

ОСОБЕННОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ *IN VITRO* У НЕКОТОРЫХ СОРТОВ ФЛОКСА МЕТЕЛЬНОЧАТОГО (*PHLOX PANICULATA* L.), ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛАНДШАФТНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Н.А. Мамаева✉, О.И. Молканова

ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), 127276, Москва, Ботаническая ул., д. 4

mamaeva_n@list.ru

Представлены результаты исследования сортоспецифических особенностей регенерации флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) ('Венец', 'Золотая Русь', 'Князь Серебряный', 'Лунный Камень', 'Фобус', 'Эсмеральда', 'Гений' и 'Peppermint Twist') в условиях *in vitro*. Установлены наибольшие значения коэффициента размножения, детерминированные числом микропобегов у трех сортов флокса: 'Гений' — $29,2 \pm 3,3$; 'Золотая Русь' — $23,8 \pm 2,7$; 'Эсмеральда' — $23,5 \pm 4,1$. Выявлена низкая способность к размножению *in vitro*, обусловленная преимущественно небольшим числом микропобегов, у двух сортов флокса: 'Peppermint Twist' — $8,7 \pm 0,5$ и 'Венец' — $8,7 \pm 1,6$. Определено число микропобегов: максимальное у сорта 'Гений' — $10,4 \pm 0,8$ шт., минимальное у сорта 'Peppermint Twist' — $1,2 \pm 0,1$ шт. Отмечено наибольшее число узлов у сорта 'Peppermint Twist' — $6,9 \pm 0,6$ шт./эксплант, наименьшее — у сорта 'Золотая Русь' — $2,9 \pm 0,4$ шт./эксплант. Предложено условное разделение всех изученных сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata*) по интенсивности размножения *in vitro* на три группы: 1) высокая — 'Гений', 'Золотая Русь' и 'Эсмеральда'; 2) средняя — 'Фобус'; 3) низкая — 'Peppermint Twist', 'Венец', 'Князь Серебряный' и 'Лунный Камень'. Зафиксировано наличие корневой системы и каллуса у основания эксплантов у большинства сортов после 60 сут. культивирования. **Ключевые слова:** *Phlox paniculata*, коллекция *in vitro*, регенерация, сортоспецифические особенности, ландшафтные композиции

Ссылка для цитирования: Мамаева Н.А., Молканова О.И. Особенности регенерации *in vitro* у некоторых сортов флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.), перспективных для использования в ландшафтных композициях // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2025. Т. 29. № 6. С. 91–101. DOI: 10.18698/2542-1468-2025-6-91-101

Род Флокс (*Phlox* L.) (семейство Синюховые — *Polemoniaceae* Juss.) насчитывает около 65 видов [1, 2], примерно 40 из которых введены в культуру. Его естественный ареал Северная Америка: большинство видов встречается в восточных штатах между 30-й и 50-й параллелями. Экология местообитаний представителей рода *Phlox* достаточно широкая: от альпийской тундры до открытых лесов и прерий. Флоксы также характеризуются значительным разнообразием жизненных форм: от полукустарничков до однолетних травянистых растений [3].

В мировом ассортименте насчитывается от 2000 до 3000 сортов флокса [4]. Наибольшее их количество относится к виду флокс метельчатый (*Phlox paniculata* L.). Это — корневищный травянистый многолетник с прямостоячими деревенеющими у основания стеблями, который

относится к группе кустовых флоксов. Высота растений у различных сортов *Ph. paniculata* L. варьирует в очень широких пределах: от 40 см (низкорослые) до 150 см (высокорослые). Однако в современном ассортименте наиболее распространены сорта высотой 60...80 см. Высокой степенью изменчивости у флоксов также характеризуется форма куста: от компактной до раскидистой. Листья *Ph. paniculata* L. обычно темно-зеленые, сидячие, овально-ланцетные, яйцевидно-удлиненные, располагаются супротивно. Сорта этого вида сильно отличаются по размеру (от 2,0 до 5,0 см), форме (от колесовидной до чашевидной) и окраске (от чисто-белых до темно-фиолетовых, включая желтые) венчика, а также по форме (от овальной до шаровидно-конической) и размерам (от 30 до 60 см) соцветий. Цветение флоксов, как правило, длится с конца июня (очень ранние сорта) до конца сентября (очень поздние сорта). На его продолжительность существенное влияние оказывают генетические особенности сортов



Флоксы в цветочных композициях
Phlox in flower compositions

и почвенно-климатические характеристики региона выращивания. Плод представителей рода Флокс (*Phlox* L.) — овальная трехгнездная коробочка, в которой, как правило, образуются 2–3 семени. Зрелые семена не имеют длительного периода покоя [5–8].

Сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) традиционно широко востребованы в ландшафтном дизайне. Их активное применение в составе различных цветочных композиций обусловлено комплексом положительных характеристик [9–11]:

- большим разнообразием сортов;
- обильным и продолжительным цветением;
- достаточно высокой устойчивостью в культуре (в том числе за счет зимостойкости);
- способностью к быстрому разрастанию;
- длительностью календарных сроков пересадки растений (в том числе возможность выполнения этого агротехнического приема в период цветения);
- отсутствием сложных агротехнических приемов выращивания;
- быстрой адаптацией к новым условиям выращивания.

Благодаря существующему в настоящее время фенотипическому и морфологическому разнообразию сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) их применение одинаково актуально как для классических, так и для современных направлений ландшафтного дизайна [12, 13]. Один из наиболее востребованных в настоящее время стилей — *Naturgarden*, в котором обустройство территории подразумевает создание пространства, максимально приближенного по визуальному восприятию к природному ландшафту вследствие имитации естественных растительных сообществ [14, 15].

Для флоксов в составе композиций этого стиля рекомендован широкий спектр растений-компаньонов: злаки, астры, молинии, ромашки, кровохлебки, гелиопсисы, ирингиумы, монарды, непеты, мордовники, калимерисы, вероники [16, 17].

Сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) можно использовать в композициях не только пейзажного, но и регулярного стиля: в составе рабаток, модульных цветников, клумб, бордюров, партеров, миксбордеров и т. д. Традиционными растениями-компаньонами для кустовых флоксов считаются рудбекии и эхинацеи. В этом качестве также применяют и другие декоративные растения. Это такие широко известные и традиционно используемые для декорирования пространства культуры, как розы, лилии, лилейники и клематисы, а также менее распространенные — бузульники, вероникастры, полыни, дельфиниумы, гелениумы, астильбы, котовники, баданы, акониты, люпины, шалфеи, золотарники, маки и лиатрисы [16, 18]. Для увеличения периода декоративности ландшафтных композиций актуально применение ранне- (тюльпаны, нарциссы, гиацинты, мускари и т. п.) и позднецветущих многолетников (хризантемы, астры и т. п.).

В настоящее время сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) сочетают с декоративно-лиственными кустарниками, такими как бересклеты, дерны, кизильники и калины [19]. Флоксы также включают в перечень ностальгических растений. Сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) считаются одними из лучших классических цветочно-декоративных многолетников для палисадника [20]. Кустовые флоксы также иногда используют для составления флористических композиций [21].



Рис. 1. Микропобеги сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.), образовавшиеся из различных типов почек возобновления в условиях *in vitro*: а — боковые; б — верхушечные; в — адвентивные; з — смешанного типа

Fig. 1. Microshoots of *Ph. paniculata* L. varieties formed from different types of renewal buds *in vitro*: а — lateral; б — apical; в — adventitious; з — mixed type

Рассматривая флокс метельчатый (*Ph. paniculata* L.) как самодостаточную культуру перспективно создание крупных массивов на основе моно- или полисортовых ценозов [12].

Кустовые флоксы универсальны для озеленения объектов любой площади, поэтому их регулярно применяют не только как компоненты цветочных композиций. Флоксы могут быть использованы для декорирования ландшафта на опушках и зеленых лужайках, в естественных группах или массивах. Сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) также подойдут для озеленения пространства около беседок, патио, дорожек и малых архитектурных форм [8].

Одной из возможных сложностей при озеленении урбанизированных территорий может быть отсутствие достаточного количества высококачественного генетически идентичного и фенотипически выравненного посадочного материала. В этом случае целесообразно использование метода клонального микроразмножения. Он позволяет получать растительный материал, оздоровленный за счет использования меристемной культуры, более эффективно размножать растения, трудно размножаемые традиционными способами, обеспечивает увеличение коэффициента размножения регенерантов и ускорение перехода растений от ювенильной к репродуктивной фазе развития (по сравнению с традиционными способами черенкования), а также возможность проведения работ в течение года и экономию площадей, необходимых для выращивания посадочного материала [22].

Цель работы

Цель работы — сравнительная оценка биометрических показателей на этапе собственно клонального микроразмножения некоторых сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.), перспективных для использования в ландшафтных композициях.

Материалы и методы

Объекты исследования — восемь сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) различного происхождения, созданных с помощью метода половой гибридизации — сорта 'Венец', 'Золотая Русь', 'Князь Серебряный', 'Лунный Камень', 'Фобус' и 'Эсмеральда' и индуцированного мутагенеза — сорта 'Гений' и 'Peppermint Twist'.

Использовали как общепринятые, так и разработанные в лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН, приемы работы с культурами изолированных тканей и органов растений [23, 24]. При культивировании растений применяли питательную среду с минеральной основой Murashige and Skoog (MS, 1962) [25], дополненную регулятором роста 6-бензиламинопурином (6-BAP) (Sigma, США) в концентрации 0,5 мг/л.

В качестве эксплантов использовали микрочеренки с верхушечной почкой и двумя междоузлиями. Регенеранты в течение 60 сут. культивировали при температуре 23...25 °С, освещении 1500...2000 лк, фотопериоде 16/8 ч.

Т а б л и ц а 1

**Биометрические показатели сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.)
на стадии собственно клонального микроразмножения**

Biometric indicators of *Ph. paniculata* L. cultivars at the stage of proper clonal micropropagation

Показатель	‘Венец’	‘Гений’	‘Золотая Русь’	‘Князь Серебряный’	‘Лунный Камень’	‘Фобус’	‘Эсмеральда’	‘Peppermint Twist’	НСР ₀₅	Источники вариации (p^{in} , %)	
										генотип (сорт)	случайные факторы
Коэффициент размножения	8,7 ± 1,6	29,2 ± 3,3	23,8 ± 2,7	10,2 ± 1,1	11,7 ± 4,0	15,8 ± 2,1	23,5 ± 4,1	8,7 ± 0,5	9,00	76	24
Число микропобегов, шт.	1,6 ± 0,5	10,4 ± 0,8	8,3 ± 1,1	1,8 ± 0,6	2,4 ± 0,3	2,8 ± 0,8	4,5 ± 0,7	1,2 ± 0,1	3,14	82	18
Число узлов, шт.	5,6 ± 0,5	3,0 ± 0,5	2,9 ± 0,4	5,3 ± 0,3	4,9 ± 0,2	6,1 ± 0,4	5,5 ± 0,9	6,9 ± 0,6	2,25	74	26

У эксплантов учитывали число микропобегов, в т. ч. образовавшихся из боковых, верхушечных и адвентивных почек и образовавших конгломераты в области нижнего узла, а также количество узлов (рис. 1). По числу микропобегов и количеству узлов рассчитывали коэффициент размножения, а также подсчитывали число регенерантов с каллусом у основания и наличием спонтанно образованной корневой системы.

Исследование проводили в трехкратной повторности: по семь эксплантов в каждой. Для обработки полученных экспериментальных данных использовали однофакторный дисперсионный анализ и рассчитывали статистические показатели [30] с применением компьютерной программы SPSS Statistics 23. Достоверность статистических различий между вариантами опыта рассчитывали по *t*-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$. В табл. 1 и 2 указаны средние значения изученных морфометрических признаков и их стандартные ошибки.

Результаты и обсуждение

Стерилизация является одним из наиболее сложных этапов методики клонального микроразмножения.

Для получения стерильной культуры изученных в эксперименте сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) использовали схему стерилизации, обеспечившую получение 68 % стерильных эксплантов; из них 49 % были жизнеспособными. Последовательно применяли гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (в концентрации 2 г/100 мл) и экспозиции 10 мин и гипохлорит натрия NaClO (водный раствор в пропорции 1:2) в экспозиции 7 мин. Экспланты предвари-

тельно промывали в проточной воде в течение 20...25 мин.

Основная часть исследований выполнена на этапе собственно клонального микроразмножения. Выбор 6-ВАР в качестве регулятора роста обусловлен положительными результатами его применения у растений различных таксономических групп, отмеченными разными исследователями [26–29].

Особенности регенерации различных сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) заключаются в различной степени реализации регенерационного потенциала. Наибольшими значениями коэффициента размножения, достоверно превышающими показатели других изученных сортов, отличаются 3 сорта: ‘Гений’ (29,2 ± 3,3), ‘Золотая Русь’ (23,8 ± 2,7) и ‘Эсмеральда’ (23,5 ± 4,1) (табл. 1). При этом между ними статистически значимых различий не выявлено.

Наименьшими значениями коэффициента размножения характеризуются сорта: ‘Peppermint Twist’ (8,7 ± 0,5) и ‘Венец’ (8,7 ± 1,6), не имеющие достоверных статистических различий с сортами ‘Князь Серебряный’ (10,2 ± 1,1) и ‘Лунный Камень’ (11,7 ± 4,0). Таким образом, сорт с максимальным значением коэффициента размножения ‘Гений’ превышает сорта с минимальным значением этого показателя — ‘Peppermint Twist’ и ‘Венец’ — в 3,4 раза (рис. 2).

В структуре общей изменчивости коэффициента размножения доминирует влияние генотипа (76 %), а доля влияния случайных факторов незначительная (см. табл. 1).

По результатам дисперсионного анализа, все исследованные сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) по коэффициенту размноже-

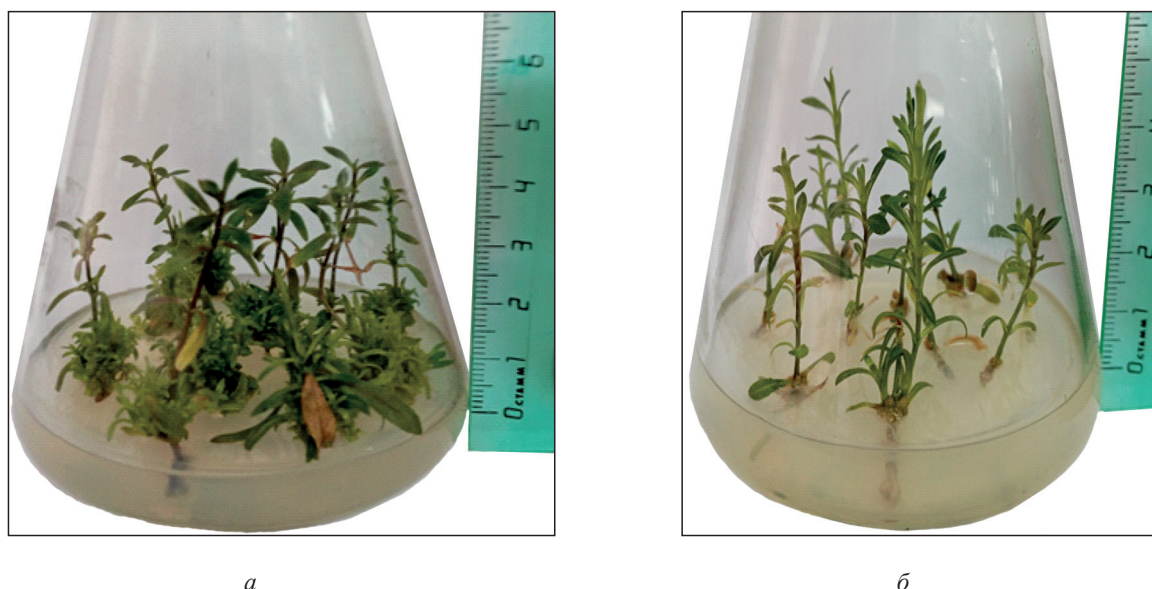


Рис. 2. Сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.), характеризующиеся максимальным и минимальным значениями коэффициента размножения в условиях *in vitro*: *a* — ‘Гений’; *б* — ‘Венец’

Fig. 2. *Ph. paniculata* L. varieties characterized by maximum and minimum *in vitro* multiplication rates: *a* — ‘Genius’; *б* — ‘Venets’

ния *in vitro* условно разделены на три группы: 1) высокая (более 23) — ‘Гений’, ‘Золотая Русь’ и ‘Эсмеральда’; 2) средняя (17–23) — ‘Фобус’; 3) низкая (менее 17) — ‘Peppermint Twist’, ‘Венец’, ‘Князь Серебряный’ и ‘Лунный Камень’.

Для выявления сортоспецифических особенностей размножения *in vitro* изучаемых сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) рассмотрены составляющие коэффициента размножения: число микропобегов и число узлов. Показано доминирующее влияние генотипа в структуре общей изменчивости числа микропобегов (82 %). По числу микропобегов два сорта — ‘Гений’ и ‘Золотая Русь’ ($10,4 \pm 0,8$ и $8,3 \pm 1,1$ шт. соответственно), не имея между собой достоверных статистических различий, существенно превышают другие изученные сорта. Группа сортов, характеризующихся небольшим числом микропобегов более многочисленная: ‘Peppermint Twist’ ($1,2 \pm 0,1$ шт.), ‘Венец’ ($1,6 \pm 0,5$ шт.), ‘Князь Серебряный’ ($1,8 \pm 0,6$ шт.), ‘Лунный Камень’ ($2,4 \pm 0,3$ шт.), ‘Фобус’ ($2,8 \pm 0,8$ шт.) и ‘Эсмеральда’ ($4,5 \pm 0,7$ шт.). Между указанными сортами отсутствуют статистически достоверные различия, но все они по числу микропобегов существенно отличаются от других членов выборочной совокупности (см. табл. 1).

В структуре общей изменчивости флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) по числу узлов влияние случайных факторов незначительное (26 %) (см. табл. 1). По этому признаку боль-

шинство изученных сортов (75 %) не имеют между собой достоверных статистических различий. При этом наибольшее число узлов ($6,9 \pm 0,6$ шт.) отмечено у сорта ‘Peppermint Twist’. Наименьшим числом узлов ($2,9 \pm 0,4$ шт.) характеризуется сорт ‘Золотая Русь’, не имеющий достоверных статистических различий с сортом ‘Гений’ ($3,0 \pm 0,5$ шт.). При этом по рассматриваемому признаку оба сорта существенно отличаются от других членов выборочной совокупности.

Таким образом, высокая способность к размножению *in vitro* у сортов ‘Гений’ и ‘Золотая Русь’ обусловлена наличием большого числа микропобегов ($10,4 \pm 0,8$ и $8,3 \pm 1,1$ шт. соответственно), а у сорта ‘Эсмеральда’ — балансом морфометрических показателей (число микропобегов $4,5 \pm 0,7$ шт. и число междоузлий $5,5 \pm 0,9$ шт.). Низкий коэффициент размножения сортов ‘Peppermint Twist’ и ‘Венец’ обусловлен низкой способностью к побегообразованию: $1,2 \pm 0,1$ и $1,6 \pm 0,5$ шт. соответственно.

Число микропобегов является составным признаком, поэтому целесообразно оценивать его структурные элементы. Рассматриваемый биометрический признак у большинства сортов (‘Peppermint Twist’, ‘Князь Серебряный’, ‘Фобус’, ‘Лунный Камень’, ‘Венец’) детерминирован различными соотношениями числа микропобегов, образовавшихся из верхушечных и боковых почек (от 78 : 22 % у сорта ‘Peppermint Twist’ до 19 : 78 % у сорта ‘Лунный Камень’)

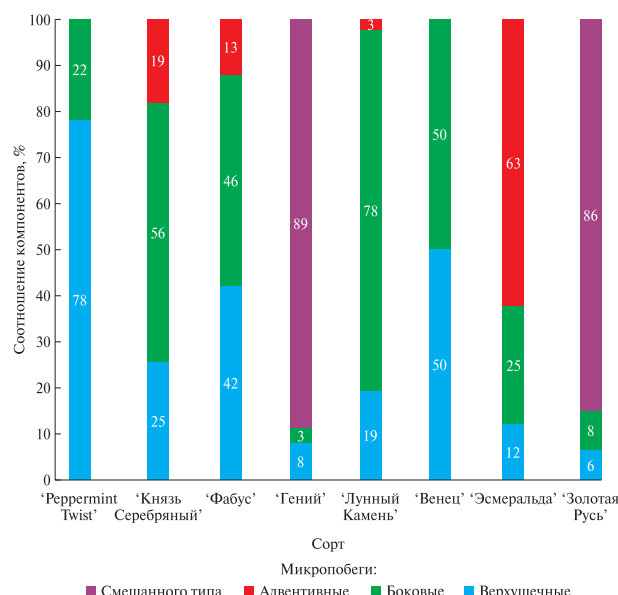


Рис. 3. Элементы структуры составного признака «число микропобегов» у исследуемых сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.)

Fig. 3. Structure elements of the composite feature «the number of micro-shoots» in the studied *Ph. paniculata* L. cultivars

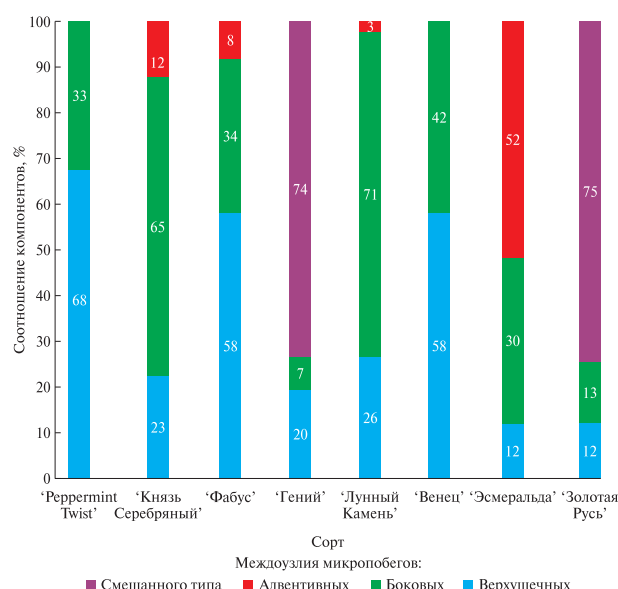


Рис. 4. Элементы структуры составного признака «число узлов» у исследуемых сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.)

Fig. 4. Structure elements of the composite feature the number of nodes in the studied *Ph. paniculata* L. cultivars

(рис. 3). При этом у сортов 'Peppermint Twist' и 'Венец' другие его компоненты отсутствуют.

В структуре рассматриваемого признака адвентивные микропобеги, сформированные у ос-

нования экспланта доминируют только у сорта 'Эсмеральда' (63 %). Максимально сходной структурой, где наибольшая доля принадлежит микропобегам, образующим конгломераты в области нижнего узла, характеризуются два сорта: 'Гений' (89 %) и 'Золотая Русь' (86 %). Таким образом, действие регулятора роста 6-BAР, стимулирующее формирование адвентивных почек и образование микропобегов, выявленное для ряда других таксонов — видов рода Астрагал (*Astragalus* L.), представителей родов Ирга (*Amelanchier* Medik.), Хурма (*Diospyros kaki* Thunb.), Дуб (*Quercus* L.), Лилия (*Lilium* L.), Витания (*Withania* L.) [31–36], установлено и для представителей рода Флокс (*Phlox*), но отмечено не у всех изученных генотипов. Кроме того, у сортов 'Гений', 'Золотая Русь' и 'Эсмеральда' выявлена регенерационная активность, приводящая к гибели наименее развитых микропобегов.

Составной признак «число междоузлий», как и признак «число микропобегов», уместно рассматривать по компонентам. В его структуре у разных сортов доминируют различные составляющие. У сортов 'Peppermint Twist', 'Фобус' и 'Венец' — это междоузлия верхушечных микропобегов, у культиваров 'Князь Серебряный' и 'Лунный Камень' — междоузлия микропобегов, образовавшихся из боковых почек, у сорта 'Эсмеральда' — междоузлия адвентивных микропобегов, у культиваров 'Гений' и 'Золотая Русь' — междоузлия микропобегов, образовавших конгломераты в области нижнего узла экспланта (рис. 4).

Длина междоузлий у сортов 'Князь Серебряный' ($0,8 \pm 0,3$ см), 'Фобус' ($0,7 \pm 0,2$ см) и 'Лунный Камень' ($0,7 \pm 0,3$ см) существенно выше, чему у других изученных сортов. Наименьшей средней длиной междоузлий характеризуются два сорта — 'Гений' и 'Золотая Русь' (оба по $0,3 \pm 0,1$ см). При этом они существенно отличаются по рассматриваемому признаку от других изученных сортов. На длину междоузлий наибольшее влияние оказывает генотип (86 %), а доля влияния случайных факторов незначительна (табл. 2).

Наиболее высокими микропобегами (см. табл. 2) характеризуется сорт флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) 'Князь Серебряный' ($4,1 \pm 1,2$ см), у которого отсутствуют достоверные статистические различия с большинством изученных генотипов: 'Фобус' ($3,9 \pm 0,5$ см), 'Лунный Камень' ($3,5 \pm 0,3$ см), 'Эсмеральда' ($3,3 \pm 0,6$ см), 'Венец' ($3,2 \pm 0,4$ см) и 'Peppermint Twist' ($3,2 \pm 0,3$ см). Минимальной высотой микропобегов отличается сорт 'Золотая Русь' ($0,7 \pm 0,1$ см), который по этому показателю

Т а б л и ц а 2

**Количественная характеристика сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.)
на стадии собственно клонального микроразмножения**

Quantitative characteristics of *Ph. paniculata* L. cultivars at the stage of proper clonal micropropagation

Показатель	‘Венец’	‘Гений’	‘Золотая Русь’	‘Князь Серебряный’	‘Лунный Камень’	‘Фобус’	‘Эсмеральда’	‘Peppermint Twist’	НСР ₀₅	Источники вариации (p^{in} , %)	
										гено-тип (сорт)	случайные факторы
Длина междоузлия, см	0,6 ± 0,3	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,8 ± 0,3	0,7 ± 0,3	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,15	86	14
Высота микропобегов, см	3,2 ± 0,4	1,9 ± 1,3	0,7 ± 0,1	4,1 ± 1,2	3,5 ± 0,3	3,9 ± 0,5	3,3 ± 0,6	3,2 ± 0,3	0,91	90	10
Частота образования каллуса у основания микропобега, %	6	0	36	70	13	77	3	0			
Частота спонтанного ризогенеза, %	18	0	0	30	33	69	3	56			

существенно отличается от других сортов в составе изученной выборки. В структуре общей изменчивости высоты микропобегов доминирует влияние сортовых особенностей (90 %).

Для большинства изученных сортов флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) (за исключением сортов ‘Золотая Русь’ и ‘Гений’) после 60 сут. культивирования отмечено наличие каллуса у основания эксплантов (см. табл. 2). Наибольшая частота его образования у сорта ‘Фобус’ (77 %). Высокий показатель также зафиксирован у сорта ‘Князь Серебряный’ (70 %). Низкая частота каллусогенеза отмечена у двух сортов: ‘Эсмеральда’ и ‘Венец’ — 3 и 6 % соответственно.

После 60 сут. культивирования у большинства использованных в эксперименте сортов (75 %) зафиксировано наличие корневой системы (см. табл. 2). При этом наибольшая частота спонтанного ризогенеза (69 %) отмечена у сорта ‘Фобус’, наименьшая (3 %) — у сорта ‘Эсмеральда’.

Выводы

1. По интенсивности размножения *in vitro* все изученные сорта флокса метельчатого (*Ph. paniculata* L.) разделены на три группы: с высоким (более 23), средним (17–23) и низким (менее 17) — коэффициентом размножения.

2. Высокая способность к размножению *in vitro* у сортов ‘Гений’ и ‘Золотая Русь’ обусловлена наличием большого числа микропобегов, а у сорта ‘Эсмеральда’ — балансом морфометрических показателей. Низкий коэффициент размножения сортов ‘Peppermint Twist’ и ‘Венец’ детерминирован низкой способностью к побегообразованию.

3. Максимальным значением коэффициента размножения характеризуется сорт ‘Гений’, минимальным — два сорта ‘Peppermint Twist’ и ‘Венец’.

4. Установлено, что по числу микропобегов сорта ‘Гений’ и ‘Золотая Русь’ существенно превышают другие изученные сорта.

5. Наибольшим числом узлов характеризуется сорт ‘Peppermint Twist’, наименьшим — сорт ‘Золотая Русь’.

6. После 60 сут. культивирования у всех изученных сортов *Ph. paniculata* (за исключением ‘Peppermint Twist’ и ‘Гений’) зафиксировано наличие каллуса у основания эксплантов, а также у большинства сортов (75 % от численности выборки) отмечено наличие корневой системы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ГБС РАН (№ 122042700002-6 и № 124030100058-4) в лаборатории биотехнологии растений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН.

Список литературы

- [1] Porter J. M., Johnson L. A.A phylogenetic classification of Polemoniaceae // *Aliso*, 2000, v. 19, p. 55–91. DOI:10.5642/aliso.20001901.06
- [2] The world flora online, *Phlox* L. URL: <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000029286> (дата обращения 14.11.2024).
- [3] Бутенкова А.Н. Биологические особенности видов и сортов рода флокс (*Phlox* L., Polemoniaceae) в подзоне южной тайги Западной Сибири: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01. Томск, 2014. 185 с.
- [4] РОЛФ. Российское общество любителей флоксов. URL: https://my.mail.ru/community/my_flow-ers/64A3783472E211E6.html (дата обращения 14.11.2024).
- [5] Phlox flowers. Pictures and Meanings. URL: <http://flowerinfo.org/phlox-flowers> (дата обращения 30.10.2024).
- [6] Paterson S. Interesting varieties and care. Garden plants–2024. URL: <https://gardenresident.com/7498964-phlox-interesting-varieties-and-care> (дата обращения 14.11.2024).
- [7] Соколкина А.И., Ханбабаева О.Е. Классификация сортов флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.) по фенологическим и морфологическим признакам // Тенденции развития науки и образования. Раздел X. Биологические науки, 2022. № 41. DOI: 10.18411/trnio-01--41. С. 152–158
- [8] Царегородцева Д.В., Мухаметова С.В. Параметры цветения флоксов селекции Е.Д. Харченко в ботаническом саду-институте ПГТУ // Международный журнал гуманитарных и естественных наук, 2022. Вып. 7. № 2 (70). С. 12–15. DOI: 10.24412/2500-2022-7-2-12-15
- [9] Матвеев И.В. Флоксы метельчатые. М.: Фитон+, 2017. 152 с.
- [10] Бондаренко Н.А., Степанов А.Ф., Кондратьева С.В. Флокс метельчатый — перспективная культура для использования в составе ландшафтных композиций при озеленении городов и поселков Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета, 2019. № 2 (34). С. 5–11.
- [11] Довганюк А.И., Лентина А.А., Решетов Р.С., Безруких А.И. Дополнительные принципы формирования миксбордеров // АгроЭкоИнфо, 2022. № 4. URL: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_426.pdf. doi:<https://doi.org/10.51419/202124426> (дата обращения 14.11.2024).
- [12] Константинова Е.А. Цветники и садовые композиции. М.: Фитон+, 2010. 242 с.
- [13] Бочкова И.Ю. Цветоводство. Теория и практика. М.: Фитон XXI, 2022. 192с.
- [14] Dusoir R. Planting the Oudolf Gardens at Hauser & Wirth Somerset: Plants and Planting. England: Filbert Press, 2019. 192 p.
- [15] Сорокопудов В.Н., Мацнева А.Е. Перспективы и направления использования дикорастущих многолетних растений в условиях городских агломераций // Тенденции развития науки и образования, 2021. С. 105–109. DOI: 10.18411/lj-02-2021-26
- [16] Исачкин А.В., Крючкова В.А., Шарафутдинов Х.В., Скакова А.Г. Декоративное садоводство с основами ландшафтного проектирования. М.: Инфра-М, 2016. 525 с.
- [17] Максименко А.П. Декоративные и полезные растения в ландшафтном дизайне. СПб.: Лань, 2022. 124 с.
- [18] Самощенко Е.Г. Декоративное садоводство. М.: Юрайт, 2024. 107 с.
- [19] Шумовская Т. Флоксы в дизайне сада — использование и классификация. URL: <https://www.botanichka.ru/article/floksyi-v-dizayne-sada-ispolzovanie-i-klassi-fikatsiya/?ysclid=m1hzxuwia2180082053> (дата обращения 19.11.2024).
- [20] Аксенова Н.А., Аксенов Е.С. Декоративное садоводство. Травянистые растения. М.: АСТ-Пресс, 2001. 560 с.
- [21] Популярные цветы, используемые для составления букетов. URL: <https://rostov-cveti.ru/articles/iz-kakikh-cvetov-sobirayut-bukety?ysclid=m2ho3dtda5393341372> (дата обращения 30.10.2024).
- [22] Акимова С.В. Фитосанитарная и биологическая эффективность клонального микроразмножения: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.07. Большие Вяземы, 2022. 365 с.
- [23] Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
- [24] Молканова О.И., Королева О.В., Стахеева Т.С., Крахмалева И.Л., Мелешук Е.А. Совершенствование технологии клонального микроразмножения ценных плодовых и ягодных культур для производственных условий // Достижения науки и техники АПК, 2018. Т. 32. № 9. С. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915
- [25] Murashige T., Skoog F. Arevised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant*, 1962, v. 15, no. 43, pp. 473–497.
- [26] Gao L., Kong X. In vitro propagation of *Phlox paniculata* L. // *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005. v. 12 (12). URL: <https://www.casb.org.cn/EN/abstract/abstract2003.shtml> (дата обращения 14.11.2024).
- [27] Пищева Г.Н. Регенерационные особенности первичных эксплантов *Phlox paniculata* L. в культуре *in vitro* // Достижения науки и техники АПК, 2016. Т. 30. № 9. С. 40–43.
- [28] Yin Liqing, Huang Weichang, Hu Yonghong, Luo Qi, Wang Xinqi. Rapid propagation of *Phlox paniculata* by tissue culture // *J. of Shanghai Jiaotong University Agricultural Science*, 2008, v. 26(2), pp. 161–164.
- [29] Мазаева А.С. Совершенствование технологии клонального микроразмножения флокса метельчатого (*Phlox paniculata* L.): дис. ... канд. с.-х. наук: 03.01.06. Москва, 2019. 191 с.
- [30] Исачкин А.В., Крючкова В.А. Основы научных исследований в садоводстве. СПб.: Лань, 2020. 420 с.
- [31] Энхтайван А. Влияние условий культивирования на размножение растений рода *Astragalus* L. и синтез вторичных соединений в культуре *in vitro*: дис. ... канд. биол. наук: 03.01.05. Москва, 2015. 116 с.
- [32] Раева-Болословская Е.Н., Молканова О.И. Некоторые особенности клонального микроразмножения декоративных сортов ирги // Бюллетень ГНБС, 2020. Вып. 135. С. 97–135. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-97-104
- [33] Иванова Н.И., Митрофанова И.В., Хохлов С.Ю. Различные пути регенерации растений *Diospyros kaki* Thunb. сорта Золотистая в условиях *in vitro* // Бюллетень ГНБС. 2016. Вып. 120. С. 24–30. URL: [https://boolt.nbgns.ru/download/120\(2\)/120-2016.pdf](https://boolt.nbgns.ru/download/120(2)/120-2016.pdf) (дата обращения 30.10.2024).

- [34] Гусева О.Ю., Стародубцева Л.М., Попов В.Н. Оптимизация условий культивирования *in vitro* и *ex vitro* ювенильного материала дуба черешчатого // Сибирский лесной журнал, 2019. № 5. С. 81–89.
- [35] Соколов Р.Н., Коломиец Т.М., Маляровская В.И. Введение в культуру *in vitro* некоторых редких и исчезающих видов флоры западного Кавказа // Научный журнал КубГАУ, 2013. № 94 (10). С. 1–17. URL: <https://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/13.pdf> (дата обращения 30.10.2024).
- [36] Алрашиди А.А.М. Изучение морфогенетического потенциала *Withania somnifera* L. и биологической активности его экзометаболитов *in vitro*: дис. ... канд. биол. наук: 03.01.06. Москва, 2018. 114 с.

Сведения об авторах

Мамаева Наталья Анатольевна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), mamaeva_n@list.ru

Молканова Ольга Ивановна — канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., зав. лабораторией биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), molkanova@mail.ru.

Поступила в редакцию 31.03.2025.

Одобрено после рецензирования 05.05.2025.

Принята к публикации 20.10.2025.

IN VITRO REGENERATION FEATURES IN SOME VARIETIES OF *PHLOX PANICULATA* L., PROMISING FOR USE IN LANDSCAPE COMPOSITIONS

N.A. Mamaeva, **O.I. Molkanova**

The N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, 4, Botanicheskaya st., 127276, Moscow, Russia

mamaeva_n@list.ru

The article presents the results of a study of variety-specific features of *Phlox paniculata* L. ('Venets', 'Zolotaya Rus', 'Knyaz Serebryany', 'Lunny Kamen', 'Phobus', 'Esmeralda', 'Geniy' and 'Peppermint Twist') regeneration under *in vitro* conditions. The highest values of the multiplication coefficient, determined by the number of microshoots, were established for three phlox varieties: 'Geniy' — $29,2 \pm 3,3$; 'Zolotaya Rus' — $23,8 \pm 2,7$; 'Esmeralda' — $23,5 \pm 4,1$. Low ability to reproduce *in vitro*, caused mainly by a small number of microshoots, was revealed in two phlox varieties: 'Peppermint Twist' — $8,7 \pm 0,5$ and 'Venets' — $8,7 \pm 1,6$. The maximum number of microshoots was determined: in the 'Geniy' variety — $10,4 \pm 0,8$ pcs., the minimum — in the 'Peppermint Twist' variety — $1,2 \pm 0,1$ pcs. The highest number of nodes was noted in the 'Peppermint Twist' variety — $6,9 \pm 0,6$ pcs./explant, the smallest — in the 'Zolotaya Rus' variety — $2,9 \pm 0,4$ pcs./explant. A conditional division of all studied *Phlox paniculata* L. varieties into three groups based on *in vitro* propagation intensity is proposed: 1) 'Genius', 'Golden Rus', and 'Esmeralda'; 2) 'Phobus'; 3) 'Peppermint Twist', 'Venets', 'Prince Silver', and 'Lunny Kamen'. The presence of a root system and callus at the base of the explants was recorded for most varieties after 60 days of cultivation.

Keywords: *Phlox paniculata*, *in vitro* collection, regeneration, cultivar specific features, landscape compositions

Suggested citation: Mamaeva N.A., Molkanova O.I. *Osobennosti regeneratsii in vitro u nekotorykh sortov floksa metelchatogo (Phlox paniculata L.), perspektivnykh dlya ispol'zovaniya v landshaftnykh kompozitsiyakh* [In vitro regeneration features in some varieties of *Phlox paniculata* L., promising for use in landscape compositions]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2025, vol. 29, no. 6, pp. 91–101.

DOI: 10.18698/2542-1468-2025-6-91-101

References

- [1] Porter J. M., Johnson L. A. A phylogenetic classification of Polemoniaceae. *Aliso*, 2000, v. 19, pp. 55–91. DOI: 10.5642/aliso.20001901.06

- [2] The world flora online, *Phlox* L. Available at: <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-4000029286> (accessed 14.11.2024).
- [3] Butenkova A.N. *Biologicheskkiye osobennosti vidov i sortov roda Floks (Phlox L., Polemoniaceae) v podzone yuzhno-taygi Zapadnoy Sibiri* [Biological characteristics of species and varieties of the genus *Phlox* (*Phlox* L., Polemoniaceae) in the southern taiga subzone of Western Siberia]. Diss. Cand. Sci. (Biol.), 03.02.01. Tomsk, 2014, 185 p.
- [4] ROLF Rossiyskoye obshchestvo lyubiteley floksov [ROLF Russian Society of *Phlox* Lovers]. Available at: https://my.mail.ru/community/my_flowers/64A3783472E211E6.html (accessed 14.11.2024).
- [5] *Phlox* flowers. Pictures and Meanings. Available at: <http://flowerinfo.org/phlox-flowers> (accessed 30.10.2024).
- [6] Paterson S. Interesting varieties and care. Garden plants–2024. Available at: <https://gardenresident.com/7498964-phlox-interesting-varieties-and-care> (accessed 14.11.2024).
- [7] Sokolkina A.I., Khanbabaeva O.E. *Klassifikatsiya sortov floksa metel'chatogo (Phlox paniculata L.) po fenologicheskim i morfologicheskim priznakam* [Classification of *Phlox paniculata* L. varieties by phenological and morphological characteristics]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. Razdel X. Biologicheskkiye nauki [Trends in the Development of Science and Education. Section X. Biological Sciences], 2022, no. 41, pp. 152–158. DOI: 10.18411/trnio-01--41.
- [8] Tsaregorodtseva D.V., Mukhametova S.V. *Parametry tsveteniya floksov seleksii Ye. D. Kharchenko v botanicheskom sadu-institute PGTU* [Flowering parameters of phloxes bred by E.D. Kharchenko in the botanical garden-institute of Perm State Technical University]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i yestestvennykh nauk* [International J. of Humanities and Natural Sciences], 2022, v. 7, no. 2 (70), pp. 12–15. DOI: 10.24412/2500-2022-7-2-12-15
- [9] Matveev I.V. *Floksy metel'chatyye* [*Phlox paniculata*]. Moscow: Phytion+, 2017, 152 p.
- [10] Bondarenko N.A., Stepanov A.F., Kondratyeva S.V. *Floks metel'chatyy — perspektivnaya kul'tura dlya ispol'zovaniya v sostave landschaftnykh kompozitsiy pri ozelenenii gorodov i poselkov Zapadnoy Sibiri* [*Phlox paniculata* is a promising crop for use in landscape compositions when landscaping cities and towns in Western Siberia]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agrarian University], 2019, no. 2 (34), pp. 5–11.
- [11] Dovganyuk A.I., Lentina A.A., Reshetov R.S., Bezrukikh A.I. *Dopolnitel'nyye printsipy formirovaniya miksborderov* [Additional principles of forming mixborders]. *AgroEkoInfo*, 2022, no. 4. Available at: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_426.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124426>
- [12] Konstantinova E.A. *Cvetniki i sadovye kompozitsii* [Flower beds and garden compositions]. Moscow: Phytion+, 2010, 242 p.
- [13] Bochkova I.Yu. *Tsvetovodstvo. Teoriya i praktika* [Floriculture. Theory and practice]. Moscow: Phytion XXI, 2022, 192 p.
- [14] Duso R. *Planting the Oudolf Gardens at Hauser & Wirth Somerset: Plants and Planting*. England: Filbert Press, 2019, 192 p.
- [15] Sorokopudov V.N., Matsneva A.E. *Perspektivy i napravleniya ispol'zovaniya dikorastushchikh mnogoletnikh rasteniy v usloviyakh gorodskikh aglomeratsiy* [Prospects and directions of using wild perennial plants in urban agglomerations]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education], 2021, pp. 105–109.
- [16] Isachkin A.V., Kryuchkova V.A., Sharafutdinov H.V., Skakova A.G. *Dekorativnoe sadovodstvo s osnovami landschaftnogo proektirovaniya* [Ornamental gardening with the basics of landscape design]. Moscow: Infra-M, 2016, 525 p.
- [17] Maksimenko A.P. *Dekorativnyye i poleznyye rasteniya v landschaftnom dizayne* [Decorative and useful plants in landscape design]. Saint Petersburg: Lan', 2022, 124 p.
- [18] Samoshnikov E.G. *Dekorativnoye sadovodstvo* [Ornamental Gardening]. Moscow: Yurait, 2024, 107 p.
- [19] Shumovskaya T. *Floksy v dizayne sada — ispol'zovaniye i klassifikatsiya* [*Phlox* in garden design — use and classification]. Available at: <https://www.botanichka.ru/article/floksyi-v-dizayne-sada-ispolzovanie-i-klassifikatsiya/?ysclid=m-1hxxuwia2180082053> (accessed 19.11.2024).
- [20] Aksenova N.A., Aksenov E.S. *Dekorativnoye sadovodstvo. Travyanistyye rasteniya* [Ornamental gardening. Herbaceous plants]. Moscow: AST-Press, 2001, 560 p.
- [21] *Populyarnyye tsvety, ispol'zuyemyye dlya sostavleniya buketov*. Available at: <https://rostov-cveti.ru/articles/iz-kakikh-cvetov-sobirayut-bukety?ysclid=m2ho3dtda5393341372> (accessed 30.10.2024).
- [22] Akimova S.V. *Fitosanitarnaya i biologicheskaya effektivnost' klonal'nogo mikrorazmnozheniya* [Phytosanitary and biological efficiency of clonal micropropagation]. Diss. Cand. Sci. (Agric.), 01.06.07. Bolshie Vyazemy, 2022, 365 p.
- [23] Butenko R.G. *Biologiya kletok vysshih rastenij in vitro i biotekhnologiya na ih osnove* [Biology of higher plant cells in vitro and biotechnology based on them]. Moscow: FBK-PRESS, 1999, 160 p.
- [24] Koroleva O.V., Stacheeva T.S., Krakhmaleva I.L., Meleshchuk E.A. *Sovershenstvovaniye etekhnologii klonalnogo mikrorazmnozheniya tsennykh plodovykh i yagodnykh kultur dlya proizvodstvennykh usloviy* [Improvement of clonal micropropagation technology of valuable fruit and berry crops varieties for commercial conditions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2018, v. 32, no. 9, pp. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915
- [25] Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant*, 1962, v. 15, no. 43, pp. 473–497.
- [26] Gao L., Kong X. In vitro propagation of *Phlox paniculata* L. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, v. 12 (12). Available at: <https://www.casb.org.cn/EN/abstract/abstract2003.shtml> (accessed 14.11.2024).
- [27] Pishcheva G.N. *Regeneratsionnyye osobennosti pervichnykh eksplantov Phlox paniculata L. v kul'ture in vitro* [Regenerative properties of primary explants of *Phlox paniculata* L. in vitro culture]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology in the agro-industrial complex], 2016, t. 30, no. 9, pp. 40–43.
- [28] Yin LiQing, Huang WeiChang, Hu YongHong, Luo Qi, Wang XinQi. Rapid propagation of *Phlox paniculata* by tissue culture. *J. of Shanghai Jiaotong University Agricultural Science*, 2008, v. 26(2), pp. 161–164.
- [29] Mazaeva A.S. *Sovershenstvovaniye tekhnologii klonal'nogo mikrorazmnozheniya floksa metel'chatogo (Phlox paniculata L.)* [Improvement of the technology of clonal micropropagation of paniculate phlox (*Phlox paniculata* L.)]. Diss. Cand. Sci. (Agric.) 03.01.06. Moscow, 2019, 191 p.

- [30] Isachkin A.V., Kryuchkova V.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v sadovodstve: uchebnik dlya vuzov* [Fundamentals of scientific research in horticulture: textbook for universities]. St. Petersburg: Lan', 2020, 420 p.
- [31] Enkhtaivan A. *Vliyaniye usloviy kul'tivirovaniya na razmnozheniye rasteniy roda Astragalus L. i sintez vtorichnykh soyedineniy v kul'ture in vitro* [The influence of cultivation conditions on the reproduction of plants of the genus *Astragalus* L. and the synthesis of secondary compounds in vitro culture]. Diss. Cand. Sci. (Biol.) 03.01.05. Moscow, 2015. 116 p.
- [32] Raeva-Boloslovka E.N., Molkanova O.I. *Nekotoryye osobennosti klonal'nogo mikrorazmnozheniya dekorativnykh sortov irgi* [Some features of clonal micropropagation of ornamental varieties of irgi]. Byulleten' GNBS [GNBS Bulletin], 2020, v. 135, pp. 97–135. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-97-104
- [33] Ivanova N.I., Mitrofanova I.V., Khokhlov S.Yu. *Razlichnyye puti regeneratsii rasteniy Diospyros kaki Thunb. sorta Zolotistaya v usloviyakh in vitro* [Various ways of regeneration of plants *Diospyros kaki* Thunb. Zolotistaya variety under in vitro conditions]. Byulleten' GNBS [GNBS Bulletin], 2016, v. 120, pp. 24–30. Available at: [https://boolt.nbgnsr.ru/download/120\(2\)/120-2016.pdf](https://boolt.nbgnsr.ru/download/120(2)/120-2016.pdf) (accessed 30.10.2024).
- [34] Guseva O.Yu., Starodubtseva L.M., Popov V.N. *Optimizatsiya usloviy kul'tivirovaniya in vitro i ex vitro yuvenil'nogo materiala duba chereschatogo* [Optimization of in vitro and ex vitro cultivation conditions of juvenile material of common oak]. Sibirskiy Lesnoy zhurnal [Siberian Forestry J.], 2019, no. 5, pp. 81–89.
- [35] Sokolov R.N., Kolomiets T.M., Malyarovskaya V.I. *Vvedeniye v kul'turu in vitro nekotorykh redkikh i ischezayushchikh vidov flory zapadnogo Kavkaza* [Introduction into in vitro culture of some rare and endangered species of flora of the Western Caucasus]. Nauchnyy zhurnal KubGAU [Scientific journal of KubSAU], 2013, no. 94 (10), pp. 1–17. Available at: <https://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/13.pdf> (accessed 30.10.2024).
- [36] Alrashidi A.A.M. *Izucheniye morfogeneticheskogo potentsiala Withania somnifera L. i biologicheskoy aktivnosti yego ekzometabolitov in vitro* [Study of morphogenetic potential of *Withania somnifera* L. and biological activity of its exometabolites in vitro]. Diss. Cand. Sci. (Biol.) 03.01.06. Moscow, 2018, 114 p.

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (No. 122042700002-6 and No. 124030100058-4) in the laboratory of plant biotechnology at the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

Authors' information

Mamaeva Natal'ya Anatol'yevna✉ — Cand. Sci. (Biology), Senior researcher of Plant Biotechnology Laboratory, The N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, mamaeva_n@list.ru

Molkanova Ol'ga Ivanovna — Cand. Sci. (Agr.), Leading researcher, Head of Plant Biotechnology Laboratory, The N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, molkanova@mail.ru

Received 31.03.2025.

Approved after review 05.05.2025.

Accepted for publication 20.10.2025.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest