

Влияние факторов среды на вегетативное размножение лилий

А. Р. Биглова¹, И. Н. Аллаярова¹, А. А. Реут¹✉, О. В. Ласточкина²

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: cvetok.79@mail.ru

Аннотация. Для изучения влияния спектрального состава света на процессы жизнедеятельности растений наиболее удачным источником освещения являются светоизлучающие диоды, которые позволяют получать световые волны определенной длины. В настоящее время большие перспективы связаны с разработкой микробных биопрепаратов на основе эндофитных штаммов бактерий рода *Bacillus*, которые населяют внутренние ткани без вреда для хозяина. В статье приводятся результаты исследований влияния красного, синего, красного + синего и белого спектров света в комбинации с эндофитными штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4 на вегетативное размножение *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения без доступа солнечного света. **Цель работы** – выявление оптимальных условий для получения качественного посадочного материала лилий. **Методы.** Свет обеспечивали светодиодные модули. Луковицы лилий для опытных вариантов перед посадкой замачивали в растворе *B. subtilis* 10-4. **Научная новизна.** Впервые выявлена специфичность в формировании вегетативных и генеративных органов культивара, а также в цикле сезонного развития в зависимости от вариантов освещения. **Результаты.** Показано, что для получения бульбочек в качестве материала для вегетативного размножения *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный световой спектр без обработки луковиц бактериями; для получения деток-луковичек – синий диапазон в комбинации со штаммами бактерий. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали, что наибольшая сила влияния фактора «световой режим» выявлена для высоты бульбочек и их числа, а фактора «обработка луковиц *B. subtilis* 10-4» – для диаметра бульбочек и длины листочков бульбочек. Достоверный максимум суммарного вклада обоих факторов (А × В) отмечен для ширины листочков бульбочек и числа деток-луковичек. **Ключевые слова:** *Lilium × hybrida* Trendy Savannah, вегетативное размножение, светодиодные лампы, спектр излучения, бульбочки, детки-луковички.

Для цитирования: Биглова А. Р., Аллаярова И. Н., Реут А. А., Ласточкина О. В. Влияние факторов среды на вегетативное размножение лилий // Аграрный вестник Урала. 2022. № 06 (221). С. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-27-36.

Дата поступления статьи: 07.04.2022, **дата рецензирования:** 20.04.2022, **дата принятия:** 29.04.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Лилии относятся к числу высокодекоративных многолетников, популярность которых непрерывно увеличивается в связи с разработкой и освоением методов получения цветущих растений в зимние месяцы [1, с. 111]. Вегетативный способ размножения является традиционным для луковичных культур, при котором сохраняются сортовые качества материнского растения.

Существуют виды и сорта лилий, у которых в пазухах листьев или в зоне соцветия при нарушении развития цветков образуются бульбочки – ор-

ганы вегетативного размножения. Их величина и количество зависят от сортовых особенностей и агроклиматических условий. Кроме того, у многих стеблекорневых лилий на подземной части стебля либо на донце взрослой луковицы образуются подземные стеблевые детки-луковички [2, с. 51].

Для эффективного вегетативного размножения сортов лилий необходимо применение научно обоснованных и экономически выгодных приемов интенсификации технологии возделывания культур. Низкий естественный уровень освещения в теплицах и короткий зимний день не удовлетворя-

ют необходимой потребности растений в световой энергии [3, с. 45]. Для изучения влияния спектрального состава света на процессы жизнедеятельности растений наиболее удачным источником освещения являются светоизлучающие диоды, которые позволяют получать световые волны определенной длины волны [4, с. 34].

Проведенный анализ имеющихся в литературе данных по светокультуре растений с применением светодиодов показал, что научные исследования декоративных растений в данном направлении немногочисленны, а по лилиям в условиях закрытого грунта совсем отсутствуют.

Использование монохромного освещения при выгонке луковичных растений может иметь как положительное, так и негативное влияние на декоративность [5, с. 542]. Наблюдаемые различными авторами противоречивые результаты по воздействию тех или иных участков спектра на морфологические реакции различных растений в культуре ткани могут быть объяснены в первую очередь физиологическими особенностями культиваров [6, с. 124]. Таким образом, результаты, полученные в данном направлении, имеют в настоящее время разрозненный и несистематизированный характер и требуют уточнения, многие эффекты являются неизученными, а предмет исследования в целом требует более углубленного изучения.

Нередко для улучшения роста, защиты от патогенов и декоративности луковичных растений используют минеральные и органические удобрения, стимуляторы роста, биологически активные вещества и др. [7, с. 20]. Один из способов улучшения декоративности – создание полезных микробно-растительных взаимодействий в ризосфере на основе применения микробных препаратов [8, с. 31; 9, с. 15].

Известно, что экологически безопасным приемом повышения продуктивности и устойчивости является обработка интродуцентов микроорганизмами, способными контролировать развитие фитопатогенов и стимулировать рост растений [10, с. 58]. В настоящее время большие перспективы связаны с разработкой микробных биопрепаратов на основе эндофитных штаммов бактерий *Bacillus subtilis*, которые способны колонизировать в ткани растений-хозяев и изнутри влиять на их метаболизм в ходе всего вегетационного периода, сохраняя защитный потенциал на последующие годы [11, с. 581; 12, с. 399].

Для эффективного вегетативного размножения декоративных сортов лилий подбор оптимальных источников освещения в комбинации с полезными стимулирующими рост бактериями особенно актуален на данный момент.

Цель исследования – выявление оптимальных условий для интенсификации размножения

Lilium × hybrida Trendy Savannah при использовании светодиодных ламп в комбинации с эндофитными штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4.

Методология и методы исследования (Methods)

Объект исследований – *Lilium × hybrida* Trendy Savannah – декоративное многолетнее луковичное растение семейства *Liliaceae* Juss., азиатский гибрид. Цветок чашевидной формы, ярко-розовый с эффектом свечения, центр черно-пурпурный. Высота взрослого растения – до 45 см. Сорт неприхотлив, устойчив к грибным заболеваниям, зимостоек [2, с. 52]. Растения в виде луковиц были приобретены в специализированной торговой точке.

Исследования по выращиванию лилий под светодиодными излучателями проводились в закрытом помещении без доступа солнечного света. Опытные культуры произрастали в четырех боксах для выращивания растений (1,5 × 1,5 м), оснащенных светодиодными лампами (LED-equipped growth boxes). В качестве контрольного варианта использовали естественное комнатное освещение. Каждый бокс имел разные световые режимы:

- синий (B) (460 нм);
- белый (W) (35 % синий (400–500 нм), 49 % средний (500–600 нм), 16 % красный (600–700 нм));
- красный (R) (660 нм);
- красный + синий (R + B) (70 % красный (600–700 нм) + 30 % синий (460 нм)).

Свет обеспечивали светодиодные (LED) модули (24-W, Iran Grow Light Co., Iran). Мониторинг спектров проводили с помощью люксметра Sekonic (Sekonic C-7000, Tokyo, Japan). Во всех боксах плотность потока фотосинтетических фотонов (PPFD, photon flux density) (интенсивность света) составляла $250 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Все растения подвергались одинаковому контролируемому условиям, т. е. 16-часовой фотопериод, температура воздуха $22 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха $50 \pm 5 \%$.

Луковицы лилий для опытных вариантов перед посадкой замачивали в течение 30 минут в растворе *B. subtilis* 10-4 (105 КОЕ/ml). Обработанные (Bs) и необработанные (C) луковицы сажали в горшки с торфогрунтом и ставили в камеры роста с белым (W), синим (B), красным (R), красным + синим (R + B) спектрами света и при естественном освещении (Day L). Варианты опытов представлены в таблице 1.

У генеративных особей каждые 7 дней измеряли морфологические показатели роста растений при помощи цифрового штангенциркуля ШЦЦ-I-150-0,01 «Эталон». Математическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова [13, с. 16] с использованием методов дисперсионного анализа с применением программ Excel, Statistica 10 Agros 2.13. Уровень индивидуальной изменчивости определен по эмпирической шкале С. А. Мамаева [14, с. 5].

Таблица 1
Варианты опытов и их расшифровка

Варианты опыта	Расшифровка варианта
C-R	Необработанные луковицы (контроль) в красном спектре
Bs-R	Обработанные луковицы в красном спектре
C-B	Необработанные луковицы (контроль) в синем спектре
Bs-B	Обработанные луковицы в синем спектре
C-W	Необработанные луковицы (контроль) в белом спектре
Bs-W	Обработанные луковицы в белом спектре
C-R+B	Необработанные луковицы (контроль) в варианте красный + синий спектры
Bs-R+B	Обработанные луковицы в варианте красный + синий спектры
C-Day L	Необработанные луковицы (контроль) под лампами дневного света
Bs-Day L	Обработанные луковицы под лампами дневного света

Table 1
Variants of experiments and their decoding

Experience options	Variant decoding
C-R	Untreated bulbs (control) in the red spectrum
Bs-R	Processed bulbs in the red spectrum
C-B	Untreated bulbs (control) in the blue spectrum
Bs-B	Processed bulbs in the blue spectrum
C-W	Untreated bulbs (control) in white spectrum
Bs-W	Processed bulbs in the white spectrum
C-R+B	Untreated bulbs (control) in the red + blue spectrums
Bs-R+B	Processed bulbs in red + blue spectrums
C-Day L	Untreated bulbs (control) under fluorescent lights
Bs-Day L	Processed bulbs under fluorescent lamps

Результаты (Results)

По результатам исследований выявлено, что самое раннее появление бульбочек наблюдали в вариантах C-R, Bs-R и Bs-B (24.05 ± 2 дня), самое позднее – в C-B и Bs-Day L (30.07 ± 2 дня). В вариантах C-Day L и C-R+B бульбочки не образовались (таблица 2).

Наибольшее количество бульбочек сформировалось в варианте C-R (13 шт.), наименьшее – в Bs-W (0,3 шт.). Высота бульбочек варьировала от 0,3 см (Bs-R+B) до 1,3 (C-R); диаметр – от 0,3 см (Bs-R+B) до 1,0 (C-R). Максимальную длину листочков бульбочек наблюдали в варианте C-R (13,9 см), минимальную – в Bs-W (6,2 см); максимальную ширину – в Bs-R и C-W (0,7 см), минимальную – в Bs-Day L (0,2 см).

Таким образом, наилучшие морфометрические показатели бульбочек наблюдали в варианте C-R. Полученные результаты подтверждаются данными других авторов относительно более активного влияния красного спектра на рост и развитие растений [15, с. 1017]. Бактерии положительно повлияли на изменение следующих биометрических показателей: ширина листочков бульбочек в вариантах Bs-B и Bs-R; количество бульбочек и длина их листочков (Bs-B). Кроме того, они ускорили появление бульбочек (Bs-B) и способствовали их образованию

в вариантах Bs-R+B и Bs-Day L. Эти данные согласуются с результатами, полученными другими авторами, где наблюдался положительный эффект досвечивания светодиодными лампами в сочетании с предпосевной обработкой луковиц *B. subtilis* 26Д [16, с. 76].

Самое раннее появление подземных стеблевых деток-луковичек наблюдали в вариантах Bs-R+B и Bs-B (04.06 ± 1 день), самое позднее – в C-B, C-W, C-Day L и Bs-Day L (30.07 ± 2 дня). Полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе данными о более раннем развитии декоративных культур под воздействием синего и красного световых спектров [16, с. 77; 17, с. 173].

Наибольшее количество деток-луковичек сформировалось в варианте Bs-B (2,7 шт.), наименьшее – в C-B (0,3 шт.). Максимальную длину листочков деток-луковичек наблюдали в варианте Bs-B (19,4 см), минимальную – в Bs-W (7,1 см). Наиболее широкие листочки отмечали в вариантах Bs-R+B (1,8 см), наименее – в C-W и C-Day L (по 1,1 см) (таблица 3).

Таким образом, бактерии положительно повлияли на количество деток-луковичек (Bs-B), на длину (Bs-R+B, Bs-B и Bs-Day L) и ширину (Bs-R+B, Bs-W и Bs-Day L) их листочков, а также ускорили появление деток-луковичек (Bs-R+B, Bs-B и Bs-W).

Таблица 2

Биометрические показатели бульбочек лилий

Варианты опыта	Количество, шт.	C _v , %	Высота, см	C _v , %	Диаметр, см	C _v , %	Листочки			
							Длина, см	C _v , %	Ширина, см	C _v , %
C-R	13,0 ± 2,1	27,7	1,3 ± 0,1*	8,7	1,0 ± 0,2	34,6	13,9 ± 0,9*	11,2	0,6 ± 0,0	9,1
Bs-R	11,3 ± 2,4	36,7	0,9 ± 0,1*	15,8	0,5 ± 0,0	9,1	9,4 ± 0,9*	17,0	0,7 ± 0,1	14,3
C-R+B	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bs-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	0,3 ± 0,1	34,6	0,3 ± 0,1	40,8	7,5 ± 0,8	18,0	0,3 ± 0,0*	10,2
C-B	0,7 ± 0,2	43,0	0,8 ± 0,1	12,5	0,6 ± 0,1	16,7	8,0 ± 0,6	12,5	0,3 ± 0,0*	16,7
Bs-B	1,0 ± 0,2	43,0	0,7 ± 0,1	14,3	0,5 ± 0,1	21,5	8,4 ± 2,0	41,0	0,6 ± 0,1*	29,5
C-W	2,0 ± 0,2*	20,0	0,8 ± 0,1	12,5	0,6 ± 0,1*	16,7	12,2 ± 0,6*	9,2	0,7 ± 0,0*	10,3
Bs-W	0,3 ± 0,0*	17,3	0,6 ± 0,1	16,7	0,4 ± 0,0*	12,5	6,2 ± 0,3*	9,7	0,5 ± 0,0*	11,5
C-Day L	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bs-Day L	1,0 ± 0,1	20,0	0,4 ± 0,0*	13,3	0,4 ± 0,0*	6,9	10,6 ± 0,3*	5,7	0,2 ± 0,0	20,0

* Значения достоверны при p = 0,95.

Биология и биотехнологии

Table 2

Biometric indicators of bulbous *Lilium*

Options experiments	Quantity, pcs.	C _v , %	Height, cm	C _v , %	Diameter, cm	C _v , %	Leaflets			
							Length, cm	C _v , %	Width, cm	C _v , %
C-R	13.0 ± 2.1	27.7	1.3 ± 0.1*	8.7	1.0 ± 0.2	34.6	13.9 ± 0.9*	11.2	0.6 ± 0.0	9.1
Bs-R	11.3 ± 2.4	36.7	0.9 ± 0.1*	15.8	0.5 ± 0.0	9.1	9.4 ± 0.9*	17.0	0.7 ± 0.1	14.3
C-R+B	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bs-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	0.3 ± 0.1	34.6	0.3 ± 0.1	40.8	7.5 ± 0.8	18.0	0.3 ± 0.0*	10.2
C-B	0.7 ± 0.2	43.0	0.8 ± 0.1	12.5	0.6 ± 0.1	16.7	8.0 ± 0.6	12.5	0.3 ± 0.0*	16.7
Bs-B	1.0 ± 0.2	43.0	0.7 ± 0.1	14.3	0.5 ± 0.1	21.5	8.4 ± 2.0	41.0	0.6 ± 0.1*	29.5
C-W	2.0 ± 0.2*	20.0	0.8 ± 0.1	12.5	0.6 ± 0.1*	16.7	12.2 ± 0.6*	9.2	0.7 ± 0.0*	10.3
Bs-W	0.3 ± 0.0*	17.3	0.6 ± 0.1	16.7	0.4 ± 0.0*	12.5	6.2 ± 0.3*	9.7	0.5 ± 0.0*	11.5
C-Day L	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bs-Day L	1.0 ± 0.1	20.0	0.4 ± 0.0*	13.3	0.4 ± 0.0*	6.9	10.6 ± 0.3*	5.7	0.2 ± 0.0	20.0

* Values are significant at p = 0.95.

Таблица 3

Биометрические показатели деток-луковичек лилий

Варианты опытов	Количество, шт.	C _v , %	Листочки			
			Длина, см	C _v , %	Ширина, см	C _v , %
C-R	1,7 ± 0,3	34,6	14,7 ± 3,4	40,6	1,3 ± 0,4	61,1
Bs-R	1,7 ± 0,3	34,6	12,7 ± 2,9	40,4	1,2 ± 0,2	28,5
C-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	11,2 ± 0,7*	10,7	1,4 ± 0,0*	3,4
Bs-R+B	1,3 ± 0,3	43,3	17,5 ± 1,6*	15,5	1,8 ± 0,1*	10,4
C-B	0,3 ± 0,0*	17,3	16,1 ± 2,6	27,9	1,7 ± 0,2	23,3
Bs-B	2,7 ± 0,3*	21,7	19,4 ± 1,4	12,4	1,4 ± 0,3	29,7
C-W	1,7 ± 0,3	34,6	15,2 ± 1,3*	15,4	1,1 ± 0,3	45,8
Bs-W	1,0 ± 0,0	0,0	7,1 ± 0,7*	17,5	1,4 ± 0,0	5,5
C-Day L	1,7 ± 0,3	34,6	14,9 ± 1,7	20,2	1,1 ± 0,2	28,6
Bs-Day L	1,3 ± 0,3	43,3	17,7 ± 1,0	9,9	1,4 ± 0,1	18,9

* Значения достоверны при p = 0,95.

Table 3

Biometric indicators of *Lilium* bulb babies

Experiment options	Quantity, pcs.	C _v , %	Leaflets			
			Length, cm	C _v , %	Width, cm	C _v , %
C-R	1.7 ± 0.3	34.6	14.7 ± 3.4	40.6	1.3 ± 0.4	61.1
Bs-R	1.7 ± 0.3	34.6	12.7 ± 2.9	40.4	1.2 ± 0.2	28.5
C-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	11.2 ± 0.7*	10.7	1.4 ± 0.0*	3.4
Bs-R+B	1.3 ± 0.3	43.3	17.5 ± 1.6*	15.5	1.8 ± 0.1*	10.4
C-B	0.3 ± 0.0*	17.3	16.1 ± 2.6	27.9	1.7 ± 0.2	23.3
Bs-B	2.7 ± 0.3*	21.7	19.4 ± 1.4	12.4	1.4 ± 0.3	29.7
C-W	1.7 ± 0.3	34.6	15.2 ± 1.3*	15.4	1.1 ± 0.3	45.8
Bs-W	1.0 ± 0.0	0.0	7.1 ± 0.7*	17.5	1.4 ± 0.0	5.5
C-Day L	1.7 ± 0.3	34.6	14.9 ± 1.7	20.2	1.1 ± 0.2	28.6
Bs-Day L	1.3 ± 0.3	43.3	17.7 ± 1.0	9.9	1.4 ± 0.1	18.9

* Values are significant at p = 0.95.

Уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей значительно различается в зависимости от светового спектра. Очень высоким уровнем изменчивости характеризуются такие параметры, как число и диаметр бульбочек в варианте Bs-R+B; длина листочков и число бульбочек в Bs-B; число бульбочек в K-B; число деток-луковичек в K-R+B, Bs-R+B и Bs-Day L; длина листочков деток-луковичек в K-R и Bs-R; ширина листочков деток-луковичек в K-R и K-W ($C_v = 40,4...61,1\%$).

Высокая изменчивость отмечена для диаметра бульбочек в варианте K-R; числа бульбочек в Bs-R; высоты бульбочек в Bs-R+B; числа деток-луковичек в K-R, Bs-R, K-W и K-Day L ($C_v = 31,2...40,8\%$).

Повышенный уровень изменчивости выявлен для показателей ширины листочков бульбочек, диаметра бульбочек и числа деток-луковичек в варианте Bs-B; числа бульбочек в K-R; длины листочков деток-луковичек в K-B; ширины листочков деток-луковичек в Bs-R, K-B, Bs-B и K-Day L ($C_v = 21,1...30,6\%$).

Средний уровень изменчивости установлен для ширины листочков деток-луковичек в варианте Bs-Day L; числа деток-луковичек в K-B; числа бульбочек в K-W, Bs-W и Bs-Day L; высоты бульбочек в Bs-R, Bs-B, Bs-W и Bs-Day L; диаметра бульбочек в K-B и K-W; длины листочков бульбочек в Bs-R и

Bs-R+B; ширины листочков бульбочек в Bs-R, K-B и Bs-Day L; длины листочков деток-луковичек в Bs-R+B, K-W, Bs-W и K-Day L ($C_v = 13,1...20,9\%$).

Низкий уровень изменчивости выявлен для высоты бульбочек в вариантах K-R, K-B и K-W; диаметра бульбочек в Bs-R и Bs-W; длины листочков бульбочек в K-R, K-B, K-W и Bs-W; ширины листочков бульбочек в K-R, Bs-R+B; K-W и Bs-W; длины листочков деток-луковичек в K-R+B, Bs-B и Bs-Day L ($C_v = 8,1...12,9\%$).

Очень низким уровнем изменчивости характеризуются длина и ширина листочков бульбочек в варианте Bs-Day L; число деток-луковичек в Bs-W; ширина листочков деток-луковичек в K-R+B и Bs-W ($C_v = 0...5,5\%$).

Оценка изменчивости морфометрических параметров проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа. В качестве первого фактора (A) использовали обработку *B. subtilis* 10-4, в качестве второго фактора (B) – разные световые режимы. Дисперсионный анализ показал, что влияние фактора A значимо для высоты и диаметра бульбочек; длины листочков бульбочек. Доля дисперсии признаков варьирует от 19,2 до 31,6% (таблица 4). Влияние фактора A на ширину листочков бульбочек, число деток-луковичек и на длину листочков деток-луковичек не является статистически значимым.

Таблица 4

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа морфометрических показателей лилий

Показатель	Источник варьирования	Ss	Df	ms	F _{факт}	Доля, %
Число бульбочек	Общее	569,1	17	–	–	–
	Bs (A)	4,5	1	4,5	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,8
	Спектр (B)	499,1	2	249,5	43,8	87,7*
	Взаимодействие (A×B)	3,9	2	1,9	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,7
Высота бульбочек	Общее	1,2	17	–	–	–
	Bs (A)	0,2	1	0,2	18,0	19,2*
	Спектр (B)	0,7	2	0,4	29,6	62,9*
	Взаимодействие (A×B)	0,1	2	0,03	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	4,7
Диаметр бульбочек	Общее	0,9	17	–	–	–
	Bs (A)	0,3	1	0,3	12,9	30,6*
	Спектр (B)	0,3	2	0,1	5,8	27,5*
	Взаимодействие (A×B)	0,1	2	0,0	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	9,4
Длина листочков бульбочек	Общее	162,3	17	–	–	–
	Bs (A)	51,3	1	51,3	17,1	31,6*
	Спектр (B)	37,3	2	18,7	6,2	22,9*
	Взаимодействие (A×B)	34,5	2	17,2	5,8	21,3*
Ширина листочков бульбочек	Общее	0,5	17	–	–	–
	Bs (A)	0,0	1	0,0	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	2,2
	Спектр (B)	0,1	2	0,1	9,0	30,9*
	Взаимодействие (A×B)	0,2	2	0,1	12,6	43,3*
Длина листочков деток-луковичек	Общее	576,7	29	–	–	–
	Bs (A)	1,6	1	1,6	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	0,3
	Спектр (B)	154,6	4	38,6	6,0	26,8*
	Взаимодействие (A×B)	188,1	4	47,0	7,4	32,6*
Число деток-луковичек	Общее	14,8	29	–	–	–
	Bs (A)	0,5	1	0,5	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	3,6
	Спектр (B)	0,5	4	0,1	$F_{\text{факт}} < F_{0,5}$	3,1
	Взаимодействие (A×B)	8,5	4	2,1	9,2	57,2*

Примечание. * Влияние фактора достоверно при уровне значимости $P \leq 0,05$.

Table 4
The results of a two-way ANOVA analysis of the morphometric parameters of *Lilium*

Indicator	Source of variation	Ss	Df	ms	F _{fact}	Share, %
Number of bulbs	General	569.1	17	–	–	–
	Bs (A)	4.5	1	4.5	$F_{fact} < F_{0.5}$	0.8
	Spectrum (B)	499.1	2	249.5	43.8	87.7*
	Interaction (A×B)	3.9	2	1.9	$F_{fact} < F_{0.5}$	0.7
Height of bulb	General	1.2	17	–	–	–
	Bs (A)	0.2	1	0.2	18.0	19.2*
	Spectrum (B)	0.7	2	0.4	29.6	62.9*
	Interaction (A×B)	0.1	2	0.03	$F_{fact} < F_{0.5}$	4.7
Diameter of bulb	General	0.9	17	–	–	–
	Bs (A)	0.3	1	0.3	12.9	30.6*
	Spectrum (B)	0.3	2	0.1	5.8	27.5*
	Interaction (A×B)	0.1	2	0.0	$F_{fact} < F_{0.5}$	9.4
Length of bulb leaf	General	162.3	17	–	–	–
	Bs (A)	51.3	1	51.3	17.1	31.6*
	Spectrum (B)	37.3	2	18.7	6.2	22.9*
	Interaction (A×B)	34.5	2	17.2	5.8	21.3*
Width of bulb leaf	General	0.5	17	–	–	–
	Bs (A)	0.0	1	0.0	$F_{fact} < F_{0.5}$	2.2
	Spectrum (B)	0.1	2	0.1	9.0	30.9*
	Interaction (A×B)	0.2	2	0.1	12.6	43.3*
The length of the leaves of onion babies	General	576.7	29	–	–	–
	Bs (A)	1.6	1	1.6	$F_{fact} < F_{0.5}$	0.3
	Spectrum (B)	154.6	4	38.6	6.0	26.8*
	Interaction (A×B)	188.1	4	47.0	7.4	32.6*
Number of onion babies	General	14.8	29	–	–	–
	Bs (A)	0.5	1	0.5	$F_{fact} < F_{0.5}$	3.6
	Spectrum (B)	0.5	4	0.1	$F_{fact} < F_{0.5}$	3.1
	Interaction (A×B)	8.5	4	2.1	9.2	57.2*

Note. * The influence of the factor is significant at the significance level $P \leq 0.05$.

Влияние фактора В значимо для количества бульбочек, высоты и диаметра бульбочек, длины и ширины листочков бульбочек, длины листочков деток-луковичек. Доля дисперсии варьирует от 22,9 до 87,7 %. Влияние фактора В на число деток-луковичек не является статистически значимым.

Совместное воздействие факторов (A × B) значимо для длины и ширины листочков бульбочек, длины листочков деток-луковичек и количества деток-луковичек. Доля дисперсии варьирует от 21,3 до 57,2 %. Влияние факторов (A × B) на число бульбочек, высоту и диаметр бульбочек не является статистически значимым.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

По результатам проведенных исследований выявлено, что использование светодиодных излучателей разного спектра света, а также обработка луковичек лилий эндофитными бактериями имеют прямое влияние на рост, развитие и физиологическое состояние растений.

Показано, что для получения бульбочек в качестве материала для вегетативного размножения *Lilium × hybrida* Trendy Savannah в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный световой спектр без обработки

луковичек бактериями; для получения деток-луковичек – синий диапазон в комбинации со штаммами бактерий *B. subtilis* 10-4.

Выявлено, что уровень индивидуальной изменчивости биометрических показателей вегетативных органов у лилий значительно различается в зависимости от светового спектра. Из изученных количественных признаков очень низким уровнем изменчивости характеризуются длина и ширина листочков бульбочек в варианте Bs-Day L ($C_v = 5,7...6,9 \%$) и число деток-луковичек в Bs-W, а также ширина листочков деток-луковичек в C-R+B и Bs-W ($C_v = 0...5,5 \%$).

Результаты проведенного анализа влияния бактерий *B. subtilis* 10-4, световых спектров и их совместного воздействия на морфометрические параметры органов вегетативного размножения лилий показали, что для большинства рассматриваемых признаков значение вклада светового режима является определяющим.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния бактерий *B. subtilis* 10-4, разных световых спектров и их совместного воздействия на морфометрические параметры лилий показали, что для большинства рассматриваемых признаков значение вклада светового режима является опре-

деляющим. Максимальные показатели силы влияния данного фактора выявлены для высоты и числа бульбочек (доля дисперсии составляет 62,9 и 87,7 % соответственно); а фактора обработки луковиц *B. subtilis* 10-4 – для диаметра и длины листочков бульбочек (доля дисперсии ниже – 30,6 до 31,6 % соответственно). Суммарный вклад обоих факторов (A × B) достоверно влияет только на некоторые морфометрические параметры: максимум отмечен для ширины листочков бульбочек и числа деток-луковичек (доля дисперсии от 43,3 до 57,2 %).

Благодарности (Acknowledgements)

Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией фотосинтеза и световых реакций Те-

геранского университета (г. Тегеран, Иран) доктору биологических наук Сасану Алиниэфарду за предоставление оснащенного светодиодами оборудования для проведения исследований.

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» и в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № FMRS-2022-0072 и частично в рамках государственного задания ИБГ УФИЦ РАН по теме № АААА-А21-121011990120-7.

Библиографический список

1. Данилина Н. Н., Семенова М. В., Енина О. Л. Новая технология сохранения коллекции и особенности агротехники тюльпанов без ежегодной выкопки по результатам многолетнего опыта // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 11 (77). С. 109–119. DOI: 10.23670/IRJ.2018.77.11.021.
2. Реут А. А., Биглова А. Р. Интродукция представителей рода *Lilium* L. на Южном Урале // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов: сборник статей VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 49–53.
3. Евлакова П. М., Бычков А. А., Заплетин В. Ю. Воздействие светодиодных и натриевых облучателей на рост и развитие растений, выращенных методом клонального микроразмножения (*in vitro*) // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020. № 4. С. 43–49.
4. Гиниатуллин Р. Р. Предпосылки исследования светодиодного облучения луковичных цветов // Научный журнал. 2019. № 6 (40). С. 33–35.
5. Amiri A., Kafi M., Kalate-Jari S., Matiniazadeh M. Tulip response to different light sources // The Journal of Animal and Plant Sciences-JAPS. 2018. No. 28 (2). Pp. 539–545.
6. Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Олехнович Л. С., Бидюкова Г. Ф., Енина О. Л., Шелепова О. В. Устойчивость рассады декоративных растений к кратковременному холодному стрессу при воздействии узкоспектрального света // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 54 (1). С. 121–129. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.121rus.
7. 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 // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. № 2 (159). С. 17–28. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-2-159-17-28.
8. Клименко Н. И., Плугатарь Ю. В., Клименко О. Е. Создание полезных растительно-микробных взаимодействий в ризосфере декоративных растений. Симферополь: Ариал, 2019. 108 с.
9. Чайковская Л. А., Ключенко В. В., Баранская М. И., Овсиенко О. Л. Фосфатмобилизующие бактерии в агроценозах Крыма. Симферополь: Ариал, 2018. 156 с.
10. Пась А. Н. Эффективность микробных препаратов при интродукции *Tulipa × hybrida* hort. в условиях предгорного Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 1 (21). С. 56–63. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-56-63.
11. Lastochkina O., Aliniaefard S., Seifikalhor M., Yuldashev R. L., Pusenkova L., Garipova S. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biotic Strategy to Cope with Abiotic Stresses in Wheat // Wheat Production in Changing Environments. 2019. Pp. 579–614. DOI: 10.1007/2F978-981-13-6883-7_23.
12. Сорокань А. В., Бурханова Г. Ф., Максимов И. В. Эндоефитные бактерии *Bacillus subtilis* 26д снижают пораженность растений картофеля фитофторозом, стимулируя транскрипционную активность жасмонат-зависимых генов // Биомика. 2020. Т. 12. № 3. С. 398–403.
13. Куликова А. Х., Яшин Е. А., Яшин А. Е., Волкова Е. С. Влияние органической, органо-минеральной и минеральной систем удобрения на свойства почвы и урожайность озимой пшеницы в Среднем Поволжье // Агротехника. 2022. № 2. С. 13–21. DOI: 10.31857/S0002188122020089.
14. Денисова С. Г., Реут А. А. Изучение влияния адаптогенов на водный режим некоторых сортов рода *Chrysanthemum* L. при интродукции в Башкирском Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 2–13.
15. Маляровская В. И., Коломиец Т. М., Соколов Р. Н., Самарина Л. С. Влияние спектрального состава света на рост и развитие *Lilium caucasicum* в условиях культуры *in vitro* [Электронный ресурс] // Полите-

матический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 94. С. 1016–1026. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).

16. Кондратьева В. В., Воронкова Т. В., Семенова М. В., Олехнович Л. С., Енина О. Л., Шелепова О. В. Влияние узкоспектрального света в сочетании с предпосадочной обработкой луковиц тюльпана «Фитоспорином» на качество при зимне-весенней выгонке тюльпанов // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8 (173). С. 74–79.

17. Gautam P., Terfa M. T., Olsen J. E., Torre S. Red and blue light effects on morphology and flowering of *Petunia × hybrida* // Scientia Horticulturae. 2015. 184. Pp. 171–178. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.01.004.

Об авторах:

Айгуль Радиковна Биглова¹, инженер I категории, ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279; +7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Ирина Нагимовна Аллаярова¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4575-7301, AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, AllayarovaIrina@yandex.ru

Антонина Анатольевна Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Оксана Владимировна Ласточкина², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-3398-1493, AuthorID 631751; тел.: +7 963 901-80-46, oksanaibg@gmail.com

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Influence of environmental factors on vegetative reproduction of *Lilium*

A. R. Biglova¹, I. N. Allayarova¹, A. A. Reut¹✉, O.V. Lastochkina²

¹South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉E-mail: cvetok.79@mail.ru

Abstract. To study the effect of the spectral composition of light on the processes of plant life, the most successful source of illumination is light-emitting diodes, which allow you to receive light waves of a certain length. Currently, great prospects are associated with the development of microbial biological products based on endophytic strains of bacteria of the genus *Bacillus*, which inhabit internal tissues without harm to the host. The article presents the results of studies of the influence of red, blue, red + blue and white light spectra in combination with endophytic strains of *B. subtilis* 10-4 bacteria on the vegetative reproduction of *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah' in a closed room without access to sunlight. **The purpose** of the work is to identify the optimal conditions for obtaining high-quality planting material for liliium. **Methods.** The light was provided by LED modules. The bulbs of *Lilium* for experimental variants were soaked in *B. subtilis* 10-4 before planting. **Scientific novelty.** For the first time, specificity was revealed in the formation of vegetative and generative organs of the cultivar, as well as in the cycle of seasonal development, depending on lighting options. **Results.** According to the results of the conducted studies, it was revealed that to obtain bulblets, as a material for vegetative reproduction of *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah' in a closed room, it is most promising to use the red light spectrum without treating bulbs with bacteria; to obtain baby onions – the blue range in combination with strains of *B. subtilis* 10-4 bacteria. The results of two-factor dispersion analysis showed that the greatest influence of the light mode factor was revealed for the height of bulblets and the number of bulblets and the processing factor of *B. subtilis* bulbs 10-4 – for the diameter of bulblets and the length of the leaves of bulblets. A significant maximum of the total contribution of both factors (A × B) was noted for the width of the leaves of bulblets and the number of baby onions.

Keywords: *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah'; vegetative breeding; LED emitters; emission spectrum; bulblets; baby onions.

For citation: Biglova A. R., Allayarova I. N., Reut A. A., Lastochkina O. V. Vliyaniye faktorov sredy na vegetativnoye razmnozheniye liliy [Influence of environmental factors on vegetative reproduction of *Lilium*] // Agrarian

Bulletin of the Urals. 2022. No. 06 (221). Pp. 27–36. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-221-06-16-26. (In Russian.)

Date of paper submission: 07.04.2022, **date of review:** 20.04.2022, **date of acceptance:** 29.04.2022.

References

1. Danilina N. N., Semenova M. V., Enina O. L. Novaya tekhnologiya sokhraneniya kolleksii i osobennosti agrotekhniki tyul'panov bez ezhegodnoy vykopki po rezul'tatam mnogoletnego opyta [New technology for preserving the collection and features of tulip farming without annual digging based on the results of many years of experience] // International Research Journal. 2018. No. 11 (77). Pp. 109–119. DOI: 10.23670/IRJ.2018.77.11.021. (In Russian.)
2. Reut A. A., Biglova A. R. Introduktsiya predstaviteley roda *Lilium* L. na Yuzhnom Urale [Introduction of representatives of the genus *Lilium* L. in the Southern Urals] // Izucheniye, sokhraneniye i vosstanovleniye estestvennykh landshaftov: sbornik statey VIII Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiyem nauchno-prakticheskoy konferentsii. Volgograd, 2018. Pp. 49–53. (In Russian.)
3. Evlakova P. M., Bychkov A. A., Zapletin V. Yu. Vozdeystviye svetodiodnykh i natriyevykh obluchateley na rost i razvitiye rasteniy, vyrashchennykh metodom klonal'nogo mikrorazmnozheniya (*in vitro*) [Effect of LED and sodium irradiators on the growth and development of plants grown by clonal micropropagation (*in vitro*)] // Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2020. No. 4. Pp. 43–49. (In Russian.)
4. Giniatullin R. R. Predposylki issledovaniya svetodiodnogo oblucheniya lukovichnykh tsvetov [Prerequisites for the study of LED irradiation of bulbous flowers] // Nauchnyy zhurnal. 2019. No. 6 (40). Pp. 33–35. (In Russian.)
5. Amiri A., Kafi M., Kalate-Jari S., Matiniazadeh M. Tulip response to different light sources // The Journal of Animal and Plant Sciences-JAPS. 2018. № 28 (2). Pp. 539–545.
6. Kondrat'yeva V. V., Voronkova T. V., Olekhnovich L. S., Bidyukova G. F., Enina O. L., Shelepova O. V. Ustoychivost' rassady dekorativnykh rasteniy k kratkovremennomu kholodovomu stressu pri vozdeystvii uzkospektral'nogo sveta [Resistance of seedlings of ornamental plants to short-term cold stress under the influence of narrow-spectrum light] // Agricultural Biology. 2019. No. 54 (1). Pp. 121–129. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.121rus. (In Russian.)
7. Klimenko O. E., Aleksandrova L. M., Klimenko N. I., Klimenko N. N., Evtushenko A. P. Vliyaniye mikrobynykh preparatov na biomorfologicheskiye pokazateli tyul'pana (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' i plodorodiye pochvy v usloviyakh stepnogo Kryma [Influence of microbial preparations on the biomorphological parameters of the tulip (*Tulipa* L.) 'Anna Krasavitsa' and soil fertility in the conditions of the steppe Crimea] // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. No. 2 (159). Pp. 17–28. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-2-159-17-28. (In Russian.)
8. Klimenko N. I., Plugatar' Yu. V., Klimenko O. E. Sozdaniye poleznykh rastitel'no-mikrobynykh vzaimodeystviy v rizosfere dekorativnykh rasteniy [Creation of beneficial plant-microbial interactions in the rhizosphere of ornamental plants]. Simferopol: Arial, 2019. 108 p. (in Russian.)
9. Chaykovskaya L. A., Klyuchenko V. V., Baranskaya M. I., Ovsienko O. L. Fosfatmobilizuyushchiye bakterii v agrotsenozakh Kryma [Phosphate mobilizing bacteria in agrocenoses of the Crimea]. Simferopol: Arial, 2018. 156 p. (In Russian.)
10. Pas' A. N. Effektivnost' mikrobynykh preparatov pri introduktsii *Tulipa* × *hybrida* hort. v usloviyakh predgornogo Kryma [The effectiveness of microbial preparations in the introduction of *Tulipa* × *hybrida* hort. in the conditions of the foothill Crimea] // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2020. No. 1 (21). Pp. 56–63. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-56-63. (In Russian.)
11. Lastochkina O., Aliniaefard S., Seifikalhor M., Yuldashev R. L., Pusenkova L., Garipova S. Plant Growth-Promoting Bacteria: Biotic Strategy to Cope with Abiotic Stresses in Wheat // Wheat Production in Changing Environments. 2019. Pp. 579–614. DOI: 10.1007/2F978-981-13-6883-7_23.
12. Sorokan' A. V., Burkhanova G. F., Maksimov I. V. Endofitnyye bakterii *Vacillus subtilis* 26d snizhayut porazhennost' rasteniy kartofelya fitoftorozom, stimuliruya transkriptsionnuyu aktivnost' zhasmonat-zavisimykh genov [Endophytic bacteria *Bacillus subtilis* 26e reduce late blight damage to potato plants by stimulating the transcriptional activity of jasmonate-dependent genes] // Biomika. 2020. Vol. 12. No. 3. Pp. 398–403. (In Russian.)
13. Kulikova A. Kh., Yashin E. A., Yashin A. E., Volkova E. S. Vliyaniye organicheskoy, organo-mineral'noy i mineral'noy sistem udobreniya na svoystva pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v Srednem Povolzh'ye [Influence of organic, organo-mineral and mineral fertilizer systems on soil properties and productivity of winter wheat in the Middle Volga] // Agricultural Chemistry. 2022. No. 2. Pp. 13–21. DOI: 10.31857/S0002188122020089. (In Russian.)

14. Denisova S. G., Reut A. A. Izucheniye vliyaniya adaptogenov na vodnyy rezhim nekotorykh sortov roda *Chrysanthemum* L. pri introduktsii v Bashkirskom Predural'ye [Study of the effect of adaptogens on the water regime of some varieties of the genus *Chrysanthemum* L. when introduced in the Bashkir Cis-Urals] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 11 (202). Pp. 2–13. (in Russian.)
15. Malyarovskaya V. I., Kolomiyets T. M., Sokolov R. N., Samarina L. S. Vliyaniye spektral'nogo sostava sveta na rost i razvitiye *Lilium caucasicum* v usloviyakh kul'tury *in vitro* [Influence of the spectral composition of light on the growth and development of *Lilium caucasicum* under *in vitro* culture] [e-resource] // Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2013. No. 94. Pp. 1016–1026. URL: <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/12.pdf> (date of reference: 15.03.2022). (In Russian.)
16. Kondrat'yeva V. V., Voronkova T. V., Semenova M. V., Olekhovich L. S., Enina O. L., Shelepova O. V. Vliyaniye uzkospektral'nogo sveta v sochetanii s predposadochnoy obrabotkoy lukovits tyul'pana "Fitosporinom" na kachestvo pri zimne-vesenney vygonke tyul'panov [Influence of narrow-spectrum light in combination with pre-planting treatment of tulip bulbs with "Fitosporin" on the quality during winter-spring forcing of tulips] // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 8 (173). Pp. 74–79. (In Russian.)
17. Gautam P., Terfa M.T., Olsen J.E., Torre S. Red and blue light effects on morphology and flowering of *Petunia × hybrida* // Scientia Horticulturae. 2015. 184. Pp. 171–178. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.01.004.

Authors' information:

Aygul R. Biglova¹, engineer of the I category, ORCID 0000-0002-5729-8261, AuthorID 961279;
+7 987 146-81-86, ajgul.biglova@mail.ru

Irina N. Allayarova¹, candidate of biological sciences, junior researcher, ORCID 0000-0002-4575-7301,
AuthorID 908455; +7 937 317-86-78, Allayarowalrina@yandex.ru

Antonina A. Reut¹, candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-4809-6449,
AuthorID 625318; +7 917-465-18-89, cvetok.79@mail.ru

Oksana V. Lastochkina², candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0003-3398-1493,
AuthorID 631751; +7 963 901-80-46, oksanaihg@gmail.com

¹South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia