

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ
НА ДЕКОРАТИВНОСТЬ *CAMPANULA ALLIARIIFOLIA*
В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕО.В. ЛАСТОЧКИНА¹, А.А. РЕУТ², А.Р. БИГЛОВА², И.Н. АЛЛАЯРОВА²

(¹Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра РАН;
²Южно-Уральский ботанический сад-институт
Уфимского федерального исследовательского центра РАН)

Campanula alliariifolia Willd. – перспективная декоративная культура для контейнерного озеленения населенных пунктов. Вид включен в Красную книгу Волгоградской области. Целью исследований явилось изучение влияния *Bacillus subtilis* в отдельности и в композиции с салициловой кислотой на декоративные качества колокольчика. Опыт проводили в культуре на базе коллекционного участка ботанического сада-института в 2021–2022 гг. Изучено влияние регуляторов роста на фенологию, динамику роста, некоторые морфометрические показатели, уровень индивидуальной изменчивости и оценку декоративных качеств *C. alliariifolia*. При анализе динамики роста показано, что в период изучения максимальный прирост в сутки отмечен у инокулированных *B. subtilis* растений. Уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей колебался от 6,1 (толщина листа при *B. subtilis*) до 87,9% (число цветков в соцветии при комбинации *B. subtilis* с салициловой кислотой). При двухфакторном дисперсионном анализе выявлено, что влияние фактора А (сезонная изменчивость) значимо для высоты цветка и растения, длины и ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии. Доля дисперсии параметров колебалась от 35,8 до 83,9%. Воздействие фактора В (разные варианты опыта) и А×В статистически значимо только для диаметра цветка. Средняя корреляционная связь есть только между диаметром и высотой цветка. Сильно связаны между собой только признаки цветка. Исследования показали, что оптимальным вариантом для повышения оценки декоративности, а также обилия цветения и плотности соцветий *C. alliariifolia* является инокуляция растений *B. subtilis*.

Ключевые слова: колокольчик чесночницелистный, оценка декоративности, салициловая кислота, *Bacillus subtilis*, динамика роста.

Введение

Одним из вариантов рационального использования природных ресурсов, обогащения ассортимента декоративных травянистых растений и сохранения всего многообразия видов является выращивание их в культуре. Определенный интерес для настоящего исследования представляет *Campanula alliariifolia* Willd. – кавказско-малоазиатский вид, встречающийся в Закавказье и на Большом Кавказском хребте. Произрастает преимущественно на известняковых склонах, типично среднегорно-лесной вид [1]. Включен в Красную книгу Волгоградской области [2, 3].

В настоящее время самым дешевым и доступным механизмом для улучшения продуктивности и устойчивости растений в стрессовых ситуациях является

использование биологических препаратов на основе микроорганизмов (PGPB – plant growth-promoting bacteria) *Bacillus subtilis*, которые, не вызывая негативного влияния на здоровье человека и окружающую среду, могут помочь растениям простимулировать их природные защитные внутренние механизмы [4–6].

В мире постоянно проводятся исследования по выявлению современных препаратов, которые могут положительно влиять на развитие и рост растений и в то же время не наносят вред самим культурам [7, 8]. Таким требованиям полностью соответствует фитогормон салициловая кислота (СК), которая способствует устойчивости растению к действию неблагоприятных факторов и обладает механизмами стресс-протекторного эффекта [9, 10].

Цель исследований: подбор биопрепаратов для повышения стрессоустойчивости и декоративных качеств *Campanula alliariifolia* Willd в условиях Башкирского Предуралья.

В задачи исследований входило определение оптимального варианта опыта для выращивания колокольчика чесночницелистного в открытом грунте, когда будет наблюдаться увеличение продолжительности и обилия цветения и повышение декоративности.

Материал и методы исследований

C. alliariifolia – многолетнее густоопушенное растение высотой до 70 см. Белые цветки собраны в длинную однобокую кисть. Вид применяется в альпинариях, рокариях, контейнерных посадках. После цветения растение можно срезать, что стимулирует появление новых побегов и вторичное цветение [11, 12]. Образцы *C. alliariifolia* получены семенами по делектусу из Германии в 2003 г.

По среднемноголетним данным, климат района исследований характеризуется такими показателями: безморозный период – 130–135 суток; среднегодовая температура воздуха составляет +3,7°C, средняя температура июля – +18°C, средняя температура января – –14,5°C; отрицательные средние месячные температуры – 5 месяцев в году; сумма осадков – 589 мм. В июле наблюдается наибольшее количество осадков, в марте – наименьшее. Постоянный снежный покров формируется в ноябре и держится в среднем 156 суток [13].

В 2021 г. среднесуточная температура в день, и ночью была выше на 1°C, чем в 2022 г.; ясных дней было больше на 19, облачных – на 9 дней; осадков было меньше на 28 дней. В частности, температура в мае 2021 г. была на 11°C днем и на 5°C ночью выше, чем в 2022 г., в июне – выше на 6°C днем и 2°C ночью, в августе – на 3°C днем и 2°C ночью. В мае и июне 2021 г. осадков было на 16%, в июле – на 7%, в августе – на 15% меньше, чем в 2022 г. [14].

Для выявления воздействия бактерии *Bacillus subtilis* ВКПМ (10^5 КОЕ/мл) (далее – Bs) и ее комбинации с салициловой кислотой (0,05 мм (миллимоль)) (далее – СК) на морфологические параметры *C. alliariifolia* в условиях открытого грунта был поставлен опыт на участках ЮУБСИ УФИЦ РАН. Почвы опытных участков – серые и темно-серые лесные. Пахотный слой почвы имеет следующую агрохимическую характеристику: pH – 6,5; гумус – 6,1%; нитратный азот – 6,0 мг/кг; содержание подвижных форм фосфора – 176,0 мг/кг; калия – 145,0 мг/кг. Инокуляцию бактериями проводили ежегодно в период отрастания растений однократным поливом под корень (21.05.2021 г. и 23.05.2022 г.).

Штамм *B. subtilis* 10–4 ранее был детально охарактеризован [15, 16] и депонирован в БРЦ ВКПМ (№ В-12988 от 23.06.2019 г.).

Фенологические наблюдения проведены по общеизвестной методике [17]. Динамика роста изучена путем измерения высоты 30 шт. растений во всех вариантах опыта каждые 10 дней. При определении оценки декоративных качеств растений использовали стандартную методику [18]. По разработке А.С. Кашина и др. [19] вычисляли плотность соцветия растений.

При проведении анализа экспериментальных данных использовали методы описательной статистики в Excel с пакетом программ AgCStat. Сравнение средних проведено по методу теста Фишера.

Результаты и их обсуждение

Согласно стандартным фенологическим наблюдениям *C. alliarifolia* начинает отрастать в первой декаде мая. Наиболее раннее отрастание во всех вариантах опыта наблюдали в 2021 г. (3 мая). Самый короткий период от начала весеннего отрастания до наступления фазы цветения отмечали в контрольном варианте (К) в 2021 г. (49 суток); наиболее длительный период – в варианте с бактериализации (Bs) в 2022 г. (56 суток).

Во всех вариантах опыта раннее наступление фазы бутонизации отмечено в 2021 г. (4 июня), позднее – в 2022 г. (12 июля). Продолжительность фазы бутонизации варьировала от 13 (К и при бактериализации в комбинации с салициловой кислотой (Bs+СК), 2022 г.) до 24 суток (Bs, 2021 г.).

Наиболее ранние сроки фазы цветения зафиксированы в контрольном варианте (22 июня 2021 г.), а самые поздние – при бактериализации (29 июня 2022 г.). Длительность фазы цветения колебалась от 61 (Bs, 2022 г.) до 73 суток (К, 2021 г.) (рис. 1).

Таким образом, у *C. alliarifolia* в вариантах опыта с бактериями (Bs) и совместно с салициловой кислотой (Bs+СК) произошло увеличение продолжительности фазы бутонизации и периода от отрастания до начала цветения на 3–6 суток; сократилась длительность цветения на 3–6 суток.

При проведении анализа динамики роста *C. alliarifolia* в 2021 г. выделены варианты с различной интенсивностью суточного прироста в течение вегетационного сезона: с 2 пиками роста – в контрольном варианте в фазы отрастания и цветения; с 3 пиками роста – при Bs и Bs+СК в фазы отрастания и цветения (2 пика). Наибольший суточный прирост зафиксирован при Bs в фазу цветения – 1,5 см в сутки (рис. 2).

В 2022 г. выделены варианты: с 1 пиком роста – при Bs в фазу отрастания; с 3 пиками роста – при К и Bs+СК в фазы отрастания (2 пика) и цветения. Максимальный прирост отмечен при Bs в фазу отрастания – 2,9 см в сутки.

Выявлено, что у *C. alliarifolia* за период изучения максимальные показатели высоты растений и соцветия, длины листа, диаметра и высоты цветка отмечены в варианте с бактериями, минимальные – в контроле, за исключением высоты растений и диаметра цветка, где наименьшие значения встречаются при Bs+СК (табл. 1). Максимальные величины количества листьев, генеративных побегов и цветков в соцветии наблюдаются в контроле, минимальные – при Bs+СК, за исключением числа цветков в соцветии, где наименьшее значение наблюдается с Bs (табл. 2). Толщина листа варьировала от 1,5 (при К) до 2 мм (при Bs+СК).



Рис. 1. Фенологические спектры *Campanula alliarifolia* в ЮУБСИ УФИЦ РАН:

К – контрольный вариант опыта; Bs – вариант с бактериализацией; Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты

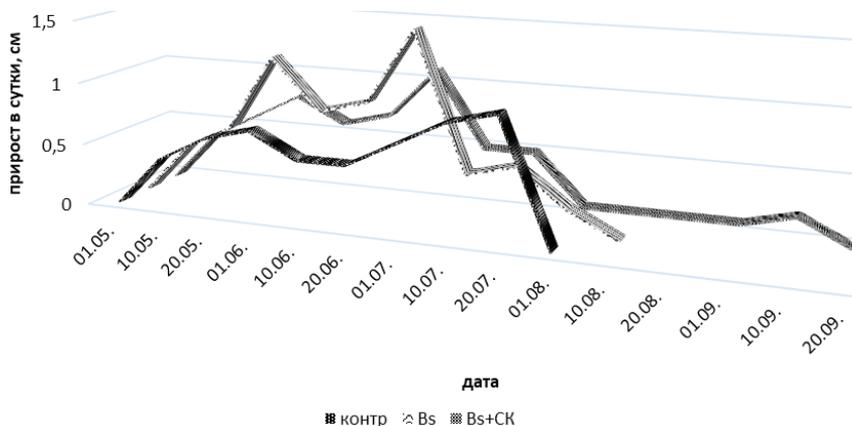


Рис. 2. Динамика роста *Campanula alliarifolia* (2021 г.):
Bs – вариант опыта с бактеризацией;
Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты

Таблица 1

Некоторые морфометрические показатели вегетативных частей *Campanula alliarifolia*

Варианты опыта	Высота растений, см	C_p %	Количество листьев, шт.	C_p %	Длина листа, см	C_p %	Ширина листа, см	C_p %	Толщина листа, мм	C_p %
К	79,3±18,6	56,9	121,5±22,4	45,1	10,8±1,6	36,1	8,8±1,1	30,5	1,5±0,2	24,6
Bs	90,5±12,4	33,6	120,8±26,7	54,2	11,9±0,9	20,1	9,5±0,5	13,1	1,7±0,1	6,1
Bs+СК	77,3±13,3	42,0	90,2±20,1	54,7	11,0±0,9	21,9	7,9±0,9	29,4	2,0±0,2	14,8

Примечание. К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты.

Таблица 2

Некоторые морфометрические показатели генеративных частей *Campanula alliarifolia*

Варианты опыта	Количество генеративных побегов, шт.	C_p %	Количество цветков в соцветии, шт.	C_p %	Диаметр цветка, см	C_p %	Высота цветка, см	C_p %	Высота соцветия, см	C_p %	Плотность соцветия, шт/см
К	19,8±0,1	4,9	78,2±27,8	87,0	2,9±0,1	10,1	2,8±0,2	15,8	40,2±5,2	31,4	2,0
Bs	16,3±0,0	5,6	65,0±21,5	81,1	3,4±0,0	3,6	3,2±0,2	12,2	44,9±4,5	24,3	1,5
Bs+СК	12,5±0,0	3,7	76,3±27,4	87,9	2,5±0,2	20,6	2,9±0,3	25,0	43,5±3,9	22,3	1,8

Примечание. К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактеризацией, Bs+СК – вариант с бактеризацией с добавлением салициловой кислоты.

Таким образом, у *C. allariifolia* бактеризация положительно повлияла на такие морфометрические параметры, как высота соцветия и растения (увеличились на 11 и 14% соответственно), длина листа (на 10%), диаметр (на 17%) и высота цветка (на 14%).

Очень высоким уровнем индивидуальной изменчивости биометрических параметров характеризуются такие показатели, как высота растений в контроле и в варианте Bs+СК, количество листьев и цветков в соцветии во всех вариантах опыта (42–87,9%).

Высокая изменчивость отмечена для высоты растений с бактериями, длины и ширины листа, высоты соцветия в контроле (30,5–36,1%).

Повышенный уровень изменчивости выявлен для показателей высоты цветка, длины и ширины листа в варианте Bs+СК, толщины листа в контроле, высоты соцветия в вариантах Bs+СК и Bs (21,9–29,4%).

Средний уровень изменчивости отмечен для толщины листа и диаметра цветка в варианте Bs+СК, длины и ширины листа с бактериями, высоты цветка в контроле (13,1–20,6%).

Низкий уровень изменчивости выявлен для диаметра цветка в контроле, высоты цветка с бактериями (10,1–12,2%). Очень низким уровнем изменчивости характеризуется толщина листа в варианте с бактериями (6,1%).

Дана оценка микробиогенной и сезонной изменчивости морфометрических показателей с использованием двухфакторного дисперсионного анализа. Выявлено, что влияние фактора А (погодные условия года вегетации, 2021–2022 гг.) значимо для длины и ширины листа, высоты цветка и растения, плотности соцветия и количества цветков в соцветии. Доля дисперсии параметров колеблется от 35,8 до 83,9%. Воздействие фактора В (разные варианты опыта, К, Bs и Bs+СК) и их совместное влияние (А×В) статистически значимы для диаметра цветка (табл. 3).

Сравнительная оценка влияния погодных условий года вегетации, разных вариантов опыта и их совместного воздействия при использовании двухфакторного дисперсионного анализа показывает, что для большинства изученных признаков *C. allariifolia* определяющим является значение вклада сезонной изменчивости. Наибольшая сила влияния этого фактора установлена для высоты растений, ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии (доля дисперсии – от 61,4 до 83,9%); фактор разных вариантов опыта и суммарное действие обоих факторов (А×В) достоверно влияют только на диаметр цветка.

Таблица 3

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа морфометрических показателей *Campanula allariifolia*

Показатель	Год (А), %	Варианты (В), %	Взаимодействие (А×В), %
Высота цветка	35,8	12,4	1,1
Высота растений	62,9	2,8	2,9
Длина листа	39,3	3,1	0,4
Ширина листа	61,4	9,7	5,7
Количество цветков в соцветии	83,9	1,0	0,9
Диаметр цветка	4,5	54,5	22,5
Плотность соцветия	62,6	5,3	0,9

В результате оценки частных различий между изучаемыми вариантами опыта по параметру «Диаметр цветка» на основании теста Фишера выделены 2 однородные группы, между которыми есть статистически значимые различия: в 1 группу относится вариант опыта Bs+СК (2021 г.), во 2 группу – остальные варианты эксперимента (рис. 3). Статистическая значимость различий между отдельными вариантами опыта для остальных изучаемых признаков является несущественной (разность является незначимой).

На основании корреляционного анализа выявлено, что между диаметром и высотой цветка установлена прямая и очень тесная корреляционная зависимость ($r = 0,57$), причем корреляция значима с вероятностью 95% ($p < 0,05$). Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,3210$) показывает, что изменение диаметра цветка на 32,1% обусловлено влиянием высоты цветка (рис. 4).

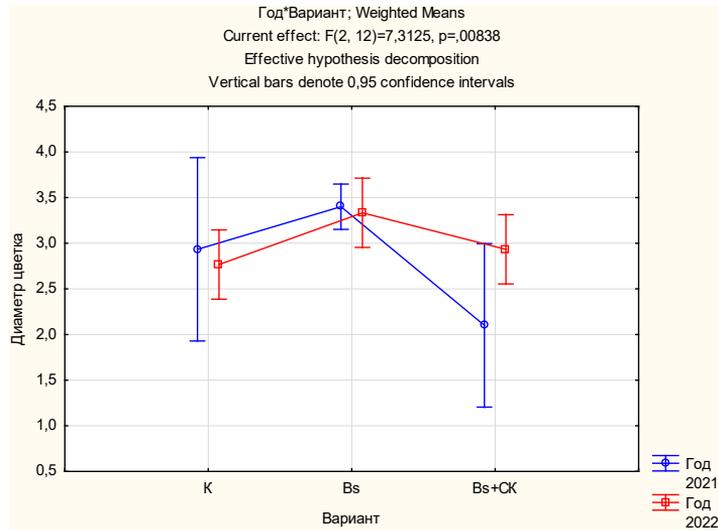


Рис. 3. График средних значений параметра «Диаметр цветка» *Campanula alliariifolia* с доверительными интервалами

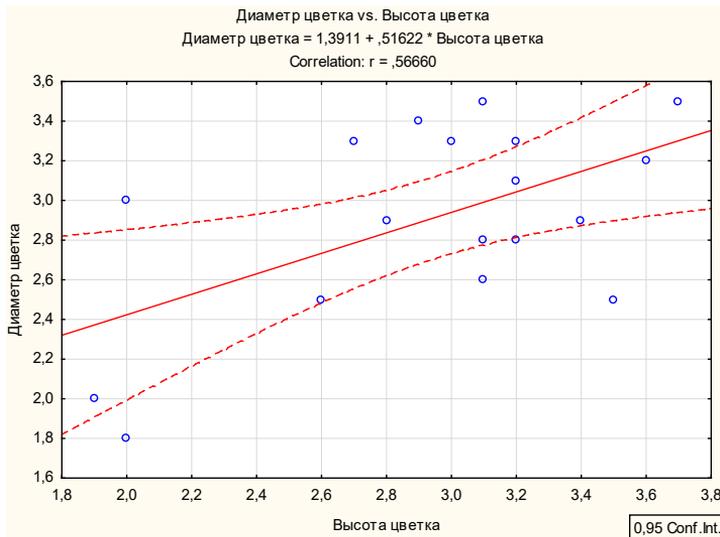


Рис. 4. Теоретическая линия линейной регрессии на корреляционном поле параметров диаметра и высоты цветка *Campanula alliariifolia*

Поскольку на вероятностном графике точки около прямой располагаются на незначительном расстоянии, можно предположить, что методы оценки коэффициентов корреляции и регрессии в целом верно отражают зависимость между диаметром и высотой цветка (рис. 5).

Для объективной количественной оценки декоративных качеств растения была определена площадь проективного покрытия цветочного пятна на куст колокольчика по известной методике (Ефимов С.В., 2014). Для этого подсчитали количество цветков на растении и замерили их диаметры. Используя формулу площади круга, рассчитали площадь покрытия проекции одного цветка, затем умножили на количество цветков на растении и получили площадь проективного покрытия цветочного пятна на куст, м². В результате в числовом выражении можно наглядно увидеть и понять уровень декоративности растения в период цветения.

В целом за исследуемый период максимальную площадь проективного покрытия цветочного пятна на куст у *C. alliarifolia* наблюдали в 2022 г. в варианте опыта Bs+СК (0,096 м²), минимальную – в 2021 г. в этом же варианте (0,002 м²) (табл. 4).

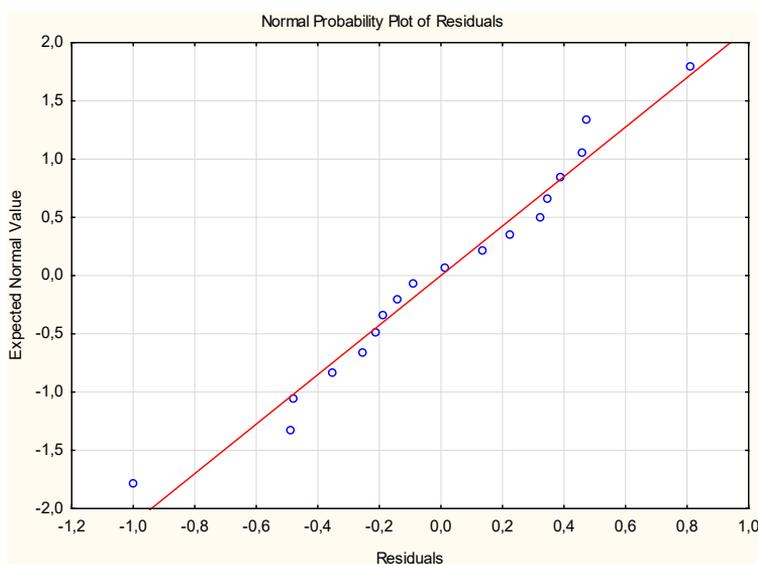


Рис. 5. Нормальный вероятностный график высоты и диаметра цветка *Campanula alliarifolia*

Таблица 4

Площадь, S, проективного покрытия цветочного пятна *Campanula alliarifolia*

Вариант опыта	Диаметр цветка, см	Количество одновременно цветущих цветков в соцветии, шт.	S проективного покрытия одного цветка, м ²	S проективного покрытия цветочного пятна на куст, м ²
К	2,9±0,1	78,2±27,8	0,0007	0,052
Bs	3,4±0,0	65,0±21,5	0,0009	0,059
Bs+СК	2,5±0,2	76,3±27,4	0,0005	0,037

Примечание. К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактериализацией, Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты.

Таким образом, выявлено, что в 2021 г. в варианте опыта с бактериями (Bs), в 2022 г. – с бактериями и добавлением салициловой кислоты (Bs+СК) произошло положительное влияние на увеличение площади проективного покрытия цветочного пятна на куст колокольчика, что в свою очередь повышает декоративные качества растения.

Декоративные качества *C. alliariifolia* оценивали по 100-балльной шкале с определенными переводными коэффициентами в зависимости от значимости признака (табл. 5). При оценке наибольшее количество баллов (89 баллов) получили в варианте опыта с бактериализацией растений (табл. 6).

Таким образом, в результате проведенных исследований было показано, что при инокуляции *C. alliariifolia* бактериями наблюдается положительное влияние на следующие декоративные признаки: длина цветоноса, обилие цветения и плотность соцветия.

Таблица 5

Оценка декоративных качеств *Campanula alliariifolia*, баллы

Варианты	Цвет венчика	Диаметр венчика	Форма венчика	Прочность цветоноса	Плотность соцветия	Аромат цветка	Обилие цветения	Продолжительность цветения	Устойчивость растения к неблагоприятным условиям	Декоративность листьев	Оригинальность растения	Общее состояние растений	Итого
Максимальная оценка в баллах	20	10	5	5	10	5	10	10	10	5	5	5	100
К	20	6	5	4	8	2	7	9	10	4	4	5	84
Bs	20	6	5	5	10	2	9	8	10	4	4	5	89
Bs+СК	20	5	5	5	6	2	9	9	10	4	4	5	85

Примечание. К – контрольный вариант опыта, Bs – вариант с бактериализацией, Bs+СК – вариант с бактериализацией с добавлением салициловой кислоты.

Выводы

Проведенные исследования показали, что у *Campanula alliariifolia* инокуляция *Bacillus subtilis* положительно повлияла на такие признаки, как обилие цветения, плотность соцветия, площадь проективного покрытия цветочного пятна на куст, тем самым улучшая декоративные качества растения.

В результате двухфакторного дисперсионного анализа выявлено, что для большинства изученных параметров колокольчика значение вклада погодных условий года вегетации является определяющим. Максимальная сила влияния этого фактора установлена для высоты растения, ширины листа, плотности соцветия и количества цветков в соцветии (доля дисперсии – от 61,4 до 83,9%); фактор разных вариантов опыта и суммарное действие обоих факторов достоверно влияют только на диаметр цветка.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» № 122033100041–9.

Библиографический список

1. Фомина Т.И. Биоморфологические особенности *Campanula alliariifolia* Willd. (Campanulaceae) при интродукции в лесостепной зоне западной Сибири // Растительный мир Азиатской России. – 2009. – № 2 (4). – С. 7–10.
2. Красная книга Волгоградской области. Ч. 2. Растения и грибы. – Волгоград, 2006. – 236 с.
3. Красная книга Волгоградской области. Ч. 2. Растения и другие организмы. – Волгоград, 2017. – 268 с.
4. Ласточкина О.А., Масленникова Д.Р., Гаршина Д.С. Индукция засухоустойчивости растений *Triticum aestivum* L. (пшеницы) разных агроэкологических групп эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* // Современные вопросы биохимии, генетики и биотехнологии. – 2021. – С. 123–128.
5. Реут А.А., Биглова А.Р., Аллаярова И.Н., Ласточкина О.В. Влияние световых режимов в комбинации с бактериями (*Bacillus subtilis* 10–4) на декоративность лилий // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 3 (192). – С. 19–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-3-19-26.
6. Асадова Р.А.Г. Применение стимуляторов роста растений // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. – 2023. – № 1 (69). – С. 37–44.
7. Якунина А.В., Сеницына Ю.В. Влияние салициловой и янтарной кислот разных концентраций на всхожесть и морфометрические показатели растений овса посевного *Avena sativa* L. и пшеницы твердой *Triticum durum* L. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 54–63.
8. Гулидова В.А., Зубкова Т.В., Дубровина О.А. Влияние фунгицидных протравителей на биометрические и декоративные качества гладиолуса (*Gladiolus* L.) на примере сорта Fire Cracker // Вестник АГАУ. – 2022. – № 11 (217). – С. 29–37.
9. Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Поляков А.К., Дмитриев А.П. Салициловая кислота и формирование адаптивных реакций растений на абиотические стрессоры: роль компонентов сигнальной сети // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – № 55. – С. 135–165. DOI: 10.17223/19988591/55/8.
10. Клименко О.Е., Александрова Л.М., Клименко Н.И., Клименко Н.Н., Евтушенко А.П. Влияние микробных препаратов на биоморфологические показатели тюльпана (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' и плодородие почвы в условиях степного Крыма // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2021. – № 2 (159). – С. 17–28.
11. Аллаярова И.Н., Миронова Л.Н. Биологические особенности представителей рода *Campanula* L. при интродукции в Башкирском Предуралье // Вестник ИРГСХА. – 2011. – № 44–2. – С. 14–20.
12. Черятова Ю.С., Пашалиев З.Л., Разуваева Д.Г. К вопросу о сохранении биоразнообразия растений *in situ* // Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2022. – № 11 (52). – С. 18–24.
13. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Биологические особенности некоторых представителей рода *Ocimum* (базилик) в Башкирском Предуралье // Известия ТСХА. – 2023. – № 1. – С. 20–26. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-20-26.
14. World Weather. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://world-weather.ru/>.
15. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M., Garipova S., Blagova D., Khairullin R., Aliniaiefard S. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity // Plant physiology and biochemistry. – 2017. – Vol. 121. – Pp. 80–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.020>.
16. Lastochkina O., Aliniaiefard S., Garshina D., Garipova S., Pusenkova L., Allagulova C., Fedorova K., Baymiev A., Koryakov I., Sobhani M. Seed priming

with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages // Journal of Plant Physiology. – 2021. – № 263 (153462). – Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153462.

17. Черемушкина В.А., Барсукова И.Н. Ритм сезонного развития и малый жизненный цикл *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) в Хакасии // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Биология». – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 94–108.

18. Ефимов С.В. Комплексное изучение и оценка морфологических признаков пиона (*Paeonia* L.) при интродукции // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66), № 5. – С. 47–62.

19. Кашин А.С., Крицкая Т.А., Петрова Н.А., Шилова И.В. Методы изучения ценопопуляций цветковых растений: Учебно-методическое пособие для магистров биологического факультета. – Саратов, 2015. – 127 с.

EFFECT OF BACTERIA AND SALICYLIC ACID ON THE ORNAMENTALNESS OF *CAMPANULA ALLIARIIFOLIA* IN THE BASHKIR CIS-URAL REGION

O.V. LASTOCHKINA¹, A.A. REUT², A.R. BIGLOVA², I.N. ALLAYAROVA²

(¹Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences;

²South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences)

Campanula alliariifolia Willd. is a promising ornamental crop for container gardening in human settlements. The species is listed in the Red Data Book of the Volgograd region. The aim of the work is to study the effect of *Bacillus subtilis* alone and in combination with salicylic acid on the decorative qualities of the *Campanula alliariifolia*. The experiment was carried out in culture based on the collection site of the South-Ural Botanical Garden-Institute in 2021–2022. The effect of growth regulators on the phenology, growth dynamics, some morphometric indicators, the level of individual variability and the evaluation of the decorative qualities of *C. alliariifolia* was studied. The analysis of growth dynamics showed that during the study period, the maximum increase per day was observed in plants inoculated with *B. subtilis*. The degree of individual variability of the biometric parameters ranged from 6.1 (leaf thickness with *B. subtilis*) to 87.9% (number of flowers in an inflorescence with the combination of *B. subtilis* with salicylic acid). A two-factor analysis of variance showed that the effect of factor A (seasonal variability) was significant for flower and plant height, leaf length and width, inflorescence density and number of flowers in an inflorescence. The proportion of variance of the parameters ranged from 35.8 to 83.9%. The effect of factor B (different experimental options) and A×B is statistically significant only for flower diameter. There is only an average correlation between the diameter and the height of the flower. Only the flower characteristics are strongly related to each other. The study showed that the optimal option for increasing the scores for ornamentality, flowering frequency and inflorescence density of *C. alliariifolia* is to inoculate the plants with *B. subtilis*.

Keywords: *Campanula alliariifolia* Willd., evaluation of ornamentality, salicylic acid, *Bacillus subtilis*, growth dynamics.

References

1. Fomina T.I. Biomorphological peculiarities of *Campanula alliariifolia* Willd. (Campanulaceae) introduced in the forest-steppe zone of west Siberia. *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii*. 2009;2(4):7–10. (In Russ.)

2. *Red Data Book of the Volgograd region. Part 2. Plants and fungi.* Volgograd, Russia, 2006:236. (In Russ.)
3. *Red Data Book of the Volgograd region. Part 2. Plants and other organisms.* Volgograd, Russia, 2017:268. (In Russ.)
4. Lastochkina O.V., Maslennikova D.R., Garshina D.Y. Induction of drought tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat) plants of different agroecological groups by endophytic bacteria *Bacillus subtilis*. *III Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem "Sovremennye problemy biokhimii, genetiki i biotekhnologii"*, Ufa, September 21–23, 2021. Ufa, Russia: Bashkir State University, 2021:123–128. (In Russ.)
5. Reut A.A., Biglova A.R., Allayarova I.N., Lastochkina O.V. The influence of light regimes in combination with bacteria (*Bacillus subtilis* 10–4) on the *lilium* decorative qualities. *Bulletin of KSAU*. 2023;3(192):19–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-3-19-26>
6. Asadova R.A.G. Application of plant growth stimulants. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. M. Akmully*. 2023;1(69):37–44. (In Russ.)
7. Yakunina A.B., Sinitsina Yu.V. The effects of different concentration of salicylic and succinic acids on the germination and morphometric parameters of oat *Avena sativa* L. and wheat *Triticum durum* L. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2023;16(1):54–63. (In Russ.)
8. Gulidova V.A., Zubkova T.V., Dubrovina O.A. Effect of fungicidal protectants on biometric and ornamental qualities of gladiolus (*Gladiolus* L.): the case of Fire Cracker variety. *Vestnik AGAU*. 2022;11(217):29–37. (In Russ.)
9. Kolupaev Yu.E., Yastreb T.O., Polyakov A.K., Dmitriyev A.P. Salicylic acid and the formation of adaptive plant responses to abiotic stressors: role of signaling network components. *Tomsk State University journal of Biology*. 2021;55:135–165. (In Russ.) <https://doi.org/10.17223/19988591/55/8>
10. Klimenko O.E., Alexandrova L.M., Klimenko N.I., Klimenko N.N., Yevtushenko A.P. Influence of microbial preparations on biomorphological indicators of tulip (*Tulipa* L.) ‘Anna Krasavitsa’ and soil fertility under steppe Crimea conditions. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2021;(159):17–28. (In Russ.)
11. Allayarova I.N., Mironova L.N. Biological features of the genus *Campanula* L. representatives by their introduction in the Bashkir Urals. *Vestnik IRGShA*. 2011;44–2:14–20. (In Russ.)
12. Cheryatova Yu.S., Pashaliev Z.L., Razuvaeva D.G. To the question of plant biodiversity conservation in situ. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2022;11(52):18–24. (In Russ.)
13. Anishchenko I.E., Zhigunov O.Yu. Biological features of some representatives of the *Ocimum* genus in the Bashkir Cis-Urals. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy (TAA)*. 2023;(1):20–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-20-26>
14. World Weather. (In Russ.) [Electronic source] URL: <https://world-weather.ru/>
15. Lastochkina O., Pusenkova L., Yuldashev R., Babaev M. et al. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity. *Plant physiology and biochemistry*. 2017;121: 80–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.10.020>
16. Lastochkina O., Aliniaiefard S., Garshina D., Garipova S. et al. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages. *Journal of Plant Physiology*. 2021;263(153462):1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153462>
17. Cheremushkina V.A., Barsukova I.N. Rhythm of seasonal development and minor life cycle of *Prunella vulgaris* L. (Lamiaceae) in Khakasia. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2020;13(1):94–108. (In Russ.)

18. Efimov S.V. Complex studying and evaluation the morphological features of peony (*Paeonia l.*) During introduction process Comprehensive study and evaluation of the morphological features of the Peony (*Paeonia L.*) during introduction process. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya "Biologiya, khimiya"*. 2014;27(66):5:47–62. (In Russ.)

19. Kashin A.S, Kritskaya T.A, Petrova N.A, Shilova I.V. *Methods for studying cenopopulations of flowering plants: teaching aid for masters of the Biology Faculty.* [Electronic source] Saratov, Russia, 2015:127. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ласточкина Оксана Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярных механизмов устойчивости растений к стрессам Института биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450054, Российская Федерация, г. Уфа, пр. Октября, 71; e-mail: oksanaibg@gmail.com; тел.: (347) 235–60–88

Реут Антонина Анатольевна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: cvetok.79@mail.ru; тел.: (347) 286–12–33

Биглова Айгуль Радиковна, инженер I категории лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: ajgul.biglova@mail.ru; тел.: (347) 286–12–33

Аллаярова Ирина Нагимовна, канд. биол. наук, младший научный сотрудник лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук; 450080, Российская Федерация, г. Уфа, ул. Менделеева, 195/3; e-mail: AllayarovaIrina@yandex.ru; тел.: (347) 286–12–33

Information about the authors

Oksana V. Lastochkina, CSC (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Molecular Mechanisms of Plant Stress Resistance, Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (71 Octyabrya Ave., Ufa, 450054, Russian Federation; phone: (347) 235–60–88; e-mail: oksanaibg@gmail.com)

Antonina A. Reut, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: cvetok.79@mail.ru)

Aigul R. Biglova, Engineer of the 1st category at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: ajgul.biglova@mail.ru)

Irina N. Allayarova, CSc (Bio), Junior Research Associate at the Laboratory of Floriculture and Selection, South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (195/3 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russian Federation; phone: (347) 286–12–33; e-mail: AllayarovaIrina@yandex.ru)