

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-38-44>
УДК: 635.9:631.547.4

А.И. Соколкина^{1*}, О.Е. Ханбабаева²,
В.Л. Кудусова³, В.Н. Сорокопудов⁴

¹ ФГБОУ ВО Российский Государственный
Аграрный Университет – Московская
Сельскохозяйственная Академия
им. К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА)
127550, РФ, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

² БУ ВО Ханты-Мансийского автономного
округа – Югры Сургутский государственный
университет (БУ ВО «СурГУ»)
628412, Ханты-Мансийский автономный
округ – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

³ ФГБУН Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина Российской
академии наук (ФГБУН ГБС РАН)
127276, РФ, г. Москва, Ботаническая ул., 4

⁴ Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Всероссийский научно-
исследовательский институт лекарственных и
ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР)
117216, РФ, г. Москва, ул. Грина, 7

*Автор для переписки:
sokolkina@rgau-msha.ru

Конфликт интересов. Авторы подтверждают
отсутствие конфликта интересов при написа-
нии данной работы.

Вклад авторов: А.И. Соколкина: проведение
исследований, анализ литературных источни-
ков и методик, написание рукописи.
О.Е. Ханбабаева: научное руководство иссле-
дованием, курирование и валидация данных,
правка и оформление текста. В.Л. Кудусова:
проведение исследований, курирование кол-
лекций в открытом грунте, подготовка и сбор
фотоматериалов. В.Н. Сорокопудов: рецензи-
рование и редактирование рукописи.

Для цитирования: Соколкина А.И., Ханбабаева
О.Е., Кудусова В.Л., Сорокопудов В.Н.
Изучение биологических особенностей цвете-
ния культуры флокс метельчатый (*Phlox
paniculata* L.). *Овощи России*, 2024;(5):38-44.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-38-44>

Поступила в редакцию: 20.05.2024
Принята к печати: 12.09.2024
Опубликована: 27.09.2024

Anastasia I. Sokolkina^{1*}, Olga E. Khanbabayeva²,
Valentina L. Kudusova³, Vladimir N. Sorokopudov⁴

¹ Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural
Academy (RSAU-MTAA)
49, Timiryazevskaya st., Moscow, Russia, 127434

² Surgut State University (SurGU)
1 Lenin Avenue, Surgut, Khanty-Mansi
Autonomous Okrug – Ugra, Russia, 628403

³ Tsitsin's Main Botanical Garden
of the Russian Academy of Sciences
4, Botanicheskaya st., Moscow, 127276, Russian
Federation

⁴ All-Russian Research Institute
of Medicinal and Aromatic Plants
7, Grin str., Moscow, Russia, 117216

*Corresponding Author: sokolkina@rgau-msha.ru

Conflict of interest. The authors declare that there
are no conflicts of interest.

Authors' Contribution: A.I. Sokolkina: conducting
research, analyzing literary sources and methods,
writing the manuscript. O.E. Khanbabayeva: scien-
tific supervision of the study, curation and valida-
tion of data, editing and design of the text. V.L.
Kudusova: conducting research, curating outdoor
collections, preparing and collecting photographic
materials. V.N. Sorokopudov: reviewing and edit-
ing the manuscript.

For citation: Sokolkina A.I., Khanbabayeva O.E.,
Kudusova V.L., Sorokopudov V.N. The research of
the *Phlox paniculata* L. flowering biological fea-
tures. *Vegetable crops of Russia*, 2024;(5):38-44.
(In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-5-38-44>

Received: 20.05.2024
Accepted for publication: 12.09.2024
Published: 27.09.2024

Изучение биологических особенностей цветения культуры флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.)

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. Для удовлетворения спроса отечественного потребителя и эффективного импортозамещения сортов иностранной селекции необходимо выведение новых сортов флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.), обладающих высокой декоративностью, устойчивостью к неблагоприятным факторам среды и неприхотливостью. Условием успешного полового размножения растений для получения новых форм и сортов является продуцирование фертильной, морфологически полноценной пыльцы.

Материал и методика. Цель работы – изучение биологических особенностей цветения и опыления флокса метельчатого в рамках оптимизации селекционного процесса и отбора перспективных родительских пар. Исследования проводили на протяжении 2 лет (2022-2023 годы) в условиях открытого грунта на базе биоресурсной коллекции отечественных сортов флокса метельчатого ГБС РАН им. Н.В. Цицина. Особенности биологии цветения и опыления изучали в фазу массового цветения у 11 отобранных по перспективности для селекции сортов с использованием методов оценки жизнеспособности пыльцы окрашиванием ацетокармином и по методу М. Alexander.

Результаты. В ходе исследований был установлен ряд хозяйственно ценных признаков флокса метельчатого: вариативность строения соцветия и морфологии цветка; длительность цветения (35 и более суток); разные сроки начала цветения (с середины июня до конца августа); способность некоторых сортов к повторному цветению. Установлено, что метод окрашивания пыльцы по Александру более чувствительный, чем окрашивание ацетокармином, и позволяет точнее дифференцировать окрашенные пыльцевые зерна по степени фертильности. Для проведения искусственного опыления и гибридизации у флокса рекомендуется использовать свежую пыльцу, собранную из распустившихся и увядающих цветков. Именно в этих фазах показатель фертильности пыльцы у некоторых сортов превысил 50% от общей массы. В результате исследований выделены наиболее перспективные сорта-опылители с высоким уровнем фертильности пыльцы: Сказка (71,2%), Оленька (63,2%) и Гегеры (66,7%). Установлена перспектива использования сорта Манон как источника мужской стерильности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

флокс метельчатый, биология цветения, синфлоресценция, фертильность пыльцы, морфология цветка

The research of the *Phlox paniculata* L. flowering biological features

ABSTRACT

Relevance. To meet the demand of the domestic consumer and the effective import substitution of foreign breeding varieties, Garden phlox (*Phlox paniculata* L.) needs to breed new varieties with high decorative properties, stability and unpretentiousness. A prerequisite for successful generative reproduction of flowering plants to obtain new forms and varieties is the production of fertile, morphologically complete pollen.

Methodology. The purpose of this work is to study the biological features of garden phlox flowering and pollination as part of the breeding process optimization and selecting promising parent pairs. The research was carried out for 2 years (2022-2023) in open ground conditions on the basis of the garden phlox domestic varieties bioresource collection on the territory of the Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences. The peculiarities of the varieties flowering and pollination biology, by assessing the viability of pollen, were studied during the mass flowering phase in 11 varieties selected for their prospects for breeding using methods for assessing pollen viability by staining pollen with acetocarmine and using the M. Alexander method.

Results. During the research, a number of garden phlox economically valuable features were established: variability structure of the inflorescence and flower morphology; duration of flowering (35 days or more); different periods of flowering (from mid-June to the end of August); the ability of some varieties to bloom again. It was found that the Alexander's pollen staining method is more sensitive than acetocarmine staining, and allows for more accurate differentiation of colored pollen grains according to their fertility degree. For artificial pollination and hybridization in phlox, it is recommended to use fresh pollen collected from blooming and fading flowers, since it is in these phases that the pollen fertility index in some varieties exceeded 50% of the total weight. According to the results of the conducted research, the most promising pollinator varieties with a high level of pollen fertility were identified: Skazka (71.2%), Olenka (63.2%) and Gegery (66.7%). The prospect of using the Manon variety as a source of male sterility has been established.

KEYWORDS:

Phlox paniculata, flowering biology, synflorescences, pollen fertility, flower morphology

Введение

Флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.) — это многолетнее травянистое растение семейства Синюховые (*Polemoniaceae* Juss.), родиной которого является Северная Америка [1, 2]. Флокс имеет прямостоячий стебель, достигающий высоты 2 метра, цельнокрайние листья, сидячей ланцетной или овально-ланцетной формы, правильные цветки, собранные в метельчатые соцветия, различные по размеру, плотности и форме, цветение длительное [1]. В средней полосе РФ флокс зарекомендовал себя как эффектное садовое высокодекоративное растение, выращиваемое в отечественных садах уже более 100 лет [2, 3].

Флокс метельчатый — перспективная декоративная культура для использования в озеленении: благодаря разнообразию сортов и окрасок, неприхотливости, морозостойкости и приспособленности к различным типам почв [2, 4].

В условиях импортозамещения особенно важно проводить целенаправленную селекцию данной культуры для получения устойчивых к городским условиям, вредителям и болезням новых отечественных сортов, способных не только удовлетворить отечественного потребителя, но и составить серьёзную конкуренцию популярным иностранным селекционным достижениям [5, 6].

Обязательным условием успешного полового размножения цветковых растений для получения новых форм и сортов является продуцирование фертильной, морфологически полноценной пыльцы. Данный процесс контролируется ядерными и цитоплазматическими генами, при нарушении работы которых в ходе мутаций происходят аномалии в формировании мужской генеративной сферы. Образование качественной пыльцы является важным фактором, обеспечивающим нормальное оплодотворение и дальнейшее развитие завязавшихся семян [7, 8]. Пыльцевые зерна обладают уникальными биологическими характеристиками и содержат большое количество генетической информации, из-за чего в некоторых исследованиях их предлагают использовать для идентификации видов и сортов некоторых сельскохозяйственных культур [8].

Кроме внутренних механизмов растительного организма на формирование качественных пыльцевых зёрен активно воздействует ряд внешних факторов: температурный и световой режим, влажность и загрязненность среды [7, 9-11]. В современных исследованиях пыльцевой анализ предлагают использовать в качестве компо-

нента фитоиндикации [12]. Связано это с тем, что в пыльце растений, распространенных на загрязненных территориях, наблюдаются негативные изменения структуры пыльцевого зерна, морфологическая незрелость и стерильность [12].

Пыльцевой анализ — это важный метод исследования, позволяющий определять репродуктивный потенциал отбираемых родительских растений. Он основан на изучении морфологических и биологических особенностей пыльцы: структуры экзины, выполненности, фертильности и жизнеспособности пыльцевых зёрен [4, 8, 10]. Определение данных характеристик у цветущих растений, позволяет судить об особенностях процесса полового размножения. Показатели жизнеспособности пыльцевых зёрен при скрещивании самонесовместимых растений напрямую влияют на качество семенной продукции и позволяют прогнозировать объем результативных скрещиваний. Поэтому для оптимизации селекционного процесса важно предварительно определить степень жизнеспособности пыльцы исходного материала.

Все эти характеристики приоритетны при проведении селекционных работ как с целью получения продуктивного потомства, так и наоборот для отбора экземпляров с мужской стерильностью [7, 9]. При повышенной продуктивности родительских особей селекционер имеет возможность получать высокий процент рекомбинации генов в потомстве, что будет влиять на разнообразие доступных для отбора потенциально ценных фенотипически различных образцов [8]. Мужскую же стерильность используют в качестве инструмента контроля и способа оптимизации гибридизации в гибридной селекции растений [7].

Цель данной работы — изучение биологических особенностей цветения и опыления флокса метельчатого с точки зрения оптимизации селекционного процесса и отбора перспективных родительских пар для дальнейшей гибридизации.

Материалы и методы

Исследования проводили на протяжении 2 лет (2022-2023 гг.) на базе биоресурсной коллекции отечественных сортов флокса метельчатого. Коллекция расположена в условиях открытого грунта на территории ГБС РАН им. Н.В. Цицина и представлена 67 сортами отечественной и иностранной селекции. Для данной работы были отобраны 11 сортов, объединенных по срокам цветения (вторая половина июля — начало августа).

Таблица 1. Коллекция (фрагмент) отечественных сортов флокса метельчатого (ГБС РАН им. Н.В. Цицина, куратор Кудусова В.Л., 2022-2023 годы)

Table 1. Collection (fragment) of Garden phlox domestic varieties (Tsitsin's Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, curator V.L. Kudusova, 2022-2023)

№ п/п	Наименование сорта	Оригинатор	Год регистрации
1	Атласный	Берлизов Н.М.	1954
2	Белоснежка	Краснова И.С.	1954
3	Врубель	Репрев Ю.А.	1987
4	Гегеры	Не известен	до 1963
5	Жуковский	Репрев Ю.А.	1982
6	Манон	Бедингауз М.П.	1941
7	Катюша	Краснова И.С.	1952
8	Машуня	Захарова З.Г.	1990
9	Оленька	Гаганов П.Г.	1938
10	Руслан	Гаганов П.Г.	1937
11	Сказка	Гаганов П.Г.	1938

Особенности биологии цветения и опыления данных сортов изучали в фазу массового цветения отобранных образцов согласно общепринятой методике ГСИ и другим [13, 14].

Для исследования пыльцы собирали целые цветки во избежание нарушения целостности пыльников. Сбор, окраска и цитологические исследования проводили в течение одного дня, с целью сохранения пыльников и пыльцевых зерен от высыхания и поражения грибными патогенами. Для анализа формы, размеров, выполненности, фертильности пыльцевых зерен использовали методики окрашивания пыльцы ацетокармином и по Александру [8, 15]. Для каждого сорта окрашивали образцы пыльцы, собранные из окрашенных бутонов, раскрывшегося цветка первых суток цветения и увядающего цветка. Подсчет и измерение осуществлялось в двукратной повторности в 4 полях зрения микроскопа Zeiss Primo Star с помощью USB камеры-адаптера [16].

Результаты и их обсуждение

Морфология цветка. Для многих представителей семейства Синюховые, в том числе для флокса метельчатого, характерны следующие общие черты строения генеративных органов: цветки пазушные, правильные, обополые, собраны в метельчатые соцветия

[15, 17]. Чашечка у флокса трубчатая, с пятью надрезами, разделяющими ее на длинные узкие чашелистики. Венчик тарельчатый от 1,2 до 5,2 см в диаметре, состоит из пяти лепестков (округлой, волнистой, прямоугольной и др. форм) и тонкой цилиндрической трубки, часто отличающейся по окраске от лепестков (рис. 1) [15, 18, 19].

Важно отметить, что согласно методике ГСИ часть морфологических особенностей цветка для флокса метельчатого является сортовым признаком. По характеристикам венчика исследуемые сорта можно классифицировать следующим образом:

- степень развития венчика: у всех исследуемых сортов венчик развит полностью; наглядным примером с недоразвитым венчиком может служить голландская серия сортов Feelings селекционера Рене ван Гаалена;
- диаметр венчика – маленький: Врубель, Жуковский, Машуня, Оленька; среднего размера: Атласный, Белоснежка, Гегеры, Манон, Сказка, Рулан; большой: Катюша;
- расположение лепестков у нормально развитого венчика – слабо перекрываются: Врубель, Жуковский, Манон, Оленька; сильно перекрываются: Атласный, Белоснежка, Гегеры, Катюша, Машуня, Руслан;
- профиль венчика – вогнутый: Атласный, Манон, Машуня; плоский: Белоснежка, Врубель, Гегеры, Жуковский, Катюша, Оленька, Руслан, Сказка.

Окраска цветка варьирует от белой до насыщенно-фиолетовой, что зависит от уровня содержания антоцианов в цветках. В связи с чувствительностью антоцианов к температурному режиму окружающей среды, окраска цветка может несколько изменяться как при смене сезона, так и в течение суток у некоторых особенно чувствительных к степени освещенности сортов (Синеющий Гаганова, Blue Paradise и др.) [18].

Цветок имеет пять прикрепленных на различной



Рис. 1. Цветки и бутоны сортов флокса в различных стадиях цветения: а) Врубель; б) Манон; в) Сказка
 Fig. 1. Flowers and buds of phlox varieties in various stages of flowering: а) Vrubel; б) Manon; в) Skazka

высоте тычинок. Для флокса метельчатого характерна гетеростилия: 2-3 тычинки подняты до уровня лепестков или выше, остальные располагаются внутри цветка (обычно 1 тычинка размещается ниже уровня рыльца пестика). Пестик же в большинстве случаев редко выступает наружу цветка. Завязь у пестика верхняя, трёхгнездая, столбик нитевидный, рыльце трёхраздельное [1].

Для флокса метельчатого характерна протоандрия – пестик созревает позже тычинок, с интервалом около 2-3 дней [18]. При созревании рыльце пестика разделяется на 3 части, направленные в разные стороны одной плоскости. До созревания пестика эти части представляют удлиненную головку.

По методике ГСИ по расположению пыльников исследуемые сорта группируются следующим образом:

Интрорзные пыльники имеют желтую окраску и подвижность, содержат в себе желтовато-белую пыльцу, растрескиваются после распускания цветка. Пыльцевые зерна сфероидальные от 25 до 50 мкм в диаметре (в зависимости от сорта). Экзина имеет сетчатую структуру с округлыми порами, её толщина 4-6 мкм [8, 18]. Поверхность экзины пылинки в зависимости от сорта имеет различный по форме рисунок, с большим количеством выростов (шипов).

Структура синфолресценции. Цветки флокса собраны в сложные фрондулозные соцветия, находящиеся на концах побегов (рис. 2). Верхушка соцветия заканчивается терминальным цветком, то есть соцветие ограниченное. По строению соцветие является метелкой: сверху до низу оно становится все более сильно и нерегулярно разветвленным. Парциальные соцветия имеют сложный ботриоидный характер [18].

Метелки флокса могут быть весьма разнообразными

по форме: овальными, овально-коническими (Белоснежка, Врубель), округлыми (Жуковский, Манон, Сказка), округло-коническими (Атласный, Катюша, Оленька, Руслан), цилиндрическими, узкоцилиндрическими, наклоненными овально-коническими (Гегеры, Машуня), дробно-коническими, коническими с выступом, плоскими и плоскоокруглыми [1].

Характеристика цветения. По срокам цветения флоксы делят на ранние сорта (перв. пол. VII), средние сорта (кон. VII - нач. VIII), поздние сорта (третья декада VIII) [20]. По продолжительности цветения выделяют сорта длительноцветущие (более 35 суток) и средней продолжительности цветения (25-35 суток) [20]. Благодаря этому флоксы можно активно использовать для создания монокультурных посадок с продолжительным сроком декоративности.

Для флокса метельчатого характерно акропетальное зацветание – цветение начинается с верхушки к основанию, однако терминальный цветок обгоняет боковые, прилегающие к нему. Продолжительность функционирования одного цветка варьирует от 3 до 15 дней [18, 21]. Для многих сортов характерно второе цветение, по декоративности не уступающее первому [1].

Качественное и количественное исследование пыльцы. Ацетокарминовый метод окрашивания пыльцевых зерен является одним из наиболее удобных и простых способов оценки фертильности пыльцы, однако в ходе исследования установлено, что менее популярный метод Александра является более чувствительным и позволяет более четко дифференцировать пыльцевые зерна флокса по фертильности (см. рис. 3).

При окрашивании пыльцы по двум методикам можно было наблюдать весьма наглядную разницу в чувствительности методов: при окраске ацетокармином не

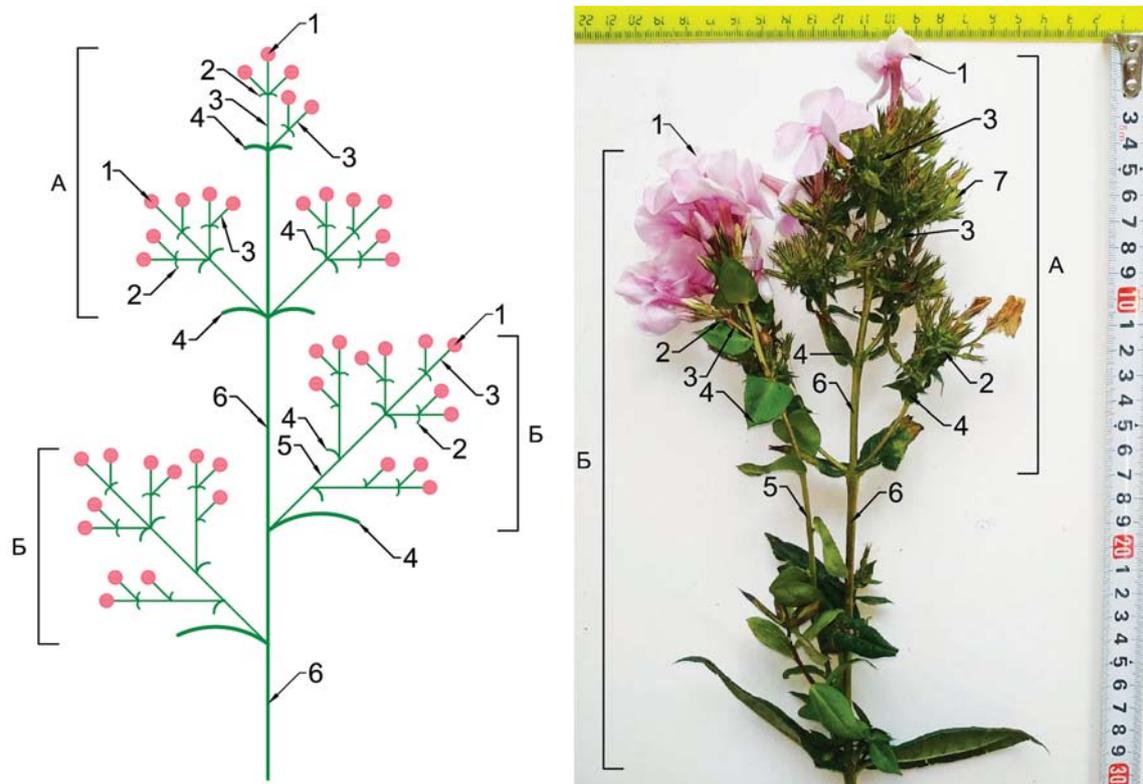


Рис. 2. Строение соцветия флокса метельчатого (сорт Акkurat): А – главное соцветие; Б – соцветие паракладиев (парциальное): 1 – верхушечный цветок; 2 – прицветник; 3 – цветонос; 4 – лист; 5 – паракладий; 6 – главная ось; 7 – коробочка
Fig. 2. The structure of the garden phlox inflorescence (variety Akkurat): А – the main inflorescence; Б – the inflorescence of the paraclyadia (partial): 1 – apical flower; 2 – bract; 3 – peduncle; 4 – leaf; 5 – paraclyadium; 6 – main axis; 7 – seed box

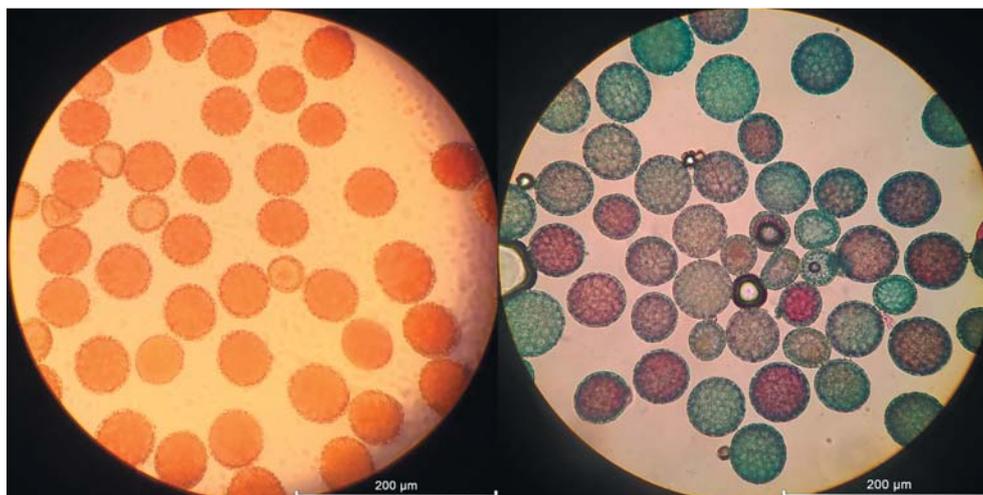


Рис. 3. Микрофотографии пыльцевых зёрен флокса метельчатого (сорт Машуня), собранных с одного распустившегося цветка: слева – ацетокарминовый метод (фертильных выполненных пыльцевых зёрен – 86,7%), справа – метод окрашивания по Александру (фертильных выполненных пыльцевых зёрен – 41,4%)
Fig. 3. Micrographs of garden phlox pollen grains (Mashunya variety) collected from one blooming flower: on the left – acetocarmine method (fertile pollen grains – 86.7%), on the right – Alexander's staining method (fertile pollen grains – 41.4%)

окрашивались только мелкие невыполненные пыльцевые зёрна, в то время как по методике Александра их окраска зависит именно от фертильности, а не размера и выполненности.

использовать свежую пыльцу, собранную из распустившихся и увядающих цветков, так как именно в этих фазах показатель фертильности пыльцы у некоторых сортов превысил 50% от общей массы.

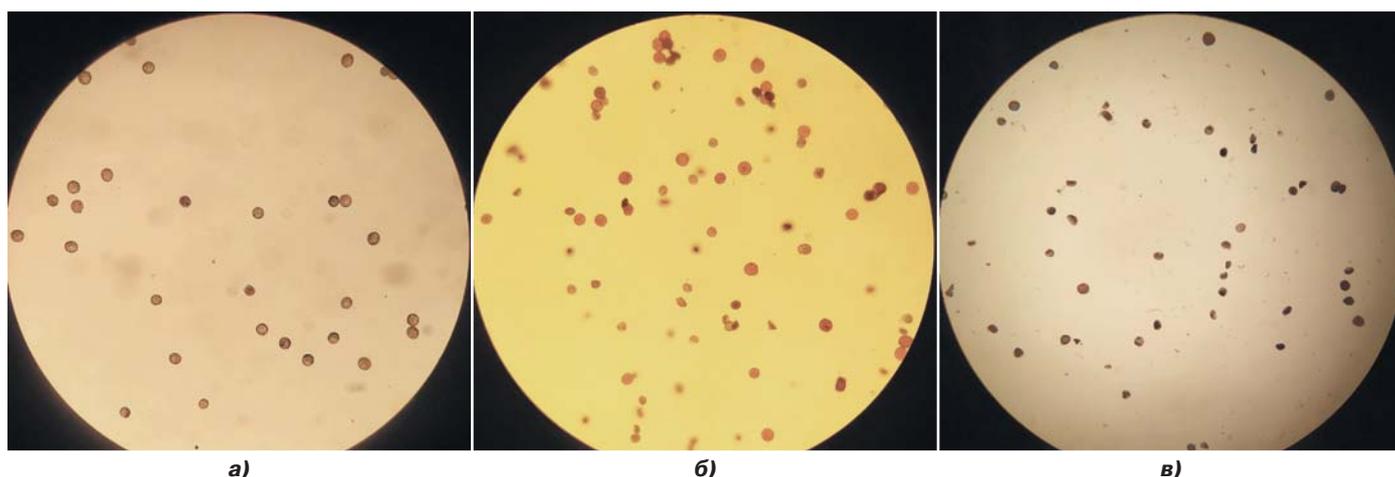


Рис. 4. Окрашивание ацетокарминовым раствором пыльцевых зёрен флокса метельчатого сорта Манон: а) стадия окрашенного бутона (фертильных пыльцевых зёрен – 1,5%); б) распустившийся цветок (фертильных пыльцевых зёрен – 3,7%); в) увядающий цветок (фертильных пыльцевых зёрен – 0%)
Fig. 4. Staining of the Manon variety garden phlox pollen grains with acetocarmine solution: a) the stage of a colored bud (fertile pollen grains – 1.5%); b) a blooming flower (fertile pollen grains – 3.7%); c) a withering flower (fertile pollen grains – 0%)

При проведении окрашивания пыльцевых зёрен изучаемых сортов ацетокарминовым раствором, было установлено, что пыльца сорта Манон является деформированной на всех стадиях цветения и практически не окрашивается красителем, что говорит о возможной мужской стерильности у данного сорта (см. рис. 4). Также сорт характеризуется весьма скудным количеством образуемых пыльцевых зёрен.

В результате подсчёта окрашенных по методике Александра пыльцевых зёрен было установлено, что пыльца, собранная с изучаемых сортов флокса метельчатого, имеет значительную достоверную разницу по уровню фертильности не только в зависимости от сорта, но и от фазы цветения цветка (таблица 2).

В ходе анализа установлено, что для проведения искусственного опыления флокса рекомендуется

Наибольший уровень фертильности пыльцы установлен у сортов Сказка (71,2% и 55,1%), Оленька (63,2% и 54,2%) и Гегеры (66,7%). Разница в показателе фертильности пыльцы в рамках фаз цветения с другими сортообразцами значительно превысила показатель $HCPO5=10,8$.

При этом у сортов Оленька и Сказка разница уровня фертильности в рамках одного сорта у пыльцы, собранной с распустившихся и увядающих цветков не превышает $HCPO5 = 19,8$, что свидетельствует о возможности её сбора, хранения и дальнейшего использования в селекционном процессе.

У остальных сортов показатель фертильности не превышал 50% на всех исследуемых фазах цветения, а также между ними не было установлено достоверной разницы.

Таблица 2. Результаты исследования фертильности пыльцы в зависимости от стадии развития цветка у сортов флокса метельчатого по м. Александра
 Table 2. The results of a pollen fertility study depending on the stage of flower development in garden phlox varieties according to Alexander's method

№	Название сорта	Фертильность пыльцы в окрашенном бутоне, %	Фертильность пыльцы в распустившемся цветке, %	Фертильность пыльцы в увядающем цветке, %	НСР05
1	Атласный	12,9	48,9	28,7	19,8
2	Белоснежка	5,4	39,6	29,7	
3	Врубель	17,1	35,7	14,9	
4	Гегеры	29,1	66,7	39,3	
5	Жуковский	23,4	35,6	19,3	
6	Катюша	12,5	24,5	13,8	
7	Машуня	12,0	41,4	27,2	
8	Оленька	44,3	63,2	54,2	
9	Руслан	14,6	46,1	29,8	
10	Сказка	41,3	71,2	55,1	
НСР05		10,8			

Заключение

В ходе исследования был установлен ряд биологических и морфологических особенностей флокса метельчатого. Проведен анализ репродуктивного потенциала отобранных сортов с помощью исследования фертильности пыльцы. Исходя из результатов проведенной работы, флокс метельчатый — перспективная культура для селекции благодаря целому ряду установленных биологических особенностей у изучаемых сортов.

Для флокса как ценной декоративной культуры характерно внутривидовое морфологическое разнообразие: вариативность плотности и строения соцветия; окрасок, форм и размеров цветка. Повышает актуальность использования флокса метельчатого в озеленении длительность цветения (35 и более суток) и разные сроки его начала (с середины июня и до конца августа), а также способность некоторых сортов к повторному цветению.

При проведении анализа фертильности пыльцы флокса с помощью окрашивания ацетокармином установлена перспектива использования сорта Манон как источника мужской стерильности в рамках селекционного процесса (окрашивалось менее 5% пыльцевых зёрен).

Метод Александра более точный и чувствительный для оценки фертильности пыльцы флокса метельчатого, чем окраска ацетокармином, так как позволяет более точно дифференцировать окрашенные пыльцевые зерна по степени их фертильности, вне зависимости от их размера и выполненности.

При оценке фертильности пыльцы по методике Александра были выделены наиболее перспективные сорта-опылители, отличающиеся высоким уровнем фертильности пыльцы: Сказка (71,2%), Оленька (63,2%) и Гегеры (66,7%). Для подтверждения данного утверждения в дальнейшем будут проведены исследования фертильности пыльцы с помощью проращивания пыльцевых трубок на питательной среде.

Литература

- Гаганов П.Г. Флоксы многолетние. Сельхозиздат, 1963. 208 с.
- Мазеева А.С. Флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.). Проблематика культуры: особенности размножения, болезни и методики оценки декоративных качеств. *Национальная ассоциация ученых*. 2016;3-2(19):27-29.
- Сорокопудова О.А., Артюхова А.В. Перспективные для озеленения сорта многолетних флоксов коллекции ФГБНУ ВСТИСП. *Садоводство и виноградарство*. 2018;(1):42-50. <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.10524> <https://elibrary.ru/nsgnml>
- Исакова А.Л. Жизнеспособность и фертильность пыльцы нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.). *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017;(4):61-64. <https://elibrary.ru/ylpucf>
- Артемова А.А., Соколкина, А.И. Флокс - популярная культура в частном озеленении. *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2023;(36):3-7. <https://elibrary.ru/khyqdc>
- Келдыш М.А., Червякова О.Н. Болезни флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) и экологизация защиты растений. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2016;(46):127-130. <https://elibrary.ru/wmhgit>
- Suarez J.C.A., Ramos C.P.F. Identification of sources of male sterility in

the Colombian Coffee Collection for the genetic improvement of *Coffea arabica* L. *PLoS ONE*. 2023;18(9):e0291264.

<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0291264>

8. Цаценко Л.В., Логвинов А.В. Пыльцевой анализ растений в селекционной практике Просвещение-юг, 2021. 101 с. ISBN: 978-5-93491-887-4. <https://elibrary.ru/fevzvc>

9. Fauziyah Q., Susanti S. Morphological Structure and Fertility of Melinjo (*Gnetum gnemon* L.) Pollen based on Microscopic Data. *Berkala Ilmiah Biologi*. 2022;(13):1-12. <https://doi.org/10.22146/bib.v13i2.4380>

10. Jafarzadeh S., Iskandar E. Comparative study of pollen morphology and fertility in *Pyrus* L. species under *in situ* and *ex situ* conditions in Greater Caucasus, Azerbaijan. *BIO Web of Conferences*. 2024;(100):03006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410003006>

11. Nayab N. Pollen fertility estimation of some medicinal plants of Samastipur District of Bihar, India. *Plant Taxonomy And Traditional Knowledge In The Himalayas And North-East India & Annual Conference Of East Himalayan Society For Spermatophyte*. 2022.

12. Василевская Н.В. Фертильность пыльцы как показатель мутагенности городской среды. *Мировая экологическая повестка и Россия: Материалы Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием, Москва, 16–18 ноября 2020 года*. 2020. С. 208-213. <https://elibrary.ru/pyqkwm>

13. Воронова О.Н., Гаврилова В.А. Количественный и качественный анализ пыльцы подсолнечника (*Helianthus L.*) и его использование в селекционной работе. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(1):95-104. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-95-104> <https://elibrary.ru/liuqxs>

14. Эрдтман Г. Морфология пыльцы и систематика растений (введение в палинологию). Изд-во иностр. лит., 1956. 485 с.

15. Alexander M.P. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology*. 1969;44(3):117-122.

16. Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г. и др. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.

17. Ханбабаева О.Е., Иванова И.В., Тазина С.В. Цветоводство с основами ландшафтного дизайна. МЭСХ, 2019. 150 с. ISBN: 978-5-6042797-2-4. <https://elibrary.ru/ulqjew>

18. Бутенкова А.Н. Биологические особенности видов и сортов рода флокс (*Phlox L.*, *Polemoniaceae*) в подзоне южной тайги Западной Сибири. Томск, 2014. 22 с.

19. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность. Флокс метельчатый, флокс пятнистый и их гибриды. 2016. RTG/1056/1. 13 с.

20. Соколкина А.И., Ханбабаева О.Е. Классификация сортов флокса метельчатого (*Phlox paniculata L.*) по фенологическим и морфологическим признакам. *Тенденции развития науки и образования*. 2022;(81-1):152-158. <https://doi.org/10.18411/trnio-01-2022-41> <https://elibrary.ru/bxaswz>

21. Ковалева И.С., Мацнева А.Е., Ханбабаева О.Е. Оптимизация условий культивирования сортов флокса метельчатого (*Phlox paniculata L.*). *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;(9):108-110. <https://elibrary.ru/trptyh>

• References (In Russ.)

1. Gaganov P.G. Phlox is perennial. Selkhozizdat, 1963. 208 p. (In Russ.)

2. Mazaeva A.S. *Phlox paniculata L.* Problems of culture: features of reproduction, diseases and methods for assessing decorative qualities. *National Association of Scientists*. 2016;3-2(19):27-29. (In Russ.)

3. Sorokopudova O.A., Artyukhova A.V. Promising for landscaping perennial phloxes varieties of the ARHIBAN collection. *Horticulture and viticulture*. 2018;(1):42-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.10524> <https://elibrary.ru/nsgnml>

4. Isakova A.L. Viability and fertility of *Nigella sativa L.* and *Nigella damascena L.* pollen. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2017;(4):61-64. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ylypycf>

5. Artemova A.A., Sokolkina, A.I. Phlox is a popular crop in private landscaping. *Journal of landscape architecture*. 2023;(36):3-7. <https://elibrary.ru/khyqdc>. *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2023;(36):3-7. (In Russ.) <https://elibrary.ru/khyqdc>

6. Keldysh M.A., Chervyakova O.N. The diseases of *Phlox paniculata L.* and the ecologization of plant protection. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2016;(46):127-130. (In Russ.) <https://elibrary.ru/wmhgit>

7. Suarez J.C.A., Ramos C.P.F. Identification of sources of male sterility

in the Colombian Coffee Collection for the genetic improvement of *Coffea arabica L.* *PLoS ONE*. 2023;18(9):e0291264. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0291264>

8. Tsatsenko L.V., Logvinov A.V. Pollen analysis of plants in breeding practice Enlightenment-South, 2021. 101 p. ISBN: 978-5-93491-887-4. (In Russ.) <https://elibrary.ru/fevzvc>

9. Fauziah Q., Susanti S. Morphological Structure and Fertility of Melinjo (*Gnetum gneton L.*) Pollen based on Microscopic Data. *Berkala Ilmiah Biologi*. 2022;(13):1-12. <https://doi.org/10.22146/bib.v13i2.4380>

10. Jafarzadeh S., Iskandar E. Comparative study of pollen morphology and fertility in *Pyrus L.* species under *in situ* and *ex situ* conditions in Greater Caucasus, Azerbaijan. *BIO Web of Conferences*. 2024;(100):03006. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410003006>

11. Nayab N. Pollen fertility estimation of some medicinal plants of Samastipur District of Bihar, India. *Plant Taxonomy And Traditional Knowledge In The Himalayas And North-East India & Annual Conference Of East Himalayan Society For Spermatophyte*. 2022.

12. Vasilevskaya N.V., Sikalyuk A.I. Pollen fertility as an indicator of mutagenicity of the urban environment. *World environmental agenda and Russia: Proceedings of the All-Russian online scientific conference with international participation, Moscow, November 16–18, 2020*. 2020. Pp. 208-213. (In Russ.) <https://elibrary.ru/pyqkwm>

13. Voronova O.N., Gavrilova V.A. Quantitative and qualitative analysis of sunflower pollen (*Helianthus L.*) and its use in breeding work. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2019;180(1):95-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-95-104> <https://elibrary.ru/liuqxs>

14. Erdtman G. Pollen morphology and plant taxonomy (introduction to palynology). Foreign publishing house lit., 1956. 485 p. (In Russ.)

15. Alexander M.P. Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Stain Technology*. 1969;44(3):117-122.

16. Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. and others. Handbook of botanical microtechnology. Fundamentals and methods. M.: Moscow State University Publishing House, 2004. 312 p. (In Russ.)

17. Khanbabaeva O.E., Ivanova I.V., Tazina S.V. Floriculture with the basics of landscape design. M., 2019. 150 p. ISBN: 978-5-6042797-2-4. (In Russ.) <https://elibrary.ru/ulqjew>

18. Butenkova A.N. Biological characteristics of species and varieties of the genus *Phlox (Phlox L., Polemoniaceae)* in the southern taiga subzone of Western Siberia. Tomsk, 2014. 22 p. (In Russ.)

19. Methodology for testing for distinctiveness, uniformity and stability. *Phlox paniculata*, spotted phlox and their hybrids. 2016. RTG/1056/1. 13 p. (In Russ.)

20. Sokolkina A.I., Khanbabaeva O.E. Classification of varieties of *Phlox paniculata L.* according to phenological and morphological characteristics. *Trends in the development of science and education*. 2022;(81-1):152-158. (In Russ.) <https://doi.org/10.18411/trnio-01-2022-41> <https://elibrary.ru/bxaswz>

21. Kovaleva I.S., Matsneva A.E., Khanbabaeva O.E. Optimization of cultivation conditions for varieties of *Phlox paniculata L.* *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018;(9):108-110. (In Russ.) <https://elibrary.ru/trptyh>

Об авторах:

Анастасия Ивановна Соколкина – аспирант, ассистент кафедры ландшафтной архитектуры, <http://orcid.org/0000-0002-2803-6270>, ResearcherID: ACP-5924-2022, автор для переписки, sokolkina@rgau-msha.ru, SPIN-код: 5526-4005

Ольга Евгеньевна Ханбабаева – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, <http://orcid.org/0000-0002-6645-6188>, ResearcherID: AAE-1122-2022, Scopus Author ID: 57394370300, hanbabaeva@yandex.ru, SPIN-код: 9084-1202

Валентина Леонидовна Кудусова – младший научный сотрудник лаборатории декоративных растений, felina3@yandex.ru, SPIN-код: 5759-2101

Владимир Николаевич Сорокопудов – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Лаборатории химии природных соединений, <http://orcid.org/0000-0002-0133-6919>, Scopus Author ID: 8673366700, sorokopud2301@mail.ru, SPIN-код: 6202-7770

About the Authors:

Anastasia I. Sokolkina – graduate student, assistant at the Department of Landscape Architecture, <http://orcid.org/0000-0002-2803-6270>, ResearcherID: ACP-5924-2022, Corresponding Author, sokolkina@rgau-msha.ru, SPIN-code: 5526-4005

Olga E. Khanbabaeva – Dr. Sci. (Agriculture), leading researcher, <http://orcid.org/0000-0002-6645-6188>, ResearcherID: AAE-1122-2022, Scopus Author ID: 57394370300, hanbabaeva@yandex.ru, SPIN-code: 9084-1202

Valentina L. Kudusova – Junior Researcher at the Laboratory of Ornamental Plants, felina3@yandex.ru, SPIN-code: 5759-2101

Vladimir N. Sorokopudov – Dr. Sci. (Biology), Professor, Leading Researcher at the Laboratory of Chemistry of Natural Compounds, <http://orcid.org/0000-0002-0133-6919>, Scopus Author ID: 8673366700, sorokopud2301@mail.ru, SPIN-code: 6202-7770