

ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЬЦЫ УРАЛЬСКИХ СОРТОВ СЛИВЫ

Т.Н. Слепнева¹, О.А. Киселева¹ , Е.С. Шагалов², Н.С. Чебыкин³

¹ ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 620142, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а

² ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30

³ ФГБУН «Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук 620110, Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15

Аннотация

Сортимент сливы для Уральского региона нуждается в постоянном расширении и улучшении. Для селекции крайне важно иметь фертильную пыльцу с высокой жизнеспособностью. Однако целенаправленного изучения особенностей пыльцы сортов сливы, выведенных в регионе, до настоящего времени не проводилось. Объектами служили районированные по Уральскому региону сорта: Уральская золотистая, Пионерка, Эвридика, Доминика, Сапфир. Изучение фертильности пыльцы проводили ацетокарминовым методом, окрашенные препараты рассматривали на оптическом микроскопе. Жизнеспособность проверяли с помощью прорастивания пыльцы на питательных средах *in vitro*. Статистическую обработку полученных данных вели с помощью программ MS Excel 2013 и Statistica 10.0. У сорта Доминика доказана стерильность пыльцевых зерен, у сорта Сапфир пыльца практически не формируется, не смотря на развитие пыльников, у остальных сортов более 90% пыльцевых зерен фертильны, уровень жизнеспособности составил в среднем 56...65%. Выявлены межсортовые отличия по линейным размерам пыльцевых зерен. Самая мелкая пыльца у сорта Доминика, что вероятно связано с ее стерильностью. У остальных изученных сортов выражена разноразмерность. Крупные пыльцевые зерна имели сорта Пионерка и Эвридика. Однофакторный ANOVA с последующим *post-hoc* анализом показали, что нет достоверных отличий по размерам полярной оси пыльцевых зерен лишь между сортами Пионерка и Эвридика, а в остальных случаях присутствует разница ($F(3, 83) = 43,799$, $p < 0,00001$). Сравнение сортов по размеру экваториального диаметра пыльцевых зерен с помощью критерия Краскела-Уоллиса показало, что между всеми изученными сортами есть достоверная разница ($H(3, 87) = 48,09812$, $p < 0,00001$), что дополнительно подтвердил U-критерий, везде $p < 0,05$. Выявленные межсортовые отличия пыльцы подтвердили перспективность использования пыльцы сортов Пионерка, Эвридика, Уральская золотистая для гибридизации. Результаты показывают возможность использования изученных сортов для дальнейшей селекции.

Ключевые слова: *Prunus* L., сорт, морфология пыльцы, фертильность, стерильность

FEATURES OF POLLEN FROM PLUM CULTIVARS IN THE URAL

Т.Н. Слепнева¹, О.А. Киселева¹ , Е.С. Шагалов², Н.С. Чебыкин³

¹ Ural Federal Agrarian Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620142, Ekaterinburg, Belinskogo st., 112a

² Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Kujbysheva st., 30

³ The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620110, Ekaterinburg, Akademika Vonsovskogo st., 15

Abstract

The assortment of plums for the Ural region needs to be expanded and improved. For breeding, it is extremely important to have fertile pollen with high viability. However, no target study of the pollen characteristics from plum cultivars in the region had been carried out yet. The objects were the cultivars zoned in the Ural region: Uralskaya Zolotistaya, Pioneerka, Evridika, Dominika and Sapfir. Pollen fertility was studied using the acetocarmine method, and stained slides were examined using an optical microscope. The viability was tested by germinating pollen on nutrient media in vitro. For the statistical analysis, MS Excel 2013 and Statistica 10.0 software packages were used. The pollen grains from Dominika were infertile, had no germination in vitro. The pollen grains from Sapfir sparsely developed, in spite of the anthers development. In other cultivars, more than 90% of pollen grains were fertile, the pollen germination averaged from 56 to 65%. Differences in the linear sizes of pollen grains were revealed between the cultivars. Dominika had the smallest pollen grains, which was probably due to its sterility. The other cultivars demonstrated the size variation of their pollen grains. Pioneerka and Evridika had large pollen grains. One-way ANOVA with the following post-hoc analysis revealed that there were no significant differences in the size of the polar axis of pollen grains only between “Pioneerka” and “Eurydice”, and in other cases differences were observed ($F(3, 83) = 43.799, p < 0.00001$). The comparison of the cultivars by the size of the equatorial diameter of pollen grains using the Kruskal-Wallis tests showed that there was difference between all studied cultivars ($H(3, 87) = 48.09812, p < 0.00001$), which was additionally confirmed by the U-criterion ($p < 0.05$). The identified pollen differences confirmed the prospects of using pollen from Uralskaya Zolotistaya, Pioneerka and Evridika in hybridization. The results provide the opportunity to use the studied cultivars for further breeding.

Key words: *Prunus* L., cultivar, pollen morphology, fertility, infertility

Введение

Изучение особенностей генеративной сферы представителей генетической коллекции сливы (*Prunus* L.) имеет значение для селекционного процесса, поскольку образцы являются источником материала для гибридизации и получения перспективных форм на Урале. Многообещающим направлением в получении адаптивных форм является отдаленная гибридизация (Мочалова, Матюнин, 2002; Путов, 1974).

В Уральском регионе аборигенных видов сливы нет, практическое значение имеют зимостойкие виды (Слепнева, Исакова, 2018; Слепнева, Матюнин, 2020; Исакова, 2021). Так для регионов с резко-континентальным климатом зарекомендовали себя межвидовые гибриды между восточно-азиатской сливой уссурийской (*Prunus ussuriensis* Kovalev & Kostina) и северо-американской сливой карзинской (*P. americana* Marshall), гибриды от свободного опыления сливы уссурийской (например, Пионерка, Катунская, Пирамидальная, Горлица, Даная, Золотая нива, Шершневецкая), а также сорта, полученные в ходе повторной гибридизации межвидовых гибридов с сортами указанных видов (Мочалова, Матюнин, 2002). Нередко для получения современных зимостойких сортов в гибридизации используются отборные формы видов восточноазиатского происхождения: сливы китайской *P. salicina* Lindl. (например, Желтая Хопты), сливы Симона *P. simonii* (Decne.) Carrière и их гибриды (например, Маньчжурская красавица). В создании сортимента на Урале также участвуют виды переднеазиатского происхождения: алыча *P. cerasifera* Ehrh. (сорт Аштаракская 2), *P. cerasifera* var. *pissardii* (Carrière) Koehe, тернослива *P. insititia* L., гибриды терна *P. spinosa* L. и сливы домашней *P. domestica* L., североамериканский вид слива канадская *P. nigra* Aiton.

Основными показателями пыльцы, от которых напрямую зависит продуктивность плодовых растений, являются фертильность и жизнеспособность (Мочалова, Матюнин,

2002; Тихонова и др., 2020). Особенности пыльцы необходимо учитывать в связи с исследованием механизмов мужской стерилизации, полиплоидизации, нарушений микроспорогенеза, микрогаметогенеза у отдаленных гибридов (Guo, Zheng 2004; Кравец, 2013). Исследования пыльцы у сливы необходимы при обсуждении результатов гибридизации видов с разной плоидностью, изучении цитомиксиса, поиске доноров нередуцированных гамет (Еремин, 2018; Мочалова, Матюнин, 2002).

Цель исследования – изучение морфологических особенностей пыльцы пяти уральских сортов сливы и анализ ее качества с помощью оценки фертильности и жизнеспособности пыльцевых зерен.

Материалы и методы

Объектами исследований служили зарегистрированные в Государственном реестре селекционных достижений РФ сорта: Уральская золотистая, Пионерка, Эвридика, Доминика, Сапфир, допущенные к использованию по Уральскому региону (Слепнева, Матюнин, 2020; Слепнева, Гасымов, 2022). Они возделываются в отделе плодовых и ягодных культур Свердловской селекционной станции садоводства УрФАНИЦ УрО РАН, где входят в состав коллекции живых растений открытого грунта Уникальная научная установка «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» (Слепнева, Макаренко, 2020). Будучи востребованы у садоводов-любителей, широкое распространение получили Уральская золотистая, Пионерка, созданные в условиях Урала. Новые сорта Эвридика, Доминика, Сапфир получены в результате отдаленной межвидовой гибридизации (таблица 1) в результате совместной работы с М.Н. Матюниным (Опытная станция «Горно-Алтайское» – филиал ФГБНУ ФАНЦА).

Таблица 1 – Объекты исследования

Сорт	Регионы, рекомендованные к выращиванию	Авторы, год включения в Госреестр	Происхождение	Признаки плодов
Доминика	Уральский	Матюнин М.Н., Слепнева Т.Н., 2023	F1 Желтая Хопты × Аштаракская 2	Основная окраска плода желтая, покровная синяя с сильным восковым налетом
Пионерка	Уральский, Волго-Вятский	Гвоздюкова Н.И., Исакова М.Г., 1969	Гибрид от свободного опыления отборной формы сливы уссурийской №2	Основная окраска плода оранжевая, покровная темно-красная
Сапфир	Уральский	Матюнин М.Н., Слепнева Т.Н., 2020	Катунская × F1 (Аштаракская 2 × Пирамидальная)	Основная окраска плода желтая, покровная синяя с сильным восковым налетом
Уральская золотистая	Уральский	Муллаянов К.К., Гасымов Ф.М., 2004	Кызыл пионер × Желтая Хопты	Основная окраска плода желтая, покровная желтая
Эвридика	Уральский	Матюнин М.Н., Слепнева Т.Н., 2023	F1 <i>P. cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> × <i>P. ussuriensis</i>	Основная окраска плода желтая, покровная бордовая со средним восковым налетом

Сбор пыльцы проводили на Челябинском государственном плодово-ягодном сортоучастке (Челябинская область, Красноармейский район). Массовое цветение сливы наблюдалось в I декаде мая. Весь материал для изучения особенностей пыльцы сортов собран 07 мая 2023. В 2023 году отмечалась стремительная весна: переход среднесуточной температуры через 0°C к 21 марта, переход через +5°C к 25 марта, переход через +10°C уже к 24 апреля. В апреле наблюдались резкие перепады суточных температур. Сумма

температур выше 0°C к моменту цветения составила 256,8°C, сумма активных температур (выше 5°C) к моменту цветения составила 106°C, а сумма эффективных температур (выше 10°C) составила 30,6°C. Амплитуда перепада температур в дневное и ночное время суток во время цветения составляла 29,1°C. Метеорологические данные получены на основе архива погоды из открытого онлайн источника (<http://www.pogodaiklimat.ru>).

С деревьев одного сорта в сухую погоду собирали не менее 20 хорошо развитых бутонов, а затем в камеральных условиях отделяли пыльники, вскрывали их, отряхивали и сушили пыльцу при комнатной температуре в течение двух дней. Отбор и хранение пыльцы проводилось в бумажных пакетах, на которых отмечали сортность и дату сбора. Анализ фертильности и стерильности пыльцы проводили в течение недели после заготовки материала.

В исследованиях фертильности и жизнеспособности пыльцы использован оптический бинокулярный микроскоп Микмед-6 (АО Ломо, Россия). Оценку фертильности проводили согласно общепринятой цитозембриологической методике с помощью ацетокарминового метода (Паушева, 1988). Пыльцевые зерна помещали в каплю ацетокармина под покровное стекло, подсушивали препарат над пламенем спиртовки и просматривали при увеличении микроскопа 40 × 10. Стерильная пыльца не окрашивается или слабо окрашивается кармином. У нормально сформированной фертильной пыльцы цитоплазма зернистая и густо окрашивается в бордовый цвет. В 10 полях зрения подсчитывали количество прокрашенных фертильных и неокрашенных стерильных пыльцевых зерен. Фертильность определяли отношением количества прокрашенных пыльцевых зерен к общему количеству просмотренных в каждом поле зрения.

Жизнеспособность пыльцы проверяли по Д.А. Транковскому (Паушева, 1988) методом проращивания на искусственной питательной среде, содержащей 15% сахарозы, 2% агар-агара. Опыт проводили в чашках Петри, куда наносили суспензию пыльцы в капле стерильной дистиллированной воды, время экспонирования 36 часов, температура 20...25°C. Для оценки результатов проращивания использовали световую микроскопию, изображения просматривали при увеличении 40 × 10. Проросшей считали пыльцу, сформировавшую пыльцевую трубку. Учитывали не менее 350 пыльцевых зерен в пяти полях зрения. Процент жизнеспособности пыльцы определяли отношением количества проросших пыльцевых зерен к общему количеству просмотренных в каждом поле зрения.

Для характеристики морфологических особенностей пыльцы использовали палинологическую терминологию (Куприянова, Алешина, 1978; Токарев, 2002). Для проведения измерений линейных размеров пыльцы воспользовались сканирующим электронным микроскопом Tescan Mira LMS с ускоряющим напряжением 20 кэВ в режиме вторичных электронов (SE) (ЦКП «Геоаналитик» на базе лаборатории физико-химических методов исследования минерального вещества Института геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН). Углеродное напыление получено на установке для напыления токопроводящих покрытий Quorum Q150T ES. Измерения морфологических параметров проводили на микрофотографиях с учетом их масштаба.

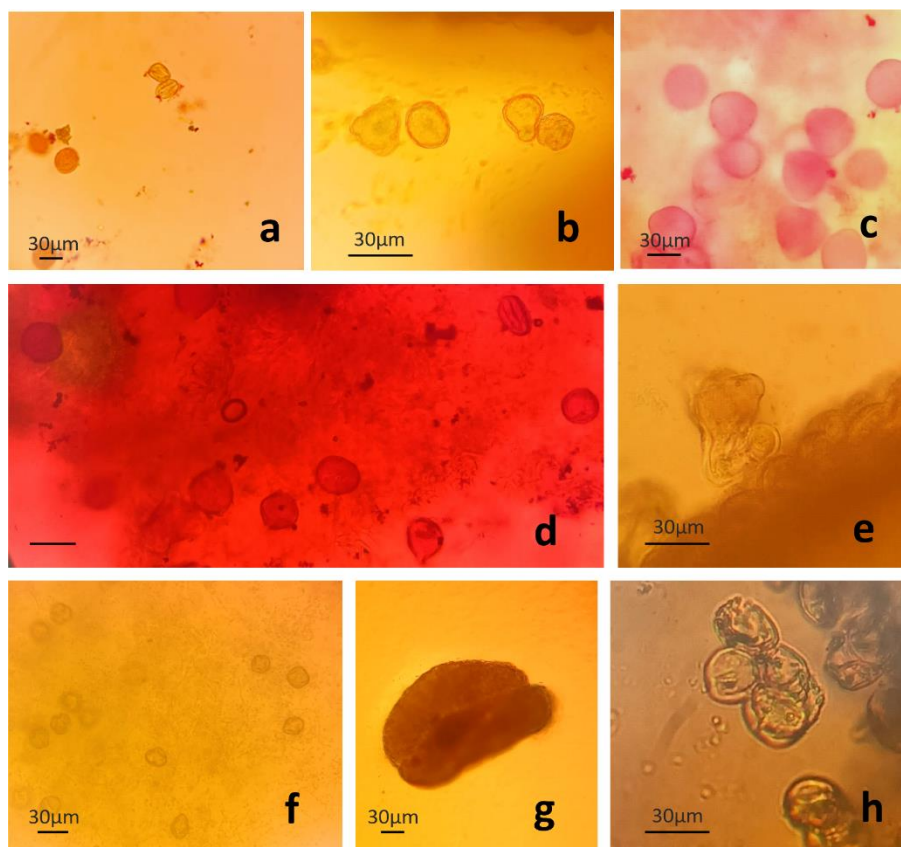
Размеры высушенной пыльцы определяли с помощью программы Image J при обработке фотографий со сканирующего электронного микроскопа. Размеры пыльцы сливы сорта Сапфир определить не удалось, поскольку на препаратах, изготовленных из пыльников, не было свободно лежащих пыльцевых зерен, видна лишь поверхность экзины незрелых пыльцевых зерен, плотно лежащих внутри пыльника (рисунок 2f).

Статистическую обработку всех полученных данных провели с использованием программ MS Excel 2013 и Statistica 10.0. Первичная математическая обработка данных выполнена по методикам, изложенным Т.Н. Зайцевым (1973), в том числе сделан подсчет коэффициентов

вариации (CV) изученных морфометрических признаков, среднего значения и среднеквадратического отклонения. Проведена проверка полученного объема данных на нормальность. Она была подтверждена лишь для показателя размеры полярной оси пыльцевых зерен. Поэтому для поиска статистически значимых различий по этому показателю использован однофакторный анализ ANOVA с последующим post-hoc анализом. Размеры экваториального диаметра пыльцевых зерен у изученных сортов сливы сравнивали иначе, с помощью непараметрических критериев Краскела-Уоллиса и U-критерия Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

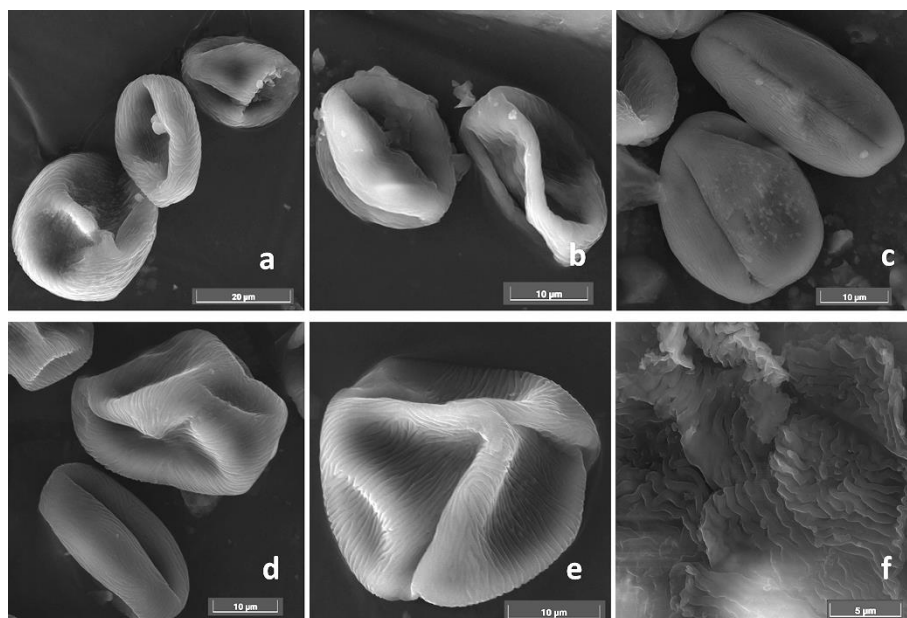
Оригинальные данные получены с помощью морфологических исследований пыльцевых зерен уральских сортов сливы Уральская золотистая, Пионерка, Эвридика, Доминика. Особенности пыльцы при окрашивании препаратов ацетокармином представлены на рисунке 1. Набухшие фертильные пыльцевые зерна изополярные, шаровидно-сплюснутые, в очертании с полюса округленно-треугольные, широкоэллиптические с экватора, тип апертур бороздно-оровой.



a, b – Уральская золотистая, *c* – Пионерка, *d, e* – Эвридика, *f* – Доминика, *g, h* – Сапфир
Рисунок 1 – Исследования фертильности и жизнеспособности пыльцы сортов сливы под оптическим микроскопом

На микрофотографиях, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа, хорошо заметно, что у пыльцевых зерен 4 сортов в полярной проекции очертания треугольно-тупо-выпуклые, в экваториальной проекции – эллиптические, скульптура их поверхности струйчатая, зародышевые борозды глубокие, длинные, вдавленные,

щелевидные, меридиальные (рисунок 2). Эти признаки соответствуют ранее сделанным описаниям особенностей морфологии пыльцы различных сортов *P. domestica* (Dordević et al., 2020) и, по-видимому, являются диагностическими в плане установления родовой принадлежности. Стерильные пыльцевые зерна изученных сортов имеют несимметричную неправильную форму (рисунок 2а).



a, b – Уральская золотистая, c, d – Эвридика, e – Пионерка, f – Санфир
Рисунок 2 – Микрофотографии пыльцевых зерен уральских сортов сливы

Нами обнаружено, что линейные размеры пыльцевых зерен отличаются внутри сорта и между сортами. Наибольшая вариабельность размеров пыльцы наблюдали у сорта Уральская золотистая. Линейные размеры пыльцевых зерен у всех изученных сортов имеют коэффициент вариации в пределах интервала нормы (Зайцев, 1973). Согласно таблице 2, наименьшие размеры пыльцевых зерен имеет сорт Доминика, наибольшие — сорта Пионерка и Эвридика.

Таблица 2 – Размеры пыльцы уральских сортов сливы

Сорт	Длина полярной оси, мкм	Мин, мкм	Макс, мкм	CV, %	Экваториальный диаметр, мкм	Мин, мкм	Макс, мкм	CV, %
Уральская золотистая	27,86±4,95	20,1	39,6	17,8	18,91±4,82	10,1	31,7	25,5
Пионерка	34,91±3,39	26,7	40,5	9,7	26,83±4,38	15,4	31,9	16,3
Эвридика	33,08±5,87	24,9	43,1	17,8	22,43±3,07	14,2	28,1	16,5
Доминика	19,36±3,03	14,3	24,2	15,6	13,98±3,04	9,41	19,5	21,7

Важно, что у сортов близок показатель отношения длины полярной оси (P) к размеру экваториального диаметра (E) – индекс формы. Именно он позволяет делать объективный вывод о форме пыльцевых зерен (Pora et al., 2022). Согласно работам предшествующих авторов (Мотылева и др., 2016), эллипсоидальная форма при P/E = 1,87...2,04, широкоэллипсоидальная при P/E = 1,67...1,78 и округло-эллипсоидальная при P/E = 1,36...1,67. Для сортов Уральская золотистая и Эвридика он составляет 1,47, сорта Доминика 1,38, сорта Пионерка 1,41. Таким образом, форма изученных пыльцевых зерен

округло-эллипсоидальная.

Если проводить сравнение с сортовой домашней сливой, то размеры пыльцевых зерен изученных сортов значительно меньше. Так согласно данным сербских коллег, изучавших *P. domestica*, длина полярной оси не менее 53 мкм, а длина экваториального диаметра не менее 28 мкм (Dordević et al., 2020). Согласно палинологической базе данных (<https://www.palдат.org/search/genus/Prunus>), для видов *P. spinosa*, *P. domestica* размеры находятся в пределах 26...50 мкм. Таким образом, лишь у сорта Пионерка, Эвридика размеры сопоставимы с указанными видами, а у сортов Доминика, Уральская золотистая размеры пыльцевых зерен меньше, чем у терна и домашней сливы.

Однофакторный ANOVA с последующим post-hoc анализом (таблица 3) показали, что нет достоверных отличий по длине полярной оси пыльцевых зерен лишь между сортами Эвридика и Пионерка, а в остальных случаях присутствует разница ($F(3, 83) = 43,799$, $p < 0,00001$). Сравнение сортов по размеру экваториального диаметра пыльцевых зерен с помощью критерия Краскела-Уоллиса показало, что между всеми изученными сортами есть достоверная разница ($H(3, 87) = 48,09812$ $p < 0,00001$), что дополнительно подтвердил U-критерий, везде $p < 0,05$ (таблица 4). Изучение морфологических особенностей, в том числе линейных размеров пыльцы сортов сливы может быть полезно при обсуждении их функциональных особенностей.

Таблица 3 – Результаты сравнения сортов по длине полярной оси с помощью однофакторного ANOVA с последующим post-hoc тестом

Сорт	Доминика	Пионерка	Уральская золотистая	Эвридика
Доминика		0,000146	0,000146	0,000146
Пионерка	0,000146		0,000147	0,561310
Уральская золотистая	0,000146	0,000147		0,001325
Эвридика	0,000146	0,561310	0,001325	

Примечание: полужирным шрифтом выделены сорта, для которых установлены статистически достоверные различия по размерам полярной оси пыльцевых зерен

Таблица 4 – Результаты сравнения сортов по размеру экваториального диаметра пыльцевых зерен с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни

Сорт	Доминика	Пионерка	Уральская золотистая	Эвридика
Доминика		U=4,5 p = 0,00000024	U=85,5 p = 0,000537	U=13 p = 0,000007
Пионерка	U=4,5 p = 0,00000024		U=77,5 p = 0,000001	U=98 p = 0,002823
Уральская золотистая	U=85,5 0,000537	U=77,5 p = 0,000001		U=131,5 p = 0,004757
Эвридика	U=13 0,000007	U=98 p = 0,002823	U=131,5 p = 0,004757	

Примечание: полужирным шрифтом выделены сорта, для которых установлены статистически достоверные различия по размерам полярной оси пыльцевых зерен

Впервые определено качество пыльцы указанных сортов. Исследованные образцы пыльцы имели не только морфологические, но и физиологические отличия, которые обнаружили при исследовании фертильности и жизнеспособности (таблица 5). Фертильной оказалась пыльца только трех сортов: Уральская золотистая, Пионерка, Эвридика. У сорта Доминика пыльцы много (рисунок 1f), но она вовсе не прокрашивается ацетокармином, морфологически сформированных пыльцевых зерен нет, пыльца очень мелкая, не наблюдалось прорастание пыльцы на питательных средах. У сорта Сапфир пыльники присутствуют, но пыльца практически не формируется, в единственном случае,

где на микропрепаратах удалось обнаружить пыльцевые зерна, они кармином не окрасились (рисунок 1h). Важно, что морфологически сформированные крупные пыльцевые зерна наблюдались только у сорта Пионерка, который является гибридом от свободного опыления отборной формы сливы уссурийской (таблица 1). У отдаленных гибридов Уральская золотистая и Эвридика фертильность высока, однако в пыльце присутствуют стерильные пыльцевые зерна и при этом снижена жизнеспособность.

Таблица 5 – Фертильность и жизнеспособность пыльцы уральских сортов сливы

Сорт	Фертильность пыльцевых зерен, % (ацетокарминовый метод)	Жизнеспособность пыльцевых зерен, % (проращивание на питательной среде)
Уральская золотистая	98,4±0,7	59,71±17,02
Пионерка	93,89±1,0	56,41±14,62
Эвридика	90,34±1,9	65,15±34,00

Полученный нами результат соответствует более ранним наблюдениям. Так у диплоидных сортов сливы домашней, уссурийской, терна фертильность лежит в пределах класса 80...100% (Царенко, 1981, Рассветаева, 1985). У отдаленных гибридов косточковых может снижаться фертильность или вообще возникает стерильность пыльцы в силу сильных нарушений в мейозе и несбалансированности гибридных геномных наборов, возможно образование нераспадающихся тетрад и полиад (Мочалова, Матюнин, 2002). Возможно, именно это объясняет мужскую стерильность сортов Доминика, Сапфир. У искусственно индуцированных тетраплоидов сливы китайской и алычи ранее наблюдали значительные различия между фертильностью и жизнеспособностью, когда при высокой фертильности наблюдалась низкое или посредственное прорастание пыльцы на питательных средах (Мочалова, Матюнин, 2002). Таким образом, в отношении сорта Эвридика, произошедшего от гибридизации отборных форм *P. salicina* и *P. cerasifera* var. *pissardii*, на основании сравнения наших данных с литературными можно предположить тетраплоидность. Климатические факторы также могут оказывать существенное влияние на выход фертильной жизнеспособной пыльцы (Мочалова, Матюнин, 2002, Царенко, 1981, Рассветаева, 1985). Учитывая аномально раннюю весну 2023 года, погодные условия также могли снизить жизнеспособность пыльцы у изученных сортов. Необходимо продолжить исследования жизнеспособности и фертильности в течение последующих вегетационных сезонов.

Заключение

Изучение размеров, фертильности и жизнеспособности пыльцы отдаленных гибридов слив представляет интерес с практической точки зрения. Полученные данные необходимы для ведения успешного селекционного процесса, позволяют выбрать лучшие сорта для успешного использования их в качестве опылителей в селекции. Выявленные особенности пыльцы также могут быть полезны при дальнейшем изучении пloidности гибридов и нарушений мужского гаметогенеза у искусственных гибридов, в том числе аллополиплоидов. На основе полученных нами данных можно с уверенностью рекомендовать пыльцу сортов сливы Пионерка, Эвридика, Уральская золотистая для использования в дальнейшей селекции. Сорта слив Уральская золотистая, Эвридика, Доминика, Сапфир перспективны в плане изучения хромосомного состава, вариабельности показателей микроспорогенеза, механизмов нарушения мейоза в пыльниках и цитомиксиса.

Благодарности

Исследование выполнено в соответствии с государственным заданием Минобрнауки РФ по теме «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам» (№ 0532-2021-0008).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Еремин Г.В. Выявление генетических связей между видами рода *Prunus* L. при их использовании в селекции косточковых культур // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179, № 3. С. 250-258. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-250-258>. EDN: [YUKAOT](#)
2. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
3. Исакова М.Г. Адаптивность сортов терносливы на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. Т. 66. С. 49-56. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-66-49-56>. EDN: [PVZSSJ](#)
4. Кравец Е.А. Цитомиксис и его роль в регуляции фертильности растений // Онтогенез. 2013. Т. 44, № 3, С. 147-165. <https://doi.org/10.7868/S0475145013030038>. EDN: [QAXOHT](#)
5. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. 183 с.
6. Мотылева С.М., Мертвищева М.Е., Бриндза Я., Островский Р. Морфологическая характеристика поверхности пыльцевых зерен представителей семейства Rosaceae Yuss. // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 46. С. 251-258. EDN: [WMHGUH](#)
7. Мочалова О.В., Матюнин М.Н. Цитозембриология и селекция отдаленных гибридов и полиплоидов косточковых растений на Алтае. Новосибирск: РАСХН, 2002. 232 с.
8. Онлайн база палинологических данных. URL: <https://www.palдат.org/search/genus/Prunus>
9. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. М.: Агропромиздат, 1988. 271 с.
10. Путов В.С. Итоги и перспективы селекции сливы на Алтае // Научные чтения памяти академика М.А. Лисавенко. Барнаул: Алтайское книжное издательство, 1974. Вып. 5. С. 64-75
11. Рассветаева Э.Г. Спонтанные и индуцированные полиплоиды слив // Сборник научных трудов по прикладной ботанике, генетике и селекции. Л.: ВИР, 1985. Т. 97. С.69-74.
12. Слепнева Т.Н., Матюнин М.Н. Создание новых сортов сливы китайской на Урале // Вестник КрасГАУ. 2020. №5. С. 80-92. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-5-86-92>. EDN: [DYXAYC](#)
13. Слепнева Т.Н., Гасымов Ф.М. Слива, терн // Помология Урала / под общ. ред. С.А. Макаренко. М.: Наука, 2022; С. 202-245.
14. Слепнева Т.Н., Исакова М.Г. Современный генофонд косточковых культур на Среднем Урале: мобилизация, сохранение и изучение // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы международной научной конференции. Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2018. С. 902-907. EDN: [XUJPLN](#)
15. Слепнева Т.Н., Макаренко С.А. Совершенствование сортимента сливы на Урале // Растительное разнообразие: состояние, тренды, концепция сохранения: тезисы докладов всероссийской конференции. Новосибирск: Академиздат, 2020. С.155. EDN: [CXRIBR](#)

16. Тихонова О.А., Гаврилова О.А., Радченко Е.А., Вержук В.Г., Павлов А.В. Жизнеспособность пыльцы черной смородины до и после криоконсервирования в жидком азоте и особенности ее морфологии // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 3. С. 110-119. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-110-119>. EDN: [SKZHAD](#)
17. Токарев П.И. Морфология и ультраструктура пыльцевых зерен. М.: КМК, 2002. 51 с.
18. Царенко В.П. Слива уссурийская. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1981. 102 с.
19. Dordevic M., Cerovic R., Nikolic D., Radicevic S., Glisic I., Milosevic N. Using scanning electron microscopy to characterize Plum (*Prunus domestica* L.) genotypes // Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences. 2020. Vol. 73, N 10. P. 1390-1397. <http://dx.doi.org/10.7546/CRABS.2020.10.08>
20. Guo G.Q., Zheng G.C. Hypotheses for the functions of intercellular bridges in male germ cell development and its cellular mechanisms // Journal of Theoretical Biology. 2004. Vol. 229, N 1. P. 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2004.03.010>
21. Popa V.I., Badulescu L., Iordachescu M., Udriste A.A. Preliminary Pollen Grain Characterization of Several Apple and Plum Varieties // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2022. · Vol. 79, N. 1. P. 33-40. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2021.0020>

References

1. Eremin, G.V. (2018). Detection of genetic relations between species in the genus *Prunus* L. when using them in breeding of stone fruit crops. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 179(3), 250-258. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-3-250-258>. EDN: [YUKAOT](#) (In Russian, English abstract).
2. Zajcev, G.N. (1973). *Methodology of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany*. Nauka. (In Russian).
3. Isakova, M.G. (2021). Adaptability of thorny plum varieties in the Middle Urals. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 66, 49-56. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-66-49-56>. EDN: [PVZSSJ](#) (In Russian, English abstract).
4. Kravec, E.A. (2013). Cytomixis and its role in the regulation of plant fertility. *Ontogenesis*, 44(3), 147-165. <https://doi.org/10.7868/S0475145013030038>. EDN: [QAXOHT](#) (In Russian, English abstract).
5. Kupriyanova, L.A., & Aleshina, L.A. (1978). *Pollen of dicotyledonous plants from the flora of the USSR European part*. Nauka. (In Russian).
6. Motyleva, S.M., Mertvishcheva, M.E., & Brindza, J. (2016). Morphological characteristics of the surface of the pollen grains of the family Rosaceae Yuss. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 46, 251-258. EDN: [WMHGUH](#) (In Russian, English abstract).
7. Mochalova, O.V., & Matyunin, M.N. (2002). *Cytoembryology and selection of distant hybrids and polyploids of stone fruit plants in Altai*. Russian Academy of Agricultural Sciences. (In Russian).
8. Online palynological database. Retrieved from: <https://www.paladat.org/search/genus/Prunus>
9. Pausheva, Z.P. (1988). *Workshop on plant cytology*. Agropromizdat. (In Russian).
10. Putov, V.S. (1974). Results and prospects of plum breeding in Altai. In *Scientific readings in memory of academician M.A. Lisavenko* (pp. 64-75). Barnaul: Altai Book Publishing House (In Russian).
11. Rassvetaeva, E.G. (1985). Spontaneous and induced plum polyploids. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 97, 69-74. (In Russian).

12. Slepneva, T.N., & Matyunin, M.N. (2020). The creation of new chinese plum varieties in the Urals. *Bulletin of KSAU*, 5, 80-92. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-5-86-92>. EDN: [DYXAYC](#) (In Russian, English abstract).
13. Slepneva, T.N., & Gasimov, F.M. (2022). Plum, turn. In Makarenko S.A. (Ed.) *Pomology of the Urals* (pp. 202-245). Nauka. (in Russian).
14. Slepneva, T.N., & Isakova, M.G. (2018). The modern gene pool of stone fruit crops in the Middle Urals: mobilization, conservation and study. In *Ecology and geography of plants and plant communities: proc. sci. conf.* (pp. 902-907). Ekaterinburg: Humanities University. EDN: [XUUPLN](#) (In Russian, English abstract).
15. Slepneva, T.N., & Makarenko, S.A. (2020). Improving the assortment of plums in the Urals In *Plant diversity: state, trends, concept of conservation: proc. sci. conf.* (p.155). Novosibirsk: Academizdat. EDN: [CXRIBR](#) (In Russian).
16. Tikhonova, O.A., Gavrilova, O.A., Radchenko, E.A., Verzhuk, V.G., & Pavlov, A.V. (2020). Viability of black currant pollen before and after cryopreservation in liquid nitrogen, and its morphological features. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 181(3), 110-119. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-110-119>. EDN: [SKZHAD](#) (In Russian, English abstract).
17. Tokarev, P.I. (2002) *Morphology and ultrastructure of pollen grains*. KMK. (In Russian).
18. Tsarenko, V.P. (1981). *Ussuri plum*. Far Eastern book publishing house. (In Russian).
19. Dordevic, M., Cerovic, R., Nikolic, D., Radicevic, S., Glisic, I., & Milosevic, N. (2020). Using scanning electron microscopy to characterize Plum (*Prunus domestica* L.) genotypes. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 73(10), 1390-1397. <https://doi.org/10.7546/CRABS.2020.10.08>
20. Guo, G.Q., & Zheng, G.C. (2004). Hypotheses for the functions of intercellular bridges in male germ cell development and its cellular mechanisms. *Journal of theoretical biology*, 229(1), 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2004.03.010>
21. Popa, V.I., Badulescu, L., Iordachescu, M., & Udriste, A.A. (2022). Preliminary Pollen Grain Characterization of Several Apple and Plum Varieties. *Bulletin of university of agricultural sciences and veterinary medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 79(1), 33-40. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2021.0020>

Авторы:

Татьяна Николаевна Слепнева, младший научный сотрудник Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН, tatyana.slepneva@mail.ru

Ольга Анатольевна Киселева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», kiselevaolga@inbox.ru

Евгений Сергеевич Шагалов, кандидат геолого–минералогических наук, доцент кафедры минералогии, петрографии и геохимии, ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет, shagalov@igg.uran.ru

Николай Сергеевич Чебыкин, аналитик ЦКП УрО РАН «Геоаналитик», ФГБУН «Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения РАН», tchebykinnikolai@yandex.ru

Authors details:

Tatyana Slepneva, junior researcher head of the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture – the Structural Subdivision of Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, tatyana_slepneva@mail.ru

Olga Kiseleva, PhD in Biology, senior researcher at the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture – the Structural Subdivision of Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, kiselevaolga@inbox.ru

Evgeny Shagalov, PhD in Geology and Mineralogy, Associate Professor at the Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry of Ural State Mining University, shagalov@igg.uran.ru

Nikolay Chebykin, research associate in Centre of collective usage «Geoanalitik» of The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, tchebykinnikolai@yandex.ru