

ПИТАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ И ИХ МОДИФИКАЦИИ, ИСПОЛЬЗЕМЫЕ ДЛЯ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ВИШНИ И ЧЕРЕШНИ

Авакимян А.О.

*Авакимян Анастасия Олеговна - аспирант,
Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,
г. Краснодар*

ВВЕДЕНИЕ

Клональное микроразмножение в настоящее время используется в сельскохозяйственном производстве. Этот метод имеет ряд преимуществ перед традиционными методами размножения, таких как достижение более высоких показателей размножения, сокращение времени получения посадочного материала, более быстрое размножение, свобода от патогенов и в некоторых случаях вирусов, а также круглогодичное выращивание растений.

Клональное микроразмножение растений вишни – это метод, который завершается на этапе регенерации изолированных верхушек побегов. Вопросы, связанные с разработкой систем микроразмножения черешни на этапах индукции пазушного деления, укоренения микрочеренков и пересадки в нестерильных условиях, изучены недостаточно.

1 Особенности и этапы микроклонального размножения вишни и черешни

В настоящее время большое значение имеют несколько методов микроклонального размножения растений *in vitro* (в частности, для селекции растений), включая пазушное и адвентивное почкование, непрямой морфогенез и соматический эмбриогенез [1, 3, 4, 5].

Использование этих методов делают возможными:

- ускоренное воспроизводство сократило время, необходимое для производства товарной продукции, с 10-12 лет до 2-3 лет;
- получение большого количества безвирусного материала, собранного с растений, генетически идентичных родительскому растению, за короткий период времени;
- работать в лабораторных условиях и поддерживать активно растущие растения в течение всего года;
- размножение растений без контакта с внешней средой, что исключает влияние вредных абиотических и экологических факторов;
- достижение максимального количества растений на единицу площади;
- получение большого количества растений, которые трудно размножить или которые невозможно размножить вегетативно за короткое время;
- для облегчения перехода от ювенильной стадии к репродуктивной при выращивании растений с длинной ювенильной стадией;
- для длительного хранения растительного материала *in vitro* (1-3 года) (без переноса на новую среду);
- создать банк для долгосрочного хранения ценного растительного материала и органов;
- разработка методов криоконсервации здорового материала *in vitro*.

Процесс микроклонального размножения имеет несколько этапов. Основными из них являются [5, 11, 12].

- Этап 1 – введение эксплантов в культуру *in vitro*;
- Этап 2 – микроразмножение;
- Этап 3 – процесс укоренения микроразмножений;
- Этап 4 – осуществление процесса выхода укорененных растений из стерильного состояния в нестерильное.

Важным шагом в микроразмножении *in vitro* является инкубация безвирусных материнских растений в изоляционных боксах в теплицах или зимних оранжереях в условиях, не допускающих проникновения вирусной среды. Затем растения-доноры, срезанные для культуры *in vitro*, должны быть проверены на наличие вирусной, микоплазменной или бактериальной инфекции с помощью методов диагностики ПЦР, молекулярной гибридизации или иммуноферментного анализа (ELISA).

Важным шагом в ИКСИ *in vitro* является выращивание безвирусного расплода в изоляционных боксах в теплице или зимней оранжерее, в условиях, в которые не могут попасть вирусные среды. Донорские эксплантаты для культуры *in vitro* должны быть проверены на наличие вирусных, микоплазменных и бактериальных инфекций с использованием методов диагностики ПЦР, молекулярной гибридизации или иммуноферментного анализа (ELISA) [6, 7].

Методы ИФА позволяют быстро обнаружить большинство вирусов, заражающих косточковые плодовые культуры (вирус карликовой кольцевой гнили, вирус акульей кольцевой гнили и вирус скручивания листьев вишни); клоны, подтвержденные методом ИФА как свободные от контактной вирусной инфекции, могут быть проверены серологически и комбинированные тесты на маркерных растениях. Растения, в которых в результате тестов не обнаружены вирусы или другие регулируемые патогены, включаются в основную категорию «безвирусных» клонов. Если инфекция подтвердится, местные растения могут быть подвергнуты лечению для улучшения их здоровья. Комбинация термотерапии с воздушной сушкой и культурой *in vitro* является наиболее подходящей для лечения зараженных вирусом саженцев. Если вирус, тестируемый с помощью культуры тканей изолированных апикальных меристем, не является свободным, используется химиотерапия - введение в питательную среду химических веществ, подавляющих развитие вирусной инфекции у растений *in vitro*.

Для активного выявления бактериальной флоры иногда используют среды, обогащенные различными органическими добавками, например, гидролизатом казеина, которые вызывают рост гнилостных микроорганизмов; через 7-10 дней степень заражения оценивают визуально. Очищенные саженцы инокулируются в питательные среды для дальнейшей инкубации. На этом этапе также используется среда без регуляторов роста.

При клональном микроразмножении проростков в качестве источников прорастания обычно используются верхушечные и боковые почки, а также меристематические верхушечные почки. Изоляция апикальных меристематических тканей должна проводиться в соответствии со стандартным методом после постепенной стерилизации проростков.

Среды Пирик, Готр, Уайт и Хеллер используются для вишни, Розенберг - для сливы, а Репувр и В5 - для плодовых деревьев. Однако наиболее подходящей средой для микроразмножения вишни, черешни и сливы является питательная среда Мурашиге-Скуга (МС).

В зависимости от стадии микроразмножения нуклеофитных растений в питательную среду добавляют 6-бензиламинопурин (6-БАП) в концентрации 0,2-2 мг/л. Для стадии инокуляции *in vitro* используется более низкая концентрация цитокинина – 0,2 мг/л БАП. Чтобы вызвать пролиферацию пазушных почек и максимизировать количество почек, культивирование микроорганизмов вишни и сливы проводится при концентрации 0,5-2 мг/л и 0,5-1 мг/л БАП.

Особое внимание следует уделить стадии укоренения. Процесс укоренения побегов косточковых плодовых растений *in vitro* зависит от характеристик сорта, количества скрещиваний, концентрации и типа адьюванта и метода применения. Для достижения полноценного микроразвития семечковых растений из среды был удален 6-БАП, который ингибирует процесс образования корневых бактерий, и в среду были введены адьюванты, в основном β -индолил-3-бутировая кислота (ИМК). Результаты показали, что оптимальная концентрация ИМК в питательной среде находилась в диапазоне 0,5-1 мг/л. Когда ИМК присутствовал в среде в концентрации 2 мг/л, образовывались оплодотворенные редиски.

Комбинация риваба (1 мл/л) и обычных фитогормонов ауксинов (ИМК и β -индолилуксусной кислоты (ИУК) по 0,5 мг/л) в среде для укоренения была показана для увеличения скорости укоренения побегов некоторых горшечных растений.

Корневые индукторы: в сравнительном испытании ИМК, ИУК и альфа-нафтилуксусной кислоты (НУК) высокая эффективность ИУК была достигнута при концентрации 6,0 мг/л. Наибольшее количество корневых черенков вишни было получено на среде, содержащей НУК. Однако в области базальной почки наблюдалась сильная пролиферация каллуса, что затрудняет пересадку укорененных ангиоспермов в нестерильных условиях.

Для эффективного укоренения саженцев очень важен не только тип стимулятора, но и способ его применения. Помимо внесения ауксина в питательную среду, побеги предварительно инокулируют в стерильном растворе ИМК (25-30) мг/л и подвергают воздействию в течение 12-24 часов. Для индукции образования корней обработка микротрансплантатов раствором ИМК оказалась экспериментально более эффективной, чем включение этого регулятора роста в культуральную среду. оказалась более эффективной, чем включение этого регулятора роста в культуральную среду. Появление первой случайной корневой массы при предварительной ризобактериальной обработке наблюдалось на 20-25 день. Другим методом индуцирования образования ризобактерий является обработка побегов нуклеофитных растений порошками ИМК, содержащими тальковые ауксины (концентрации 0,125%, 0,25%) и ИУК (концентрации 0,25%, 0,5%). Использование гормональных порошков оказалось более эффективным при применении производных корневищ и более простым в производстве. Однако использование талька ИМК и различных концентраций адьювантов показало различную специфичность в укоренении микрорастений сливы [5, 8, 9].

Процесс укоренения был более активным на модифицированных субстратах МС и Уайта. По другим данным, лучшими средами для укоренения являются среда Геллера, содержащая макроэлементы и витамины, и среда МС с содержанием сахарозы, сниженным до 15 мг/л и разбавленным в 2 раза, чтобы исключить мезо-инозитол, который способствует образованию каллусной ткани. Однако в большинстве исследований для укоренения нуклеофитных микроводорослей использовалась Мурашиге и Скуга.

Преимущества и недостатки микроразмножения отражены в различных теоретических работах на эту тему. В.А. Высоцкий (2001) к преимуществам относит:

- возможность полного увеличения посадочного материала;
- высокую скорость размножения, возможность получения большого количества растений за короткий период времени;
- хранение и накопление растений для посадки в оптимальные сроки;
- возможность размножения форм с пониженной репродуктивной способностью в обычных условиях;
- получение материала с повышенным потенциалом для дальнейшего размножения за счет повышенной способности к укоренению и большему образованию побегов у древесных растений.

К недостаткам можно отнести:

- необходимость наличия специализированных лабораторий с соответствующим оборудованием для использования биотехнологических методов;
- потребность в высококвалифицированном персонале и тщательном отборе исходной морфологии.

Кроме того, микроклональное размножение часто приводит к получению плохо подготовленного материала для нестерильной культуры и требует дополнительных затрат для получения стандартных урожаев растений.

2 Гистологические особенности развития эксплантатов и микропобегов на питательной среде размножения

Экспланты, используемые для микроклонального размножения, называются крайними меристемами и имеют главную анатомическую особенность - неповрежденную структуру. Когда эти экспланты помещают в стерильную среду, апикальная меристема начинает функционировать, и апикальный рост приводит к увеличению числа листьев, узлов, средин и в целом линейного размера эксплантов. Таким образом, формируются крошечные побеги с листьями разной степени развития, от примитивных до почти полностью развитых. Более развитые пазушные почки формируются в пазухах листьев в нижней части побега. Крошечные побеги имеют анатомическую первичную

структуру длиной до 5-9 мм. Покровная ткань представлена одним слоем эпидермальных клеток с выраженным эпидермисом. Эпидермальные клетки бесцветные, радиально вытянутые и в основном столбчатые, что не характерно для вторичной структуры стеблей вишни. Основная покровная ткань этого стебля имеет простые одноклеточные и двухклеточные волоски и поры. Под эпидермисом находится непрерывное кольцо из 2-3 слоев коллагена. Клетки равны в диаметре, слегка вытянуты тангенциально, со стенками толще, чем первичная паренхима коры. Кorkовая паренхима однородна и состоит из 7-10 клеточных слоев с большими межклеточными пространствами. Расположение клеток в этой зоне нерегулярное, но 1-2 ряда внутреннего клеточного слоя паренхимы состоят из однородных и тангенциально вытянутых клеток, близко расположенных друг к другу. Этот клеточный слой различные авторы называют эндодермой, амилоидной оболочкой или внутренним слоем первичной коры.

В первичной анатомической структуре на периферии центрального цилиндра обнаруживается первичная кора капиллярной формы дифференцированного периваскулярного происхождения. Капиллярная мембрана ограничена проводящими пучками и прилегает к первичным долькам. Количество этих открытых коллатеральных проводящих пучков зависит от области микрослоя. В его верхней части их число составляет 10-12 и более. Первичный стебель отделен от первичной ксилы слоем прекамбия.

Сердцевина стебля представлена одинаково однородными паренхимальными миелоидными клетками первичной структуры, которые несколько расширяются в радиальном направлении по мере вхождения в ксилему и зону стебля. Затем они часто составляют основу первичных одно- или многоклеточных (2-4) миелиновых оболочек. В этот период перимециальная зона развита слабо. Первичная ксилема представлена трахеальными элементами (вены и трахеи), слабо дифференцированными волокнами лейотрибов и диффузной паренхимой по краям трахеи. Кровеносные сосуды мелкие (30-60 мкм, 5-8 мкм в диаметре) и имеют простые перфорации. Вторичные клеточные стенки трахейных элементов имеют спиральные и кольцевые утолщения, характерные для остистых отростков развивающихся двудольных растений.

Там, где листья прикреплены к стеблю, проводящий пучок от стебля входит в первичную кору стебля, а затем в центральный цилиндр, образуя два боковых листовых рубца и центральный листовой рубец. В том месте, где листовой рубец входит в проводящий цилиндр стебля, на поперечных срезах можно детально определить более широкую межпозвоночную зону - листовой рубец (лауну). Помимо листового рубца, под междоузлем проходит проводящий пучок, соединяющий стебель с пазушными почками. Почка соединена со стеблем одним почечным следом (ветвлением) с широким промежутком, содержащим клетки паренхимы.

На 9-12 день в культуре наблюдается переход от первичной к вторичной анатомии стебля в направлении от верхушки к нижней части микробласта на высоте 5-9 мм от верхушки стебля. В проводящем пучке камбий выходит из прекамбия и начинает расти в направлении общей паренхимы побега, которая замыкается и образует непрерывное кольцо ксилемы и флоэмы для функционирования. Камбий образует наружную вторичную мочку и внутреннюю вторичную ксилему, с осевой и радиальной системами, соответственно. В результате функционирования камбия стебель становится радиально толще. Во время развития вторичного побега эпидермальные клетки подвергаются растяжению, что приводит к столбчатому или тангенциальному удлинению. Пластинчатая колленхима остается практически неизменной, а тангенциально удлиняющиеся клетки имеют сходный размер (в 1,5-2 раза больше, чем клетки паренхимы).

Окончательная дифференциация периваскулярных капиллярных волокон, расположенных между амилоидной оболочкой и первичной корой, происходит на 9-12 день в культуре, совпадая с формированием камбия. Волокна камбия состоят из двух-четырех слоев, а их клеточные стенки окрашиваются в темно-красный цвет при обработке гидрохлоридом флогглюцина. Виноградные пучки расположены вокруг центрального цилиндра стебля. Структура крахмалсодержащей оболочки во вторичной структуре стебля аналогична первичной структуре.

При активном вторичном утолщении стебля отложение вторичной покровной ткани наблюдается через 10-15 дней культуры эксплантов. Фероген откладывается в первом наружном слое коллагена, чуть ниже эпидермиса. На внешней стороне этой вторичной меристематической ткани формируются 2-3 слоя пробки (кортекс), с одним слоем паренхимальных клеток элодермы на внутренней стороне. По мере увеличения диаметра побега паренхима пробки подвергается многократному и непрерывному радиальному делению клеток.

Каллус развивается на режущей поверхности микрокамер в ответ на травму, при этом клетки большого диаметра, примерно одинаковые, расположены без определенного порядка. Межклетники развиты слабо, а клеточные стенки тонкие. Наружная поверхность покрыта слоем более мелких, однородных клеток, похожих на эпидермальные, но без волосков и пор. Каллус образуется глубоко в тканях стебля, особенно вблизи камбиальной зоны. В образовании каллуса участвуют живые клетки из кортикальной паренхимы, камбия, камбия, медуллярной линии, перимедуллярной зоны и части медуллярной зоны. В результате основание побега утолщается, а клетки покровной ткани делятся реже. Образование каллуса идет интенсивно, так что покровная ткань основания побега и боковых почек оказывается на поверхности каллуса. Более тщательное изучение характеристик образования каллуса выявляет неоднородность этой ткани. Помимо клеток паренхимы, внутри каллуса образуется извилистая мембрана, которая служит для создания сложного переплетения ксилемы и флоэмы, извилистой и разобщенной зоны, называемой "гидрилла". Ксилема находится внутри этой зоны, а стебель - за ее пределами. Эта проводящая сеть гидр не связана с центральной цилиндрической проводящей системой стебля, и ее образование может быть связано с присутствием синтетических растительных гормонов в питательной среде или с выработкой внутренних регуляторов молодыми структурами во время роста эксплантов. Трахейные элементы ксилемы гидроцитарных клонов представлены в основном лиоидными трахеидами и трахеальными волокнами, с осевой и радиальной паренхимой и без сосудов.

Каллусная ткань в основании микростебля развивалась с 3 по 8 день после посадки размноженных трансплантатов, без явного митотического ареста в делящихся клетках. Результаты показали, что интенсивность деления была такой же, как у интактного родительского растения в течение первых 2 дней после помещения плодового тела в питательную среду и снижалась в течение последующих 3-7 дней, возвращаясь к исходному уровню (0-2 дня). При

этом исходные клетки на верхушке не делились, хотя синтез ДНК происходил, а дифференцировались ("перидифференцировались как клетки мезофилла", вероятно, в центральной паренхиме побега). Иными словами, согласно экспериментальным данным, митотическая ткань, выделенная на регенерационной питательной среде, содержащей регуляторы роста, очень легко образует базальный каллус, а делящиеся клетки в нем дифференцируются в соответствующие микробластные структуры. Поэтому утверждение, что "дифференциация делящихся меристематических клеток сопровождается прекращением митоза, клеточной дедифференцировкой и только затем индукцией деления, приводящей к образованию клеточной массы", не согласуется с экспериментальными данными, микрофотографиями этих меристематических клеток и наблюдением образования целлюлозы в апикальном основании микростебля в культуре.

В каллусной ткани не было обнаружено придаточных корней, которые впоследствии образовали придаточные корни. Наблюдался процесс образования тканей, представленный дифференциацией новообразованных элементов, многочисленных производных камбия - связей и водянистых связей. Образование этих проводящих элементов может зависеть от присутствия в питательной среде 6-БАП, а также собственных цитокининов и ауксинов.

Каллус, развивающийся в основании микробласта вишни, не способен к органогенезу, в нем не образуются случайные структуры, что исключает возможность получения генетически разнообразного материала. Микрклональное размножение вишни методом экстремального деления приводит к образованию боковых ответвлений микробласта, обеспечивая развитие растений, генетически идентичных родительской форме. Действительно, в первом проходе побеги становятся вторично толще и разрастаются только по длине верхушки без образования боковых ветвей. Однако во втором проходе происходит активное пробуждение боковых пазушных почек и последующее формирование боковых почек вместе с увеличением длины. Таким образом, во время второго прохода освобождается доминирование апикальной меристемы. Свидетельством образования боковых ответвлений от родительской оси является непрерывная связь боковых почек и проводящей системы побега с центральным цилиндром микростебля.

Апикальная меристема, расположенная в верхней части побега, характеризуется высокой активностью, что приводит к интенсивному ветвлению и образованию пучков разветвленных побегов и боковых микробластов. Из этой меристематической ткани образуется примордий боковой линии, из которого на оси возникают листовые почки и почки боковой линии. Эта меристематическая ткань приводит к образованию побегов, которые имеют все структурные элементы зрелых побегов. Почка развивается в побег, но может также ветвиться, образуя боковой побег, который выглядит слабым на вид из-за очень коротких внутренних граней побега. При таком ветвлении побега происходит сильное разрастание тканей у основания родительского побега и в листовых подушечках. Ветвление, вероятно, происходит под влиянием 6-ВАР, компонента питательной среды, который вызывает потерю апикального доминирования. Под воздействием этого цитокинина начинают расти уже сформировавшиеся пазушные почки и образуются новые побеги. Таким образом, устранение апикального ингибирования позволяет апикальной меристеме боковых почек начать функционировать в каждой почке, и образуются новые почки. В этих побегах апикальное доминирование под действием 6-ВАР также снимается, и меристема пробуждается. Морфологически этот процесс похож на формирование боковых почек на более высоких ветвях. Непрерывная связь проводящей системы, формирующей пазушные почки, с первичной тканью центрального цилиндра стебля свидетельствует об образовании бокового ответвления на родительской ветви, тогда как проводящая система придаточных почек связана только с вторичной тканью.

Таким образом, процесс микрклонального размножения вишни путем культивирования изолированной апикальной меристемы основан на явлении элиминации апикальной

3 Гистологические особенности развития микропобегов и придаточных корней на питательной среде укоренения

При пересадке микрочеренков вишни из среды для размножения в среду для укоренения в корневой части стебля появляются вторичные анатомические структуры в результате функционирования косточки. Уже через 5-7 дней после посадки в нижней части микроклубня наблюдается интенсивный рост тканей. Рост тканей между вторичной ксилемой и спиральным кольцом вызван образованием каллуса из регенерирующей ксилемы и зарастанием паренхимы черешка, прилегающей к спиральному кольцу. Гистологически ювенильная ксилема отличается от вторичной ксилемы слабым развитием сосудов и преимущественным формированием трахеальных и бронхиальных элементов. В этом отношении структурные изменения, происходящие при укоренении микротрансплантатов в стерильной культуре, аналогичны процессам, происходящим при укоренении трансплантатов, и принципиально не отличаются. В результате формирования молодых проводящих тканей в зоне укоренения у личинок микропобегов образуются апикальные меристематические адвентивные корневые ткани. Они имплантируются на поверхность молодой ксилемы примордием радиального камбия, а листовой примордий, который не имеет прямого отношения к дифференциации меристематической ткани корня, делится тангенциально, так что меристематический примордий корня оказывается несколько погребенным в регенерирующей ткани стебля. В то же время внутри корня формируется начальный слой, который начинает расти и связан с камбием стебля и непрерывными меристемами. Следует подчеркнуть, что проводящая ткань придаточных корней имеет тот же возраст, что и проводящая ткань микробластов. Эта сеть находится в дифференцированном состоянии, а затем растет когерентно. Это объясняется наличием непрерывного примордиального слоя между примордием корня и примордием побега. Постоянное существование этого слоя при переходе от стебля к корню обеспечивает формирование элементов ксилемы, которые идентифицируются как проводящие элементы в системе стебель-корень. Первая зрелая ксилема корня возникает в контакте с регенерирующей ксилемой стебля. Эти элементы, несущие стеблевую ксилему к корневой ксилеме, представлены трахеальными и сосудистыми сегментами со спиральными, кольцевыми и скалярными утолщениями вторичной клеточной стенки. Их состав весьма изменчив. В развивающемся придаточном корне последовательность дифференциации метафорических тканей связана с разделением 4-5 первичных ксилем и флоэмы в стебле. Кроме

того, по мере утолщения придаточного корня его ксилема лигнифицируется по направлению к центру, а клетки между stomатами также лигнифицируются.

Введение ауксина в питательную среду вызывало морфологические и гистологические изменения в ростовых корнях, практически не влияя на размер центрального цилиндра или степень его изогнутости. Характерной особенностью развития ростового корня в питательной среде без ауксина было образование вторичных разветвленных боковых всасывающих корней и отсутствие корневых волосков зарастания. Интересно также отметить, что в обеих средах ксилем ростовых корней был представлен сходными структурами, но отличался линейным размером и морфологией сходных сегментов всасывающих корней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохранение существующих генофондов растений и выделение новых форм и сортов необходимы для современной селекции растений, ботаники и идентификации растений.

Сохранение семян может обеспечить поддержание генофонда у некоторых культурных растений, но этот метод нельзя применять к видам, у которых скорость прорастания семян быстро снижается или семена не могут образовываться, как, например, у сорта сирени помпонной.

По сравнению с соматическим эмбриогенезом, адвентивным почкованием и непрямым морфогенезом, микрклональное размножение нуклеофитных растений через пазушные почки считается наиболее надежным способом получения генетически идентичного потомства.

Список литературы

1. *Высоцкий В.А.* О генетической стабильности при клональном микроразмножении плодовых и ягодных культур // Сельскохозяйственная биология. 1995. № 5. С. 57–63.
2. *Сорокина И.К., Старичкова Н.И., Решетникова Т.Б., Гринь Н.А.* Основы биотехнологии растений. Культура растительных клеток и тканей: Учебное пособие. 2002. С. 45.
3. *Трущечкин В.Г., Высоцкий В.А., Олешко Е.В.* Микрклональное размножение сортов и подвоев косточковых культур: Методические указания. М., 1983. С. 16.
4. *Хаак Э.Р., Нууст Ю.О.* Клональное микроразмножение косточковых культур // Садоводство и виноградарство. М., 1989. № 1. С. 27–29.
5. *Роговая Вероника Валерьевна, Гвоздев Михаил Александрович* Особенности микрклонального размножения косточковых культур в условиях *in vitro* // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. 2005. №13.
6. *Муратова Светлана Александровна* Биотехнологические аспекты размножения плодовых и ягодных культур // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2017. №144-2.
7. *Голубев Александр Михайлович, Бодров Н.В., Анфалов Владимир Эдуардович, Алешина Наталья Александровна* Научно-методические подходы в создании генофонда косточковых культур // Вестник КрасГАУ. 2020. №7.
8. *Волкова Елена Александровна* Теоретические аспекты микроразмножения вишни (*Cerasus* (Mill.)) // Вопросы науки и образования. 2019. №4.
9. *Острикова О.В., Федотова И.Э., Хархардина Е.Л.* Влияние условий культивирования на эффективность первого этапа клонального микроразмножения сортов абрикоса обыкновенного // СССК. 2019. №2.
10. *Шоферистов Евгений Петрович, Цюпка Сергей Юрьевич* Генетические основы селекции косточковых плодовых растений // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2019. №152.
11. *Шахов В.В., Федотова И.Э., Таиматова Л.В., Мацнева О.В., Хромова Т.М.* Влияния сезонного фактора на приживаемость эксплантов вишни обыкновенной в культуре *in vitro* // МНИЖ. 2020. №11-1.
12. *Пронина И.Н., Матушкина О.В.* Особенности регенерации клоновых подвоев вишни *in vitro* // СССК. 2020. №1-2.