

Идентификация уровня ploidy растений в селекции винограда

Клименко В.П., Лушай Е.А., Абдурашитова А.С.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31

Аннотация. Полиплоидные формы обращают на себя внимание своими положительными свойствами, одним из которых является увеличение по сравнению с диплоидными сортами размеров хозяйственно ценных органов. Значительное количество работ по полиплоидии растений в последнее время обусловлено развитием аналитических методов, таких как современные способы приготовления цитогенетических препаратов, цифровая микроскопия, проточная цитометрия, ПЦР-анализ. В настоящее время для получения полиплоидных форм растений используют системы культуры ткани. Успех индукции полиплоидии зависит от различных факторов: состава питательной среды, антимиотического агента, типа эксплантов, времени воздействия и концентрации веществ. В программах создания полиплоидных форм растений проводят исследования с использованием прямого подсчета хромосом, проточной цитометрии, ПЦР-анализа, а также косвенных методов изучения морфологических особенностей объектов. Методы изучения структуры эпидермиса листа являются простыми, быстрыми, неразрушающими и не требующими дорогих реагентов или оборудования. В качестве морфологических индикаторов ploidy обычно используют параметры устьиц (частота устьиц, размеры замыкающих клеток и количество хлоропластов в устьицах). Предлагаются простые протоколы прямого и косвенного методов анализа ploidy винограда. Наиболее успешными работами в области изучения ploidy растений можно считать исследования комплексные. Косвенные методы анализа следует использовать для массового скрининга исходной выборки, прямые методы – для точного изучения генома отобранных растений. Изучение морфологических особенностей эпидермиса листьев может быть использовано в селекционных программах создания виноградных полиплоидов. Исследование дает рациональное обоснование дальнейшей работы по анализу цитогенетических и морфологических особенностей полиплоидных растений винограда.

Ключевые слова: виноград; геном; полиплоидия; индукция; хромосомы; устьица; селекция.

Для цитирования: Клименко В.П., Лушай Е.А., Абдурашитова А.С. Идентификация уровня ploidy растений в селекции винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021; 23(4):322-329. DOI 10.35547/IM.2021.23.4.003

Identification of the ploidy level of plants in grape breeding

Klimenko V.P., Luschay E.A., Abdurashitova A.S.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

Abstract. Polyploid forms attract attention for their positive properties, one of which is an increase in the size of economically valuable organs compared to diploid varieties. A significant number of works on plant polyploidy in recent years is due to the development of analytical methods, such as modern methods for the preparation of microslides, digital microscopy, flow cytometry, PCR-analysis. Tissue culture systems are currently used to obtain polyploid forms of plants. The success of polyploidy induction depends on various factors, such as composition of the nutrient medium, antimetabolic agent, type of explants, time of exposure, and concentration of substances. In programs for creating polyploid forms of plants, the research is carried out using direct chromosome counting, flow cytometry, PCR-analysis, as well as indirect methods for studying morphological characteristics of objects. Methods for study the structure of leaf epidermis are simple, fast, non-destructive and not requiring expensive reagents or equipment. Stomatal parameters (stomatal density, guard cell size, and the number of chloroplasts in stoma) are commonly used as morphological indicators of ploidy. Simple protocols of direct and indirect methods of ploidy analysis for grapes are proposed. Complex research can be considered as the most successful in the field of plant ploidy studies. Indirect methods of analysis should be used for mass screening of the initial sample, direct methods – for precise study of the genome of selected plants. The study of morphological characteristics of leaf epidermis can be used in breeding programs for the creation of grape polyploids. The research provides a rational basis for further work on the analysis of cytogenetic and morphological features of polyploid grape plants.

Key words: grapes; genome; polyploidy; induction; chromosomes; stomata; breeding.

For citation: Klimenko V.P., Luschay E.A., Abdurashitova A.S. Identification of the ploidy level of plants in grape breeding. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2021; 23(4):322-329 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.23.4.003

Введение

Последние десятилетия, без сомнения, стали периодом ренессанса в области работ по полиплоидии растений. Этот феномен обусловлен развитием и до-

ступностью новых методов идентификации ploidy организмов, таких как современные способы приготовления цитогенетических препаратов, цифровая микроскопия, проточная цитометрия, ПЦР-анализ.

Полиплоидия широко распространена в природе и в растениеводстве, многие существующие сорта куль-

турных растений являются полиплоидными. Предполагается, что амфидиплоидные дикие растения винограда, получившиеся в результате спонтанных скрещиваний между видами с различным числом хромосом (20 и 18) и в ходе последовавшего в дальнейшем удвоения хромосомного набора, положили начало всем видам подрода *Euvitis* с числом хромосом 38 [1]. Виды подрода *Muscadinia* с числом хромосом 40 возникли, по-видимому, также на основе полиплоидии [2]. В частности, вид *Vitis rotundifolia* можно рассматривать как естественный тетраплоид, появившийся в результате удвоения числа хромосом у исходной формы рода *Vitis*, которая имела 20 хромосом. Реальная дифференциация между подродом *Euvitis* и подродом *Muscadinia* убедительно подтверждается методом максимального правдоподобия и байесовским анализом [3]. В то же время, в процессе диверсификации видов винограда даже самые важные различия между ними не сопровождались резкими изменениями в морфометрии хромосом, кроме некоторых особенностей, которые отразились на индексе асимметрии [4, 5].

С того момента, когда люди стали использовать отбор для улучшения растений, имевших важное хозяйственное значение, среди выделенных объектов непременно оказывались и полиплоидные формы, которые обращали на себя внимание своими бесспорными достоинствами, хотя стародавние селекционеры еще не имели представлений о ploидности организмов. Поскольку полиплоидия заметно влияет на формирование продукции растений, удвоение хромосом интенсивно изучается на протяжении многих лет и нашло свое применение в селекции [6]. Для создания новых сортов растений селекционеры используют как индуцированную полиплоидию, так и естественные полиплоиды [7]. Одно из очевидных положительных свойств полиплоидных форм растений – увеличение по сравнению с диплоидными сортами размеров экономически ценных органов [8, 9]. Кроме того, полиплоиды можно использовать для преодоления нескрещиваемости в случае рискованного интерплоидного аутбридинга [10–12]. Исследование компонент генетической и экологической вариабельности тетраплоидных сортов винограда показало, что влияние генотипа может быть значительным для подавляющего большинства признаков качества, генетические оценки каждого признака предоставляют полезную информацию для совершенствования селекционных программ создания полиплоидов [13].

Целью данного обзора является анализ научно-исследовательских работ по методологии определения уровня ploидности растений с учетом его соответствия морфологическим особенностям эпидермиса листьев и обоснование значения этой связи для селекции винограда.

Индукция полиплоидии. В настоящее время для получения полиплоидных форм растений используют системы культуры ткани [14]. Удвоение хромосом *in vitro* может быть вызвано различными антимиотическими средствами. Чаще всего используют колхицин, оризалин и трифлуралин. Процесс индуцированного удвоения хромосом *in vitro* состоит из последователь-

ных стандартных процедур, включая собственно индукцию и протокол подтверждения для определения эффективности [6, 15–17]. Успех индукции зависит от различных факторов: состава питательной среды, антимиотического агента, типа эксплантов, времени воздействия и концентрации веществ.

Тетраплоиды винограда не смогли получить при обработке колхицином апикальной меристемы, но при этом один из проростков идентифицирован как анеуплоидный [18]. Среди проростков *in vitro*, регенерировавших из обработанных колхицином соматических эмбриоидов из незрелых зиготических зародышей диплоидного винограда *Vitis vinifera* L. идентифицировано только пять истинных тетраплоидов, $2n = 4x = 76$; все остальные оказались диплоидными, $2n = 2x = 38$ [19].

Для использования в программах селекции виноградных подвоев разработан простой и эффективный протокол индукции *in vitro* тетраплоидов, в частности, положительные результаты получены в гибридном потомстве от скрещивания подвоя Рипария × Рупестрис 101-14, $2n = 2x = 38$, с сортом Трайшед, $2n = 2x = 40$ [20]. В ходе определения оптимальных условий для полиплоидизации верхушек побегов и соматических эмбриоидов бессемянных сортов винограда с использованием колхицина и оризалина разработаны протоколы, позволившие получать автотетраплоидные растения с достаточно высокой частотой [21]. При совершенствовании методологии получения полиплоидов винограда путем обработки колхицином меристемных тканей почек в культуре ткани *in vitro* подобрана оптимальная методика, исключающая пролиферацию почек и образование побегов, а также дополнительную пересадку на твердую среду с цитокинином и бензиламинопурином [22].

Судя по сообщениям [23–25], обработка колхицином и оризолином меристемных тканей почек и соматических эмбриоидов винограда в культуре *in vitro* нередко способствует развитию цитохимерных регенерантов. Получение автотетраплоидных форм винограда в митозе считается затруднительным, в этом случае чаще всего появляются миксоploидные формы и для получения истинных тетраплоидов требуется проведение расхимеривания [26]. Химерность тканей – распространенное явление у винограда и при вегетативном размножении полиploидного растения имеется большая вероятность получения саженцев различной ploидности, при этом зиготы с отклонением от диплоидности обладают пониженной жизнеспособностью [27]. Тетраплоиды, индуцированные у образцов винограда *Vitis* spp. различной ploидности оказались жизнеспособными, легко укоренялись и были стабильными в течение многих лет, тогда как полученные наряду с ними цитохимеры терялись во время культивирования *ex vitro*, возвращаясь к исходным геномам, триploидному и тетраploидному [25]. Индукция полиploидии в мейозе оказалась более результативной методикой для получения автотетраploидных форм [24]. Наиболее эффективные протоколы индукции истинных автоploидов разработаны, исходя из целесообразности воздействия колхицина на проэмбриогенные клетки

суспензионных культур [28–30].

Прямые и косвенные методы определения пloidности растений. В программах создания полиплоидных форм растений для анализа уровня пloidности обычно проводят комплексные исследования с использованием прямого цитогенетического метода (путем подсчета хромосом), проточной цитометрии, ПЦР-анализа, а также косвенных методов изучения морфологических особенностей изучаемых объектов [19, 21, 31–35]. Впрочем, к косвенным методам анализа уровня пloidности иногда относят и проточную цитометрию, и молекулярные методы [32]. Проточная цитометрия (цитофлуориметрия) – выдающийся современный метод оценки пloidности объектов, и все же используются и другие методы подтверждения полиплоидности, такие как морфологические наблюдения [6, 36]. Но не всегда понятно, в какой степени вегетативные признаки коррелируют с репродуктивными признаками [37].

Исследования показали, что все протестированные методы определения уровня пloidности растений могут быть успешно использованы [21, 33–35, 38]. Вместе с тем, получение растений для морфологических наблюдений требует длительного времени, прямой метод подсчета хромосом считается трудоемкой операцией, а проточная цитометрия и ПЦР-анализ остаются дорогими и сложными процедурами. В то же время, методы изучения структуры эпидермиса листа являются более простыми в использовании и могут рассматриваться как практическая альтернатива другим методам определения уровня пloidности растений [32]. Подсчет устьиц и хлоропластов – метод быстрый, неразрушающий и не требующий дорогих реагентов или оборудования [19, 21, 39, 40].

В качестве морфологических индикаторов уровня пloidности у многих видов растений обычно используют параметры устьиц (частота устьиц, размеры замыкающих клеток и количество хлоропластов в устьицах). Установлено, что у полиплоидных проростков более крупные устьица, чем у диплоидных проростков [41]. Размер устьиц статистически коррелирует с уровнем пloidности регенерантов и может быть использован для предварительного скрининга полиплоидии [21]. Изменение уровня пloidности влияет на морфологию и параметры устьиц с вероятными последствиями для водного баланса листьев [31]. Отмечена значимая положительная корреляция между размером устьиц и уровнем пloidности, высокая отрицательная связь – между плотностью устьиц и уровнем пloidности, что свидетельствует о снижении плотности устьиц в результате повышения уровня пloidности [19, 31, 42]. Более низкая плотность устьиц в листьях тетраплоидов объясняется большими размерами устьиц и клеток эпидермиса, а также уменьшением дифференциации устьиц [35]. Результаты эксперимента с целью установления размера устьиц и количества хлоропластов в клетках эпидермиса, которые могут быть объективными критериями для определения уровня пloidности, показали значительную разницу в пloidности объектов, несмотря на то, что различия между генотипами не были существенными [32].

Уникальное исследование связи размера устьиц и размера генома проведено усилиями сорока трех исследователей для широкого спектра покрытосеменных растений 1442 видов в Аргентине, Иране, Испании и Великобритании; при этом установлено, что величина устьиц положительно коррелирует с размером генома в большом диапазоне основных таксонов, однако гипотеза причинности осталась недоказанной [43].

Так же, как в случаях полиплоидизации *in vitro* многих растений, размер устьиц продемонстрирован в качестве подходящего индикатора размера генома и для полиплоидного виноградного растения [21]. Хотя биологическое значение соответствия между размером генома и размером устьиц у автополиплоидов остается спорным [43], сравнение между структурами эпидермиса и содержанием ДНК может быть полезным для изучения индуцированных *in vitro* полиплоидов виноградной лозы.

Физиологическое значение устьиц для растений. Устьица – это специализированные структуры эпидермиса, которые функционируют как клапаны внутреннего давления в газообмене. Устьица образованы двумя замыкающими клетками с апертурой и связывают межклеточные пространства внутри листа с атмосферой. Эта связь имеет решающее значение для выживания растений, поскольку позволяет углекислому газу достигать хлоропластов мезофилла для фотосинтетических реакций. Регулировка ширины апертур ограничивает потерю воды, которая контролируется параметрами окружающей среды и растений посредством сложных путей передачи сигналов [31].

Устьица имеют решающее значение для фотосинтеза, их размер влияет на функциональную эффективность и меняется в зависимости от жизненного цикла, внося свой вклад в экологическую и физиологическую специализацию листа [43–45]. Взаимосвязь между устьичной проводимостью и водным потенциалом в листьях может быть ключом к пониманию функций растений в условиях изменяющегося климата [46]. Плотность устьиц листа – основной фактор, регулирующий водный баланс в виноградных растениях, существенно варьирующий в зависимости от температуры почвы, концентрации углекислого газа в атмосфере и запаса углеводов [47]. Отмечено, что в листьях растений, выращенных в культуре ткани, наблюдается более высокая частота устьиц, чем в листьях растений *in vivo*; высокая летальность растений *ex vitro* объясняется, прежде всего, чрезмерной потерей влаги из-за высокой плотности устьиц [48].

Последовательность косвенного метода анализа пloidности винограда. Косвенные методы анализа следует использовать для массового скрининга уровня пloidности большой исходной выборки растений. Исходя из анализа опубликованных данных и собственных наблюдений, рекомендуется следующая последовательность косвенного метода анализа пloidности винограда.

В качестве исходного материала лучше всего использовать растения *in vivo*, растения *in vitro* подходят в меньшей степени, пророщенные черенки *in situ* менее всего годятся для данной работы. Необходимо и

достаточно рандомизированно отобрать по 5–10 растений каждого генотипа, по 3–10 полностью развитых листьев на растение или по 30 полностью развитых листьев на генотип [21, 31, 32, 34]. Листья следует намочить, их можно хранить в холодильнике. Начинать работу лучше всего с утра.

Возможны, как минимум, три варианта приготовления временных препаратов, с использованием как адаксиального, так и абаксиального подхода, в зависимости от исходного материала.

Вариант 1. Клейкую ленту (скотч) поместить на среднюю часть верхней стороны листовой пластинки и вдали от краев листа. Прижать скотч к листу. Затем плавно снять с листа, захватывая при этом верхний слой эпидермиса. Освобожденный от верхнего слоя фрагмент листовой пластинки вырезать и поместить на предметное стекло [35].

Вариант 2. Метилацетатный клей или аналогичный ему равномерно намазать на среднюю часть нижней стороны листовой пластинки и вдали от краев листа. Через 5 мин. высушенную мембрану осторожно снять с листа и поместить на предметное стекло [31].

Вариант 3. Убрать пыль с листьев влажной ватой. Затем нанести слой прозрачного лака равномерно на среднюю часть нижней стороны листовой пластинки и вдали от краев листа. После того, как лак полностью высохнет, пленку снять, чтобы сделать временный препарат [45].

Материал целесообразно окрашивать. Эпидермис кожицы рекомендуется окрашивать в капле раствора йод-йодистого калия (1 г йода и 2 г йодида калия, растворенные в 100 мл дистиллированной воды) в течение 2 мин. [49]. При изучении хлоропластов можно использовать однопроцентный раствор AgNO_3 [32].

Подготовленные в соответствии с вышеуказанными процедурами препараты следует просматривать с использованием объектива 20 или 40 микроскопа и с помощью соответствующих режимов цифровой видеокамеры. Объектами изучения являются устьица (пара замыкающих клеток) и хлоропласты. Объекты изучаются перемещением предметного столика микроскопа челночным способом. Изучение следует принципу «здесь и сейчас», временные препараты не подлежат хранению, но для дальнейшего использования их можно перевести в постоянные препараты. Для определения плотности устьиц необходимо и достаточно изучить 3–5 микроскопических полей на лист [21, 31]. Для определения количества хлоропластов на устьице, длины и ширины замыкающей клетки необходимо и достаточно провести от 4 до 15 измерений на лист, или собрать информации по 300–600 устьицам для каждого генотипа [34]. Производится подсчет количества хлоропластов на 1 устьице, расчет плотности устьиц в микроскопическом поле, измерение длины и ширины замыкающих клеток [38, 42].

Изучение объектов можно производить на репрезентативных фотографиях. Удачные изображения подлежат захвату и сохранению в памяти компьютера. Для анализа плотности устьиц, количества хлоропластов на устьице, длины и ширины замыкающей клетки на фотографиях необходимо сфотографировать до

5 рандомизированно отобранных микроскопических полей на лист [21].

Контрольными вариантами для гибридов винограда являются параметры устьиц и хлоропластов исходных форм с установленным диплоидным набором хромосом $2n = 2x = 38$.

По предварительным данным у растений вида *Vitis vinifera*:

– для диплоидов винограда длина замыкающей клетки 22–28 мкм, ширина замыкающей клетки 18–19 мкм [19];

– для тетраплоидов винограда длина замыкающей клетки 34–37 мкм, ширина замыкающей клетки 25–27 мкм [19];

– плотность устьиц диплоидов 175–187/мм², тетраплоидов 152–161/мм² [19, 21].

Параметры устьиц и хлоропластов у других видов винограда, а также у межвидовых сортов могут значительно отличаться от параметров растений вида *Vitis vinifera*. Кроме того, морфология эпидермиса листа во многом зависит от экологических условий.

Для получения достоверных результатов необходимо получить по соответствующим выборкам средние значения количества хлоропластов в расчете на одно устьице и на площадь замыкающей ячейки, длины и ширины замыкающих клеток, плотности устьиц. Плотность устьиц следует оценивать путем подсчета количества устьиц на микрополе (например, площадью 203×152 мкм при 40-кратном увеличении). Эти значения затем необходимо преобразовать в показатели «устьица на мкм²» и «устьица на мм²». Статистическую оценку результатов желательно представить в виде стандартных отклонений. Для исследования зависимостей надо рассчитать коэффициенты парной корреляции между количеством хлоропластов на устьице, плотностью устьиц, размером устьиц и уровнем плоидности. Подлежат проверке рабочие гипотезы о предполагаемой положительной корреляции между плоидностью и количеством хлоропластов на устьице или на замыкающую клетку, между плоидностью и размером устьиц; а также об отрицательной корреляции между плоидностью и плотностью устьиц.

Последовательность прямого метода анализа плоидности винограда. Прямые методы анализа следует использовать для точной идентификации уровня плоидности предварительно отобранного ограниченного набора растительных объектов. Исходя из анализа опубликованных методик и собственных наблюдений, рекомендуется следующая последовательность простейшего прямого метода анализа плоидности винограда.

В качестве исходного материала лучше всего использовать растения *in vitro*, пророщенные черенки *in situ* в меньшей степени годятся для данной методики вследствие более низкого митотического индекса. Необходимо и достаточно рандомизированно отобрать по 5 растений каждого генотипа независимо от того, размножены ли они микрочеренкованием или выращены из семян, высеянных *in vitro* [32]. Предпочтительнее использовать корешки длиной 5–10 мм, чем верхушки побегов, по причинам более результа-

тивной работы с образцами, точной идентификации точек роста и большого количества делящихся клеток [50]. Начинать работу лучше всего с утра.

Для фиксации необходимо поместить образцы в соответствующий фиксатор, выдержать 30 мин., затем промыть их дистиллированной водой или поместить в воду на 20 мин.

Для гидролиза следует поместить образцы в раствор 1N HCl, выдержать 7 мин. при 60°C, затем промыть их дистиллированной водой или поместить в воду на 20 мин.

Для окрашивания надо поместить образцы в раствор ацетокармина, выдержать 1,5 часа.

Подготовленные в соответствии с вышеуказанной процедурой препараты следует просматривать с использованием объектива 100 микроскопа и с помощью соответствующих режимов цифровой видеокамеры. Объектами изучения являются метафазные клетки и хромосомы. Объекты изучаются перемещением предметного столика микроскопа челночным способом. Изучение следует принципу «здесь и сейчас», временные препараты не подлежат хранению, но для дальнейшего использования их можно перевести в постоянные препараты. Для подсчета хромосом необходимо и достаточно исследовать минимум по 3 корня в каждом проростке, минимум по 5 метафаз на корень, или собрать информации более чем на 50 метафазных клеток для каждого генотипа [19].

Изучение объектов можно производить на репрезентативных фотографиях. Удачные изображения подлежат захвату и сохранению в памяти компьютера. Для подсчета хромосом на фотографиях необходимо сфотографировать по 5 микроскопических полей из 3 рандомизированно отобранных корешков [21].

Контрольными вариантами для гибридов, клонов и сортов винограда являются параметры пloidности исходных форм или распространенных сортов.

По общепринятым данным у растений рода *Vitis*:

– диплоидный набор хромосом у растений подрода *Euvtis* $2n = 2x = 38$;

– диплоидный набор хромосом у растений подрода *Muscadinia* (*Vitis rotundifolia* и т.п.) $2n = 2x = 40$;

– триплоидный набор хромосом у растений рода *Vitis* $2n = 3x = 57$;

– тетраплоидный набор хромосом у растений рода *Vitis* $2n = 4x = 76$;

– гаплоидный набор хромосом у растений рода *Vitis* $2n = x = 19$.

Для получения достоверных результатов необходимо получить по соответствующим выборкам средние значения количества хромосом в расчете на одну метафазную клетку. Статистическую оценку результатов желательно представить в виде стандартных отклонений.

Выводы

Анализ научно-исследовательских работ в области изучения пloidности растений позволяет заключить, что наиболее успешными можно считать исследования комплексные, основанные на использовании нескольких концепций, прямых и косвенных методов изучения геномов. Косвенные методы анализа следует

использовать для массового скрининга исходной выборки, прямые методы – для точной идентификации уровня пloidности отобранных растений. Несмотря на незавершенный поиск причин соответствия параметров устьиц размеру генома, изучение морфологических особенностей эпидермиса листьев может быть использовано в селекционных программах создания виноградных полиплоидов. Это исследование дает рациональное обоснование дальнейшей работы по анализу как цитогенетических, так и морфологических особенностей полиплоидных растений винограда.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках Государственного задания Минобрнауки России № 0561-2019-0001.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. 0561-2019-0001.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Топалэ Ш.Г. Цитологические исследования местных сортов и спонтанно возникших тетраплоидных форм винограда Крыма. «Магарач». Виноградарство и виноделие». 2015;3:58–59.
2. Топалэ Ш. Кариология, полиплоидия и отдаленная гибридизация винограда. Кишинев: Ботанический сад АНМ, НИВиВ. 2011:1–560.
3. Zecca G., Abbott J.R., Sun W.B., Spada A., Sala F., Grassi F. The timing and the mode of evolution of wild grapes (*Vitis*). Molecular Phylogenetics and Evolution, Salt Lake City. 2012; 62(2):736–747. doi: 10.1016/j.ympev.2011.11.015.
4. Pierozzi N.I. Karyotype and nor-banding of mitotic chromosomes of some *Vitis* L. species. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 2011:564–570. doi:10.1590/S0100-29452011000500077.
5. Pierozzi N.I., Moura M.F. Karyotype analysis in grapevines. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP. 2016;38(1):213–221. doi:10.1590/0100-2945-280/14.
6. Dhooghe E., Van Laere K., Eeckhaut T., Leus L., Van Huylenbroeck J. Mitotic chromosome doubling of plant tissues *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2011;104:359–373. doi:10.1007/s11240-010-9786-5.
7. Sattler M.C., Carvalho C.R., Clarindo W.R. The polyploidy and its key role in plant breeding. Planta. 2016;243:281–296. doi:10.1007/s00425-015-2450-x.
8. Wang X., Cheng Z.-M., Zhi S., Xu F. Breeding triploid plants: a review. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2016;52(2):41–54. doi: 10.17221/151/2015-CJGPB.
9. Yamada M., Sato A. Advances in table grape breeding in Japan. Breeding Science. 2016;66(1): 34–45. doi: 10.1270/jsbbs.66.34.
10. Ji W., Li G. R., Luo Y. X., Ma X. H., Wang M., Ren R. *In vitro* embryo rescue culture of F1 progenies from crosses between different ploidy grapes. Genetics and Molecular Research. 2015;14 (4):18616–18622. doi: 10.4238/2015. December.28.10.
11. Liang Z., Sang M., Ma A., Zhao S., Zhong G., Li S. Inheritance of sugar and acid contents in the ripe berries of a tetraploid × diploid grape cross population. Euphytica. 2011;182:251–259. doi: 10.1007/s10681-011-0487-x.
12. Sun L., Zhang G., Yan A., Xu H. The study of triploid progenies crossed between different ploidy grapes. African Journal of Biotechnology. 2011;10(32):5967–5971. doi:

- 10.5897/AJB10.1850.
13. Shiraishi M., Fujishima H., Chijiwa H., Muramoto K. Estimates of genotypic and yearly variations on fruit quality and functional traits for tetraploid table grape breeding. *Euphytica*. 2012;185:243–251. doi:10.1007/s10681-011-0562-3.
14. Touchell D.H., Palmer I.E., Ranney T.G. *In vitro* ploidy manipulation for crop improvement. *Frontiers in Plant Sciences*. 03 June 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00722>.
15. Manzoor A., Ahmad T., Bashir M.A., Hafiz I.A., Silvestri C. Studies on colchicine induced chromosome doubling for enhancement of quality traits in ornamental plants. *Plants (Basel)*. 2019;8(7):194. Published 2019 Jun 28. doi:10.3390/plants8070194.
16. Özalp Z. O., Ergönül O. Polyploidy studies in viticulture. *Trakya University Journal of Natural Sciences*. 2013;14(2):103–107.
17. Zhang B., Li L., Yang G., Gao Q. Study on tetraploid induction of Jingxiu grape. *Journal of Northeast Agricultural University*. 2011;7:91–97.
18. Kara Z., Sabir A., Yazar K., Doğan O., Şit M. M. Effects of colchicine treatments on some grape rootstock and grape varieties at cotyledon stage. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2018;32(3):424–429. doi:10.15316/SJAIFS.2018.117.
19. Yang X. M., Cao Z. Y., An L. Z., Wang Y. M., Fang X. W. *In vitro* tetraploid induction via colchicine treatment from diploid somatic embryos in grapevine (*Vitis vinifera* L.) *Euphytica*. 2006;152:217–224. doi:10.1007/s10681-006-9203-7.
20. Xie X., Agüero C. B., Wang Y., Walker M.A. *In vitro* induction of tetraploids in *Vitis* × *Muscadinia* hybrids. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2015;122:675–683. doi:10.1007/s11240-015-0801-8.
21. Sinski I., Dal Bosco D., Pierozzi N.I., Maia J.D.G., Ritschel P.S., Quecini V. Improving *in vitro* induction of autopolyploidy in grapevine seedless cultivars. *Euphytica*. 2014;196(2):299–311. doi:10.1007/s10681-013-1034-8.
22. Зленко В.А., Лиховской В.В., Волынкин В.А., Васылык И.А., Долгов С.В. Оптимизация методологии получения полиплоидных растений из почек винограда в культуре тканей *in vitro* // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2017;1:3–5.
23. Кулиев В.М. Генетические методы автополиплоидии у винограда // Научный журнал КубГАУ, 2010;61(07): <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/25.pdf>.
24. Kuliev V.M. Induced autotetraploid grape mutants. *Cytology and Genetics*. 2011;45(3):163–163. doi: 10.3103/S0095452711030054.
25. Notsuka K., Tsuru T., Shiraishi M. Induced polyploid grapes via *in vitro* chromosome doubling. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2000;69(5):543–551. doi:10.2503/jjshs.69.543.
26. Kuliiev V.M. The study of polyploid mutant forms of grapes. *Cytology & Histology International Journal*. 2020;4(1):1–6.
27. Клименко В.П. Генетическая интерпретация клоновой селекции винограда. Магарач. Виноградарство и виноделие. 2019;21(4):282–288. doi: 10.35547/IM.2019.21.4.001.
28. Зленко В.А., Лиховской В.В., Волынкин В.А., Хватков П.А., Васылык И.А., Долгов С.В. Индукция соматического эмбриогенеза в культуре *in vitro* винограда (*Vitis vinifera* L.) отечественной и зарубежной селекции. *Биотехнология*. 2017;33(5):35–44. doi:10.215119/0234-2758-2017-33-5-35-44.
29. Зленко В.А., Клименко В.П., Павлова И.А., Лушай Е.А., Петухова А.В., Абдурашитова А.С., Лиховской В.В. Соматическая изменчивость растений винограда, регенерировавших из колхицинированных клеток суспензионных культур. «Магарач.» Виноградарство и виноделие. 2020;22(3):190–195. doi:10.35547/IM.2020.22.3.001.
30. Acanda Y., Martinez O., Ganzalez M.U., Prado M.J., Rey M. Highly efficient *in vitro* tetraploid plant production via colchicine treatment using embryogenic suspension cultures in grapevine (*Vitis vinifera* cv. Mencia). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2015;123:547–555. doi: 10.1007/s11240-015-0259-3.
31. Padoan D., Mossad A., Chiancone B., Germana M. A., Khan P.S.S.V. Ploidy levels in *Citrus clementine* affects leaf morphology, stomatal density and water content. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2013;25(4):283–290. doi: 10.1590/S2197-00252013000400006.
32. Sari N., Abak K., Pitrat M. Comparison of ploidy level screening methods in watermelon: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai. *Scientia Horticulturae*. 1999;82:265–277. doi: 10.1016/S0304-4238(99)00077-1.
33. Singh R. J. *Plant cytogenetics*. 2nd ed. Boca Raton London New York Washington, D.C.: CRC PRESS LLC. 2003:1–463. ISBN 0-8493-2388-6.
34. Sun Q., Sun H., Li L., Bell R.L. *In vitro* colchicine-induced polyploid plantlet production and regeneration from leaf explants of the diploid pear (*Pyrus communis* L.) cultivar, Fertility. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 2009;84(5):548–552 doi:10.1080/14620316.2009.11512564.
35. Tu H., Zhang A., Xiao W., Lin Y., Shi J., Wu Y., Wu Si., Zhong C., Mo S. Induction and identification of tetraploid *Hedychium coronarium* through thin cell layer culture // *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2018;135:395–406. doi:10.1007/s11240-018-1472-z.
36. Soroka A.I. Differentiation of haploid and dihaploid rape plants at the cytological and morphological levels. *Cytology and Genetics*. 2013;47(2):88–92. doi: 10.3103/S0095452713020102.
37. Pierce S., Bottinelli A., Bassani I., Ceriani R.M., Cerabolini B.E.L. How well do seed production traits correlate with leaf traits, whole-plant traits and plant ecological strategies? *Plant Ecology*. 2014;215:1351–1359. doi: 10.1007/s11258-014-0392-1.
38. Лушай Е.А., Петухова А.В., Абдурашитова А.С. Оценка пloidности соматклонов винограда. Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». 2020;XLIX:50–53. doi:10.35547/7081.2020.57.12.001.
39. Монахос С.Г., Нгуен М.Л., Безбожная А.В., Монахос Г.Ф. Связь пloidности с числом хлоропластов в замыкающих клетках устьиц у диплоидных и амфидиплоидных видов *Brassica* // *Сельскохозяйственная биология*. 2014;5:44–54. doi: 10.15389/agrobiol.2014.5.44rus.
40. Yuan S., Liu Y., Fang Z., Yang L., Zhuang M., Zhang Y., Sun P. Study on the relationship between the ploidy level of microspore-derived plants and the number of chloroplast in stomatal guard cells in *Brassica oleracea*. *Agricultural Sciences in China*. 2009;8(8):939–946. doi: 10.1016/S1671-2927(08)60298-9.
41. Lawson T., Blatt M.R. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology*. 2014;164(4):1556–1570. doi:10.1104/pp.114.237107.
42. Klimenko V., Lushchay E., Zlenko V. Polyploidy in tissues of plants *in vitro* of grape somaclones. BIO Web of Conferences. International Scientific Conference “Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture”. 2021;34:03002. doi:10.1051/bioconf/20213403002.
43. Hodgson J.G., Sharafi M., Jalili A., Díaz S., Montserrat-Martí G., Palmer C., et al. Stomatal vs. genome size in angiosperms: the somatic tail wagging the genomic dog? *Annals of Botany*. 2010;105:573–584. doi:10.1093/aob/mcq011.
44. Pierce S., Brusa G., Vagge I., Cerabolini B.E.L. Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vas-

- cular plants. *Functional Ecology*. 2013;27:1002–1010. doi:10.1111/1365-2435.12095.
45. Zhu J., Yu Q., Xu C., Li J., Qin G. Rapid estimation of stomatal density and stomatal area of plant leaves based on object-oriented classification and its ecological trade-off strategy analysis. *Forests*. 2018;616(9):1–18. doi:10.3390/f9100616.
 46. Klein T. The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and anisohydric behaviours. *Functional Ecology*. 2014;28:1313–1320. doi:10.1111/1365-2435.12289.
 47. Rogiers S.Y., Hardie W.J., Smith J.P. Stomatal density of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L.) responds to soil temperature and atmospheric carbon dioxide. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. 2011;17(2):147–152. doi:10.1111/j.1755-0238.2011.00124.x.
 48. Sha Valli Khan P.S., Sunitibala D.H., Kishore R.K., Rao B.N. Micropropagation and some acclimatization characteristics of *Centella asiatica* Linn. Urban. *Indian Journal of Plant Physiology*. 2009;14:353–359.
 49. Thomas T.D., Bhatnagar A.K., Bhojwani S.S. Production of triploid plants of mulberry (*Morus alba* L.) by endosperm culture. *Plant Cell Reports*. 2000;19(4):395–399. doi:10.1007/s002990050746.
 50. Klimenko V.P. Pathological mitosis and mixoploidy in the meristematic tissues of grape plant. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2019;50(2):31–38. doi:10.1134/S1062360419020024.
- ### References
1. Topale S. G. Cytological studies of local varieties and spontaneous tetraploid forms of Crimean grapevine. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2015;3:58–59 (*in Russian*).
 2. Topale Sh.G. Caryology, polyploidy and remote grape hybridization. Chisinau: Botanical Garden of the ASM. 2011:1–560 (*in Russian*).
 3. Zecca G., Abbott J.R., Sun W.B., Spada A., Sala F., Grassi F. The timing and the mode of evolution of wild grapes (*Vitis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, Salt Lake City. 2012; 62(2):736–747. doi:10.1016/j.ympev.2011.11.015.
 4. Pierozzi N.I. Karyotype and nor-banding of mitotic chromosomes of some *Vitis* L. species. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*. 2011:564–570. doi:10.1590/S0100-29452011000500077.
 5. Pierozzi N.I., Moura M.F. Karyotype analysis in grapevines. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP*. 2016;38(1):213–221. doi:10.1590/0100-2945-280/14.
 6. Dhooghe E., Van Laere K., Eeckhaut T., Leus L., Van Huylenbroeck J. Mitotic chromosome doubling of plant tissues *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2011;104:359–373. doi:10.1007/s11240-010-9786-5.
 7. Sattler M.C., Carvalho C.R., Clarindo W.R. The polyploidy and its key role in plant breeding. *Planta*. 2016;243:281–296. doi:10.1007/s00425-015-2450-x.
 8. Wang X., Cheng Z.-M., Zhi S., Xu F. Breeding triploid plants: a review. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2016;52(2):41–54. doi:10.17221/151/2015-CJGPB.
 9. Yamada M., Sato A. Advances in table grape breeding in Japan. *Breeding Science*. 2016;66(1): 34–45. doi:10.1270/jsbbs.66.34.
 10. Ji W., Li G. R., Luo Y. X., Ma X. H., Wang M., Ren R. *In vitro* embryo rescue culture of F1 progenies from crosses between different ploidy grapes. *Genetics and Molecular Research*. 2015;14 (4):18616–18622. doi:10.4238/2015. December.28.10.
 11. Liang Z., Sang M., Ma A., Zhao S., Zhong G., Li S. Inheritance of sugar and acid contents in the ripe berries of a tetraploid × diploid grape cross population. *Euphytica*. 2011;182:251–259. doi:10.1007/s10681-011-0487-x.
 12. Sun L., Zhang G., Yan A., Xu H. The study of triploid progenies crossed between different ploidy grapes. *African Journal of Biotechnology*. 2011;10(32):5967–5971. doi:10.5897/AJB10.1850.
 13. Shiraishi M., Fujishima H., Chijiwa H., Muramoto K. Estimates of genotypic and yearly variations on fruit quality and functional traits for tetraploid table grape breeding. *Euphytica*. 2012;185:243–251. doi:10.1007/s10681-011-0562-3.
 14. Touchell D.H., Palmer I.E., Ranney T.G. *In vitro* ploidy manipulation for crop improvement. *Frontiers in Plant Sciences*. 03 June 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00722>.
 15. Manzoor A., Ahmad T., Bashir M.A., Hafiz I.A., Silvestri C. Studies on colchicine induced chromosome doubling for enhancement of quality traits in ornamental plants. *Plants (Basel)*. 2019;8(7):194. Published 2019 Jun 28. doi:10.3390/plants8070194.
 16. Özalp Z. O., Ergönül O. Polyploidy studies in viticulture. *Trakya University Journal of Natural Sciences*. 2013;14(2):103–107.
 17. Zhang B., Li L., Yang G., Gao Q. Study on tetraploid induction of Jingxiu grape. *Journal of Northeast Agricultural University*. 2011;7:91–97.
 18. Kara Z., Sabir A., Yazar K., Doğan O., Şit M. M. Effects of colchicine treatments on some grape rootstock and grape varieties at cotyledon stage. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2018;32(3):424–429. doi:10.15316/SJAFS.2018.117.
 19. Yang X. M., Cao Z. Y., An L. Z., Wang Y. M., Fang X. W. *In vitro* tetraploid induction via colchicine treatment from diploid somatic embryos in grapevine (*Vitis vinifera* L.) *Euphytica*. 2006;152:217–224. doi:10.1007/s10681-006-9203-7.
 20. Xie X., Agüero C. B., Wang Y., Walker M.A. *In vitro* induction of tetraploids in *Vitis* × *Muscadinia* hybrids. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2015;122:675–683. doi:10.1007/s11240-015-0801-8.
 21. Sinski I., Dal Bosco D., Pierozzi N.I., Maia J.D.G., Ritschel P.S., Quecini V. Improving *in vitro* induction of autopolyploidy in grapevine seedless cultivars. *Euphytica*. 2014;196(2):299–311. doi:10.1007/s10681-013-1034-8.
 22. Zlenko V.A., Likhovskoi V.V., Volynkin V.A., Vasylyk I.A., Dolgov S.V. Methodology optimization for obtaining polyploid grape plants from buds in tissue culture *in vitro*. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2017;1:3–5 (*in Russian*).
 23. Kuliev V.M. Genetic methods of autopolyploidy of grapes. *Scientific Journal KubSAU*. 2010; 61(07): <http://ej.kubagro.ru/2010/07/pdf/25.pdf> (*in Russian*).
 24. Kuliev V.M. Induced autotetraploid grape mutants. *Cytology and Genetics*. 2011;45(3):163–163. doi:10.3103/S0095452711030054.
 25. Notsuka K., Tsuru T., Shiraishi M. Induced polyploid grapes via *in vitro* chromosome doubling. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 2000;69(5):543–551. doi:10.2503/jjshs.69.543.
 26. Kuliye V.M. The study of polyploid mutant forms of grapes. *Cytology & Histology International Journal*. 2020;4(1):1–6.
 27. Klimenko V.P. Genetic interpretation of clone selection of grapes. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21(4):282–288. doi:10.35547/iM.2019.21.4.001 (*in Russian*).
 28. Zlenko V.A., Likhovskoy V.V., Volynkin V.A., Khvatkov P.A., Vasylyk I.A., Dolgov S.V. Induction of *in vitro* somatic embryogenesis in grapes (*Vitis vinifera* L.) of domestic and foreign breeding. *Biotechnology*. 2017;33(5):35–44. doi:10.21519/0234-2758-2017-33-5-35-44 (*in Russian*).
 29. Zlenko V.A., Klimenko V.P., Pavlova I.A., Lushchay E.A., Petyhova A.V., Abdurashitova A.S., Likhovskoi V.V. Somaclonal variation of grape plants regenerated from colchicinated cells of suspension cultures. *Magarach.*

- Viticulture and Winemaking. 2020;22(3):190–195. doi: 10.35547/IM.2020.22.3.001 (in Russian).
30. Acanda Y., Martinez O., Ganzalez M.U., Prado M.J., Rey M. Highly efficient *in vitro* tetraploid plant production via colchicine treatment using embryogenic suspension cultures in grapevine (*Vitis vinifera* cv. Mencia). Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2015;123:547–555. doi: 10.1007/s11240-015-0259-3.
31. Padoan D., Mossad A, Chiancone B., Germana M. A., Khan P.S.S.V. Ploidy levels in *Citrus clementine* affects leaf morphology, stomatal density and water content. Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2013;25(4):283–290. doi: 10.1590/S2197-00252013000400006.
32. Sari N., Abak K., Pitrat M. Comparison of ploidy level screening methods in watermelon: *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai. Scientia Horticulturae. 1999;82:265–277. doi: 10.1016/S0304-4238(99)00077-1.
33. Singh R. J. Plant cytogenetics. 2nd ed. Boca Raton London New York Washington, D.C.: CRC PRESS LLC. 2003:1–463. ISBN 0-8493-2388-6.
34. Sun Q., Sun H., Li L., Bell R.L. *In vitro* colchicine-induced polyploid plantlet production and regeneration from leaf explants of the diploid pear (*Pyrus communis* L.) cultivar, Fertility. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 2009;84(5):548–552 doi:10.1080/14620316.2009.11512564.
35. Tu H., Zhang A., Xiao W., Lin Y., Shi J., Wu Y., Wu Si., Zhong C., Mo S. Induction and identification of tetraploid *Hedychium coronarium* through thin cell layer culture // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2018;135:395–406. doi:10.1007/s11240-018-1472-z.
36. Soroka A.I. Differentiation of haploid and dihaploid rape plants at the cytological and morphological levels. Cytology and Genetics. 2013;47(2):88–92. doi: 10.3103/S0095452713020102.
37. Pierce S., Bottinelli A., Bassani I., Ceriani R.M., Cerabolini B.E.L. How well do seed production traits correlate with leaf traits, whole-plant traits and plant ecological strategies? Plant Ecology. 2014;215:1351–1359. doi: 10.1007/s11258-014-0392-1.
38. Lushchay E.A., Petukhova A.V., Abdurashitova A.S. Evaluation of the ploidy of grape somaclones, Viticulture and Winemaking, Collection of Scientific Papers. 2020;XLIX:50–53. doi: 10.35547/7081.2020.57.12.001 (in Russian).
39. Monakhos S.G., Nguen M.L., Bezbozhnaya A.V., Monakhos G.F. A relationship between ploidy level and the number of chloroplasts in stomatal guard cells in diploid and amphidiploid *Brassica* species. Agrobiology. 2014;5:44–54. doi: 10.15389/agrobiology.2014.5.44rus (in Russian).
40. Yuan S., Liu Y., Fang Z., Yang L., Zhuang M., Zhang Y., Sun P. Study on the relationship between the ploidy level of microspore-derived plants and the number of chloroplast in stomatal guard cells in *Brassica oleracea*. Agricultural Sciences in China. 2009;8(8):939–946. doi: 10.1016/S1671-2927(08)60298-9.
41. Lawson T., Blatt M.R. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. Plant Physiology. 2014;164(4):1556–1570. doi:10.1104/pp.114.237107.
42. Klimenko V., Lushchay E., Zlenko V. Polyploidy in tissues of plants *in vitro* of grape somaclones. BIO Web of Conferences. International Scientific Conference “Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture”. 2021;34:03002. doi:10.1051/bioconf/20213403002.
43. Hodgson J.G., Sharafi M., Jalili A., Díaz S., Montserrat-Martí G., Palmer C., et al. Stomatal vs. genome size in angiosperms: the somatic tail wagging the genomic dog? Annals of Botany. 2010;105:573–584. doi:10.1093/aob/mcq011.
44. Pierce S., Brusa G., Vagge I., Cerabolini B.E.L. Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. Functional Ecology. 2013;27:1002–1010. doi:10.1111/1365-2435.12095.
45. Zhu J., Yu Q., Xu C., Li J., Qin G. Rapid estimation of stomatal density and stomatal area of plant leaves based on object-oriented classification and its ecological trade-off strategy analysis. Forests. 2018;616(9):1–18. doi:10.3390/f9100616.
46. Klein T. The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and anisohydric behaviours. Functional Ecology. 2014;28:1313–1320. doi:10.1111/1365-2435.12289.
47. Rogiers S.Y., Hardie W.J., Smith J.P. Stomatal density of grapevine leaves (*Vitis vinifera* L.) responds to soil temperature and atmospheric carbon dioxide. Australian Journal of Grape and Wine Research. 2011;17(2):147–152. doi: 10.1111/j.1755-0238.2011.00124.x.
48. Sha Valli Khan P.S., Sunitibala D.H., Kishore R.K., Rao B.N. Micropropagation and some acclimatization characteristics of *Centella asiatica* Linn. Urban. Indian Journal of Plant Physiology. 2009;14:353–359.
49. Thomas T.D., Bhatnagar A.K., Bhojwani S.S. Production of triploid plants of mulberry (*Morus alba* L.) by endosperm culture. Plant Cell Reports. 2000;19(4):395–399. doi: 10.1007/s002990050746.
50. Klimenko V.P. Pathological mitosis and mixoploidy in the meristematic tissues of grape plant. Russian Journal of Developmental Biology. 2019;50(2):31–38. doi: 10.1134/S1062360419020024.

Информация об авторах

Виктор Павлович Клименко, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., зав. лабораторией генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда; e-мэйл: vikklim@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7452-0776>;

Екатерина Александровна Лушай, мл. науч. сотр. лаборатории генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда; e-мэйл: ekaterina.lushai@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5695-5936>;

Анифе Смаиловна Абдурашитова, мл. науч. сотр. лаборатории генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда; e-мэйл: abdurashitova97@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2419-6477>.

Information about authors

Victor P. Klimenko, Dr. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Head of the Laboratory of Genetics, Biotechnology of Grape Breeding and Reproduction; e-mail: vikklim@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7452-0776>;

Ekaterina A. Lushchay, Junior Staff Scientist of the Laboratory of Genetics, Biotechnology of Grape Breeding and Reproduction; e-mail: ekaterina.lushai@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5695-5936>;

Anife S. Abdurashitova, Junior Staff Scientist of the Laboratory of Genetics, Biotechnology of Grape Breeding and Reproduction; e-mail: abdurashitova97@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2419-6477>.

Статья поступила в редакцию 25.10.2021 г., одобрена после рецензии 6.11.2021 г., принята к публикации 19.11.2021 г.