их взаимодействию. Исключение составило взаимодействие факторов АВ во влажный вегетационный период 2022 г., что объясняется меньшим влиянием водного источника на приросты видов *Salix* по сравнению с естественным увлажнением (табл. 2).

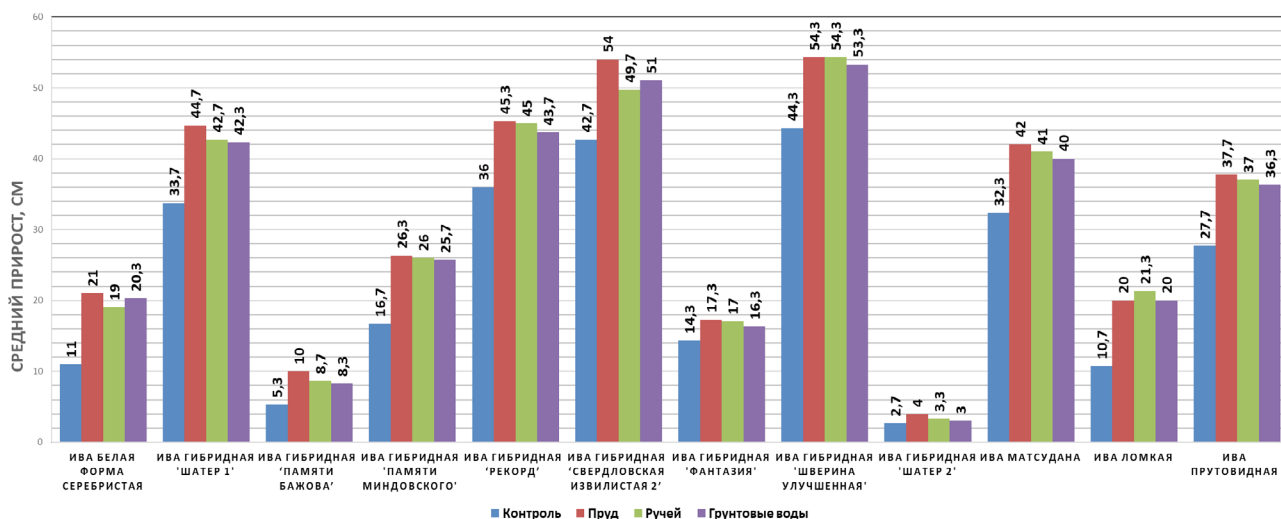


Рис. 3. Средние приросты видов рода *Salix* в городском парке Вольска за 2019 г.: НСР05 = 1,54 см для частных различий; НСР05 для факторов: А = 5,18 см; В = 1,58 см; АВ = 0,17 см

Fig. 3. Average growth of species of the genus *Salix* in the Volsk City Park in 2019: НСР05 = 1,54 cm for particular differences; НСР05 – for factors: А = 5,18 cm; В = 1,58 cm; АВ = 0,17 cm

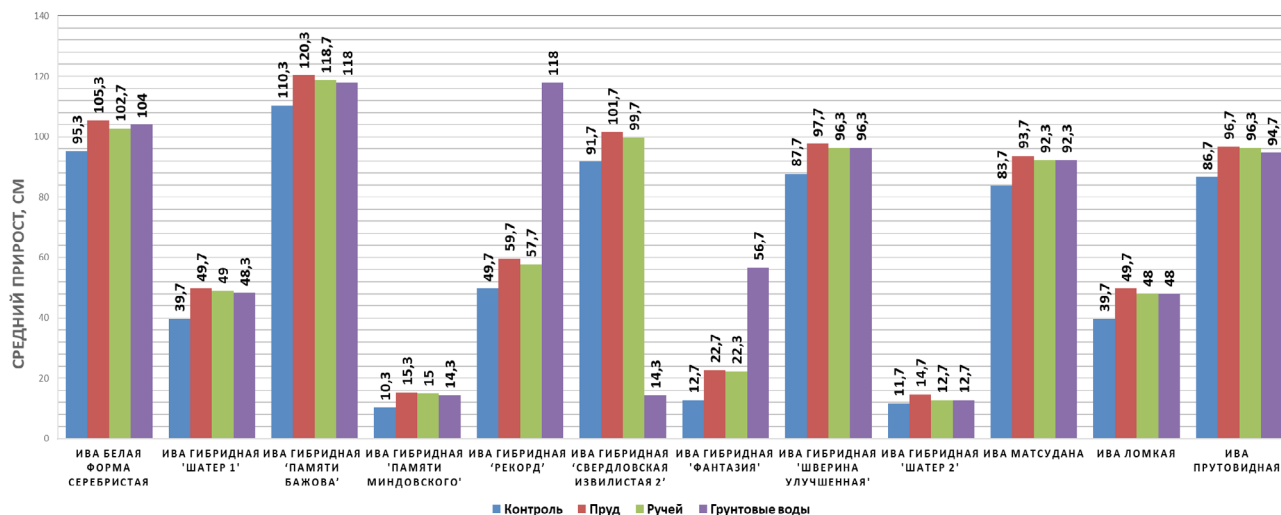


Рис. 4. Средние приросты видов рода *Salix* в городском парке Вольска за 2022 г.

Fig. 4. Average growth of species of the genus *Salix* in the city park of Volsk in 2022

Выводы

Таким образом, нами сделаны следующие выводы:

1) установлено, что в засушливые вегетационные периоды роста видов *Salix* 2018-2019 гг. в условиях естественного увлажнения приросты по длине ветвей минимальные, во влажный 2022 г. – максимальные;

2) определены водные источники (пруд, ручей, грунтовые воды), которые увеличивают приросты ветвей до 78,7% по сравнению с условиями естественного увлажнения, тем самым положительно влияя на привлекательность древовидных ив;

3) выявлено, что годичный прирост видов *Salix* на уровне 0,87 зависит от гидротермического коэффициента (погодных условий) и вида водного источника;

4) установлено, что наиболее перспективными видами *Salix* в условиях парка г. Вольска, особенно на переувлажненных территориях, являются следующие виды: *S.babylonica var.tortuosa x alba var.recticapus* (S. X 'Sverdlovskaja Izvilistaja 2' V. Schaburov et I. Beljaeva), *S.schwerinii x dasyclados* (S. X 'Rekord' V. Schaburov et I. Beljaeva), *S.hybrida «Schater 1»*, *S.matsudana Koidz.*, *S.schwerinii x (schwerinii x udensis)* (S. x 'Schwerina Ulutschennaja' V. Schaburov et I. Beljaeva).

Список использованных источников

1. Скворцов А.К. Ивы СССР (систематический и географический обзор). М.: Наука, 1968. 255 с.
2. Афонин А.А. Динамика развития побегов *Salix triandra* на саженцах, выращенных из базальных и апикальных черенков // Аграрный вестник Урала. 2022. № 09(224). С. 2-12.
DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-2-12.
3. Валягина-Малютина Е.Т. Ивы Европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК (ППП Тип. «Наука»), 2004. 217 с.
4. Вергунова А.А., Сокольская О.Б. Ива в ландшафтной архитектуре. Перспективное использование видов рода *Salix* в озеленении населенных пунктов: монография. СПб.: Лань, 2021. 120 с. – ISBN 978-5-8114-7810-1.
5. Вергунова А.А., Сокольская О.Б., П.Н. Проездов. Оценка аттрактивности прибрежных объектов ландшафтной архитектуры Саратовской области // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики-2022: Материалы II Международной научно-технической конференции / Под науч. ред. О.Б. Сокольской, И.Л. Воротникова. Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2022. С. 13-22. EDN NERSPG.
6. Вергунова А.А., Сокольская О.Б., П.Н. Проездов. Мониторинг состояния видов рода *Salix* в Вольском городском парке Саратовской области // Ландшафтная архитектура: традиции и перспективы-2022: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург: УГЛУ, 2022. С. 65-72. EDN GPQOTL.
7. Недосеко О.И. Становление жизненных форм и архитектоники крон бореальных видов ив подродов *Salix* и *Vetrix Dumort.* в онтогенезе: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2018. 43 с.
8. Парамонов А.А., Третьяков С.В., Коптев С.В. Таблицы хода роста нормальных ивовых древостоев таежной зоны северо-востока Европейской части России // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства / ФБУ «СПбНИИЛХ»; Гл. ред. А.В. Константинов. СПб.: СПбНИИЛХ, 2021. № 2. С. 17-27.
9. Трофимова А.С., Яндовка Л.Ф. Адаптационные возможности видов *Salix L.*, *chosenia nakai*, *toisusu trautv. et mey.* (Salicaceae) при интродукции в Ботаническом саду Петра Великого // Материалы МСНК «Студенческий научный форум-2022». Т. XI. М.: Евроазиатская научно-промышленная палата, 2022. С. 13-17.
10. Угольникова Е.В., Кашин А.С. Особенности репродуктивной биологии видов *Salix* (Salicaceae) в Саратовской области // Ботанический журнал. 2013. Т. 98, № 26. С. 723-731.
11. Fabio E.S., Smart L.B. Differential growth response to fertilization of ten elite shrub willow (*Salix* spp.) bioenergy cultivars // Trees. 2018. № 32. Pp. 1061-1072. DOI: 10.1007/s00468-018-1695-y.
12. Liberacki Daniel, Joanna Kocięcka, Piotr Stachowski, Roman Rolbiecki, Stanisław Rolbiecki, Hicran A. Sadan, Anna Figas, Barbara Jagosz, Dorota Wichrowska, Wiesław Ptach and et al. Water Needs of Willow (*Salix L.*) in Western Poland *Energies* 15. 2022. № 2. P. 484. <https://doi.org/10.3390/en15020484>.
13. Mirck J., Zalesny R.S. Mini-Review of Knowledge Gaps in Salt Tolerance of Plants Applied to Willows and Poplars. *Int. J. Phytoremediation*. 2015. № 17. Pp. 640-650.

References

1. Skvortsov A.K. Willows of the USSR (systematic and geographical review). Moscow: Nauka, 1968. 255 p.
2. Afonin A.A. Dynamics of development of *Salix triandra* shoots on seedlings grown from basal and apical cuttings // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 09 (224). P. 2-12. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-2-12.
3. Valyagina-Malyutina E.T. Willows of the European part of Russia. – Moscow: Partnership scientific publishing House. KMK, 2004 (PPP Type. Science). – 217 p.
4. Vergunova A.A., Sokolskaya O.B. Willow in landscape architecture. Promising use of species of the genus *Salix* in landscaping settlements: monograph. Saint Petersburg: Lan, 2021. 120 p. – ISBN 978-5-8114-7810-1.
5. Vergunova A.A., Sokolskaya O.B., P.N. Proezdov. Assessment of the attractiveness of coastal objects of landscape architecture of the Saratov region // Landscape architecture and environmental management: from project to economy – 2022: Materials of the International scientific and practical conference, Saratov / Under the scientific editorship of O.B. Sokolskaya and I.L. Vorotnikov. Saratov: LLC “Center for Social Agroinnovations of SSAU”, 2022. P. 13-22. – EDN NERSPG.
6. Vergunova A.A., Sokolskaya O.B., P.N. Proezdov. Monitoring of the status of species of the genus *Salix* in the Volsky City Park of the Saratov region // Landscape architecture: traditions and prospects – 2022: Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, December 15-16, 2022. – Yekaterinburg: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Ural State Forestry University”, 2022. P. 65-72. – EDN GPQOTL.
7. Nedoseko O.I. Formation of life forms and architectonics of the crowns of boreal species of willows of the *Salix* subgenera. and *Vetrix Dumort.* in ontogenesis: abstract. dis. ... Doctor of Biological Sciences. M., 2018. 43 p.
8. Paramonov A.A., Tretyakov S.V., Koptev S.V. Tables of the course of growth of normal willow stands of the taiga zone of the north-east of the European part of Russia // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry / FBU “SPbNIILH”. No. 2. Chief Editor A.V. Konstantinov. St. Petersburg: SPbNIILH, 2021. P. 17-27.
9. Trofimova A.S., Yandovka L.F. Adaptive capabilities of species *Salix L.*, *chosenia nakai*, *toisusu trautv. et mey.* (Salicaceae) at the introduction in the Botanical Garden of Peter the Great // Materials of the MSNC “Student Scientific Forum 2022”. 2022. No. 11. P. 13-17.
10. Ugolnikova E.V., Kashin A.S. Features of reproductive biology of *Salix* (Salicaceae) species in the Saratov region // Botanical magazine. 2013. Vol. 98. No. 26. P. 723-731.
11. Fabio E.S., Smart L.B. Differential growth response to fertilization of ten elite shrub willow (*Salix* spp.) bioenergy cultivars // Trees. 2018. No. 32. P. 1061-1072. DOI: 10.1007/s00468-018-1695-y.
12. Liberacki, Daniel, Joanna Kocięcka, Piotr Stachowski, Roman Rolbiecki, Stanisław Rolbiecki, Hicran A. Sadan, Anna Figas, Barbara Jagosz, Dorota Wichrowska, Wiesław Ptach, and et al. 2022. “Water Needs of Willow (*Salix L.*) in Western Poland” *Energies* 15, no. 2: 484. <https://doi.org/10.3390/en15020484>
13. Mirck J.; Zalesny R.S. Mini-Review of Knowledge Gaps in Salt Tolerance of Plants Applied to Willows and Poplars. *Int. J. Phytoremediation* 2015, 17, 640-650.

14. Weissteiner C., Schenkenbach N., Lammeraner W., Kalny G., Rauch H.P. Cutting diameter on early growth performance of purple willow (*Salix purpurea* L.) // *Journal of Soil and Water Conservation*. 2019. № 74 (4). Pp. 380-388. DOI: 10.2489/jswc.74.4.380.

15. Welc M., Lundkvist A., Verwijst T. Effects of propagule phenology (non-dormant versus dormant) and planting system (vertical versus horizontal) on growth performance of willow clones grown under different weeding regimes // *BioEnergy Research*. 2018. № 11 (3). Pp. 703-714. DOI: 10.1007/s12155-018-9929-9.

16. ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустраительные. Методы закладки. М.: Издательство стандартов, 1984. 60 с.

17. Минаев В.Н., Леонтьев Л.Л., Ковязин В.Ф. Таксация леса. СПб.: Лань, 2022. 204 с.

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

Об авторах

Анастасия Аркадьевна Вергунова, аспирант кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство», магистр ландшафтной архитектуры; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0200-4721>; aelestel@mail.ru

Пётр Николаевич Проездов, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7931-7980>; toxa_19@mail.ru

Ольга Борисовна Сокольская, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Лесное хозяйство и ландшафтное строительство»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1723-1289>; sokolokaya.olg@yandex.ru

Александр Владимирович Розанов, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Цифровое управление процессами в АПК»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2144-4255>; arosanov@yandex.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Вергунова А.А., Проездов П.Н., Сокольская О.Б., Розанов А.В. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Criteria of authorship

The authors declare no conflict of interest / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 28.06.2023

Поступила после рецензирования / Received after peer review 22.03.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 22.03.2024

14. Weissteiner C., Schenkenbach N., Lammeraner W., Kalny G., Rauch H.P. Cutting diameter on early growth performance of purple willow (*Salix purpurea* L.) // *Journal of Soil and Water Conservation*. 2019. No. 74 (4). Pp. 380-388. DOI: 10.2489/jswc.74.4.380.

15. Welc M., Lundkvist A., Verwijst T. Effects of propagule phenology (non-dormant versus dormant) and planting system (vertical versus horizontal) on growth performance of willow clones grown under different weeding regimes // *BioEnergy Research*. 2018. No. 11 (3). Pp. 703-714. DOI: 10.1007/s12155-018-9929-9.

16. OST 56-69-83 Trial forest management areas. Bookmark methods. M.: Publishing House of Standards, 1984. 60 p.

17. Minaev V.N., Leont'ev I.I., Kovyazin V.F. Forest taxation. Saint Petersburg: Lan', 2022. 204 p.

18. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results) // M.: Book on Demand, 2012. 352 p.

Author information

Anastasia A. Vergunova, Postgraduate student of the Department of Forestry and Landscape Construction, Master of Landscape Architecture, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0200-4721>; aelestel@mail.ru

Ppyotr N. Proezdov, DSc (Agro), Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction, e-mail: ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7931-7980>; toxa_19@mail.ru

Olga B. Sokolskaya, DSc (Agro), Professor of the Department of Forestry and Landscape Construction, e-mail: ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1723-1289>; sokolokaya.olg@yandex.ru

Alexander V. Rozanov, CSc. (Phys-Math), Associate Professor of the Department "Digital control of processes in AIC"; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2144-4255>; arosanov@yandex.ru

Vergunova A.A., Proezdov P.N., Sokolskaya O.B., Rozanov A.V. performed practical and theoretical research, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism.