

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ РАСТЕНИЙ ГРУШИ

✉ Упадышев М.Т.^{1,2}

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства
Москва, Россия

²Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева
Москва, Россия

✉ e-mail: upad8@mail.ru

Рассмотрен процесс получения исходных растений груши. Технологический процесс включает выделение растений определенного сорта по помологическим, физиологическим качествам и продуктивности, проверку на наличие вирусов, фитоплазм и вредителей путем тестирования методами ИФА, ПЦР и на индикаторах; в случае отсутствия здоровых растений необходимо освобождение от патогенов методами термо- и хемотерапии, культуры *in vitro*, магнитотерапии с проведением повторного тестирования. После предварительного тестирования в условиях защищенного грунта получают растения-кандидаты в исходные растения, которые тестируют с использованием комплекса методов диагностики. Свободные от основных вредоносных вирусов и фитоплазмы растения переводят в категорию «исходные растения», в случае зараженности всех тестируемых образцов их подвергают оздоровлению. Суховоздушная термотерапия в сочетании с прививкой апексов на не зараженные вирусами подвой обеспечивает возможность получения здоровых растений в течение одного вегетационного периода. Для хемотерапии наряду с эталонными препаратами (рибавирин) перспективно применение фенольных соединений (салициловая, галловая кислоты), которые позволяют увеличить эффективность оздоровления растений от вирусов в среднем на 28–30%, снизить стоимость процесса оздоровления и повысить безопасность труда. Использование магнитно-импульсной обработки повышает экологическую безопасность технологии при отсутствии фитотоксического эффекта. После диагностики комплексом методов при отсутствии вирусов растения груши получают категорию «исходное растение», и в дальнейшем их размножают окулировкой или прививкой.

Ключевые слова: груша, исходные растения, диагностика, оздоровление от вирусов, технологический процесс

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OBTAINING INITIAL PEAR PLANTS

✉ Upadyshev M.T.^{1,2}

¹Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery
Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russia

✉ e-mail: upad8@mail.ru

The process of obtaining initial pear plants is considered. The technological process includes the selection of plants of a certain variety according to pomological, physiological qualities and productivity; diagnostics for the presence of viruses, phytoplasmas and other harmful organisms by ELISA, PCR and indicators testing; in the absence of healthy plants – release from pathogens by methods of thermotherapy, chemotherapy, *in vitro* culture, magnetotherapy with re-testing. After preliminary testing in greenhouse conditions, candidate plants for initial plants are obtained, which are then subjected to testing using a set of diagnostic methods. Plants free from the main harmful viruses and phytoplasma are transferred to the category of “initial plants”, and if all the tested plants are infected, they are subjected to recovery. Dry air thermotherapy in combination with grafting of apexes on virus-free rootstocks provides the possibility of obtaining healthy plants during one growing season. For chemotherapy, along with reference drugs (ribavirin), the use of phenolic compounds (salicylic, gallic acids) is promising, which can increase the efficiency of plant recovery from viruses by an average of 28–30%, reduce the cost of the recovery process and improve workplace safety. The use of magnetic pulse processing increases the environmental safety of the technology in the absence of the phytotoxic

effect. After diagnosis by a complex of methods in the absence of viruses, pear plants receive the category “initial plant” and are further propagated by budding or grafting.

Keywords: pear, initial plants, diagnostics, recovery from viruses, technological process

Для цитирования: Упадышев М.Т. Совершенствование технологического процесса получения исходных растений груши // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 9. С. 32–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-9-4>

For citation: Upadyshev M.T. Improvement of the technological process of obtaining initial pear plants. *Sibirskii vestnik sel'skokozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 9, pp. 32–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-9-4>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Благодарность

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (№ 0432-2021-0002 «Изучение особенностей биоэкологии и вредоносности опасных вредителей и болезней плодовых и ягодных культур, усовершенствование системы диагностики, разработка комплексных экологизированных систем оздоровления и защитных мероприятий для садовых агроценозов»).

Acknowledgements

The studies were carried out as part of the implementation of the state task of the FSBSI Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (No. 0432-2021-0002 “The study of peculiarities of bioecology and harmfulness of dangerous pests and diseases of fruit and berry crops, improvement of diagnostics system, development of integrated ecologized systems of recovery and protective measures for horticultural agroecosystems”).

Подпрограмма «Развитие садоводства и питомниководства» на 2017–2030 гг.¹ определяет необходимость увеличения производства посадочного материала садовых культур (в том числе груши) высших категорий качества. В настоящее время в соответствии со ст. 10 Федерального закона № 454 «О семеноводстве» от 22.12.2021 г. установлены следующие категории посадочного материала плодовых, ягодных растений и винограда:

- 1) исходный посадочный материал (исходные растения);
- 2) базисный посадочный материал (базисные растения);
- 3) проверенный посадочный материал;
- 4) непроверенный посадочный материал.

Технологический процесс получения исходных растений груши включает следующие основные этапы:

1. Апробация растений с оценкой соответствия сорту, определением физиологических качеств, продуктивности и отсутствия регламентированных вредных организмов.

2. Проверка растений-кандидатов в исходные растения на наличие вирусов, фитоплазм методами иммуноферментного анализа (ИФА), полимеразной цепной реакции (ПЦР) и с помощью индикаторов. При отсутствии здоровых растений – освобождение растений-кандидатов от патогенов и проведение повторного тестирования.

3. Содержание исходных растений в защищенном грунте при проведении регулярного ретестирования².

В соответствии с ГОСТ Р 59653–2021³ в посадочном материале груши должны отсутствовать следующие вредные организмы: вирусы хлоротической пятнистости листьев яблони, мозаики яблони, бороздчатости, ямчатости и размягчения (гуттаперчевости) древесины яблони; растения, пораженные фитоплазмой истощения груши, – карантинный объект. Не регламентированы ГОСТ Р 59653–2021, но также должны отсутствовать вирусоподобные болезни: растрескивание и некроз коры, раннее опробковение

¹Подпрограмма «Развитие садоводства и питомниководства» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг. (дополнительно включена в состав программы 29.05.2022 г. постановлением Правительства Российской Федерации от 13.05.2022 г. № 872).

²Технология получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур: метод. указания. М., 2013. 92 с.

³ГОСТ Р 59653–2021. Материал посадочный плодовых и ягодных культур. Технические условия. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 50 с.

ние коры и вириод пузырчатого рака коры груши. Не допускается заражение растений вредителями и болезнями, передающимися с посадочным материалом: корневой рак (*Agrobacterium tumefaciens* Conn.), млечный блеск (*Ghondrostereum purpureum* Fr.), обыкновенный рак коры (*Nectria galligena* Bres.), фитофтороз, или гниль корневой шейки (*Phytophthora cactorum*), бактериальный ожог плодовых (*Erwinia amylovora* Winsl.) – карантинный объект, калифорнийская щитовка (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) – карантинный объект, обыкновенная грушевая медяница (*Psylla pyri* L.), малая грушевая медяница (*Cacopsylla pyricola* Foerster), большая грушевая медяница (*Cacopsylla pyrisuga* Foerster) – переносчики фитоплазмы истощения груши.

Отбор кандидатов в исходные растения производят специалисты-вирусологи совместно со специалистами-помологами (апробаторами) согласно установленным методикам^{4, 5}. После оценки растений на соответствие сортовым признакам, определения продуктивности и физиологических качеств выделяют от пяти до десяти деревьев груши с типичными сортовыми признаками и высокой продуктивностью, которые в оптимальные сроки (июнь) тестируют методом ИФА на наличие основных вредоносных вирусов, методом ПЦР – на зараженность фитоплазмой истощения груши.

Со свободных от вирусов деревьев отбирают черенки или почки и прививают их на здоровые подвои для получения растений в количестве не менее 10 шт. одного сорта (не менее 2 шт. от каждого дерева). Подвои предварительно выращивают в контейнерах объемом 2–3 л с торфопесчаным субстратом (соотношение по объему торфа и песка 3 : 1), обогащенным минеральными удобрениями (содержание $N_{\text{общ}}$ – не менее 150 мг/л, P_2O_5 – не менее 150, K_2O – не менее 250 мг/л) и нейтрализованным по кислотности (рН 5,5–6,5). Семенные подвои всех видов груши считаются свободными от основных вредоносных

вирусов. Допускаются также получение корнесобственных растений или прививка на не зараженные вирусами клоновые подвои груши.

Кандидаты в исходные растения переносят в карантин, которым могут служить непроницаемые для вредных организмов вегетационная (необогреваемая) теплица либо изолированный бокс зимней теплицы.

После этого кандидаты в исходные растения подвергают основному тестированию, которое осуществляется с использованием нескольких методов и охватывает все вирусные и вирусоподобные болезни, регламентированные для проверенного посадочного материала (см. таблицу).

При наличии диагностических наборов для ИФА ко всем сокопереносимым вирусам тест на травянистых индикаторах можно не проводить. Поскольку большинство форм древесных индикаторов имеют низкую зимостойкость, в южных регионах Российской Федерации можно использовать полевой тест, а в более суровых условиях следует применять тест на древесных индикаторах в условиях теплицы.

Полевой и тепличный тесты на древесных индикаторах проводят, прививая на однолетние растения-индикаторы от четырех до шести глазков либо щитков коры исследуемого образца в 3- или 5-кратной повторности (в соответствии с таблицей), для контроля оставляют два-три неинокулированных растения-индикатора.

Растениям, которые по результатам тестирования оказались свободными от вирусов и других регламентированных патогенов, присваивают категорию «исходное растение». В случае выявления патогенов растения отбраковывают или подвергают оздоровлению (когда зараженными оказываются все тестируемые растения определенного сорта).

В зависимости от вида патогена схемы оздоровления растений груши могут быть различными и требуют совершенствования. Для повышения эффективности оздоровле-

⁴Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел, 1999. 606 с.

⁵Помология / отв. ред. Е.Н. Седов. Орел, 2007. Т. 2: Груша. Айва. 436 с.

Методы выявления и идентификации вирусов и вирусоподобных агентов на груше
Virus detection and identification methods and virus-like agents on pear

Вирусы и вирусоподобные болезни	ИФА	ПЦР	Тепличный тест на травянистых индикаторах	Тепличный тест на древесных индикаторах	Полевой тест на древесных индикаторах
Вирус хлоротической пятнистости листьев яблони	+	+	<i>C. quinoa</i> , повторность 5-кратная, продолжительность теста – 20 дней	<i>Pyrus communis</i> Nouveau Poiteau, повторность 3-кратная, 1 год	<i>Cydonia oblonga</i> C 7/1, <i>P. communis</i> Beurre Hardy, повторность 3-кратная, 2 года
Вирус борозчатости древесины яблони	+	+	<i>C. quinoa</i> , повторность 5-кратная, 20 дней	<i>M. sylvestris</i> Virginia crab, повторность 3-кратная, 1 год	<i>M. sylvestris</i> Virginia crab, повторность 3-кратная, 2 года
Вирус ямчатости древесины яблони	+	+	<i>C. quinoa</i> , повторность 5-кратная, 20 дней	<i>M. sylvestris</i> Virginia crab, <i>Pyronia veitchii</i> , <i>P. communis</i> Nouveau Poiteau, Beurre Bosc, повторность 3-кратная, 1 год	<i>M. sylvestris</i> Virginia crab, <i>Pyronia veitchii</i> , <i>P. communis</i> A20, <i>P. communis</i> Jules d'Airolles, Beurre Bosc, Durondeau, повторность 3-кратная, 2 года
Вирус мозаики яблони	+	+	<i>C. quinoa</i> , повторность 5-кратная, 20 дней	<i>M. domestica</i> Lord Lambourne, повторность 5-кратная, <i>M. sylvestris</i> Virginia crab, повторность 3-кратная, 1 год	<i>M. domestica</i> Lord Lambourne, повторность 5-кратная, <i>M. sylvestris</i> Virginia crab, повторность 3-кратная, 2 года
Вирусы размягчения (гуттаперчевости) древесины яблони	–	+	–	<i>C. oblonga</i> C 7/1, <i>M. domestica</i> Lord Lambourne, повторность 5-кратная, 1 год	<i>C. oblonga</i> C 7/1, <i>M. domestica</i> Lord Lambourne, повторность 5-кратная, 3 года
Фитоплазма истощения груши	–	+	–	<i>P. communis</i> Doyenne du Comice, повторность 3-кратная, 1 год	<i>P. communis</i> Doyenne du Comice, повторность 3-кратная, 2 года
Растрескивание коры груши, раннее опробковение коры, некроз коры груши	–	–	–	<i>P. communis</i> Beurre Hardy, <i>P. communis</i> Williams, повторность 3-кратная, 1 год	<i>P. communis</i> Beurre Hardy, <i>P. communis</i> Williams, повторность 3-кратная, 2 года
Вироид пузырчатого рака коры груши	–	+	–	<i>P. communis</i> A20, повторность 3-кратная, 1 год	<i>P. communis</i> A20, повторность 3-кратная, 2 года

ния следует использовать комплекс различных по механизму действия методов, что особенно актуально в отношении вирусов, характеризующихся высокой термотолерантностью. В качестве эффективных технологий оздоровления целесообразно применять термотерапию, культуру меристем, хемотерапию либо магнитотерапию *in vitro*^{6, 7} [1, 2].

Основным методом освобождения растений груши от фитопатогенных вирусов является сушевоздушная термотерапия⁸, к преимуществам которой относится возможность получения свободных от вирусов растений в течение одного вегетационного периода (см. сноску 6) [3, 4].

Термотерапия вегетирующих растений в контейнерной культуре проводится в специ-

⁶Приходько Ю.Н., Магомедов У.Ш. Вирусы семечковых и косточковых плодовых культур: монография. Воронеж, 2011. 468 с.

⁷Panattoni A., Luvisi A., Triolo E. Elimination of viruses in plants: twenty years of progress // Spanish Journal of Agricultural Research. 2013. Vol. 11 (1). P. 173–188.

⁸Certification scheme fruit plants. Explanatory guide to top fruit Cydonia, Malus, Prunus, Pyrus Mother trees Pre-basic, Basic 1, Basic 2 and Certified categories. March 2021. 10 p. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/985184/certification-scheme-top-fruit-mother-trees.pdf.

альных термокамерах различной конструкции, позволяющих создать следующие параметры обработки: температура в камере – 38 ± 1 °C, влажность – 40–70%, освещенность – не менее 3000 лк/м², продолжительность освещения – 16 ч в сутки, длительность обработки – от 4 до 12 недель. Механизм действия термотерапии связан с замедленной репликацией вирусов в тканях верхушечной части растений, нарушением их транспортных функций, усилением деградации вирусных частиц, инактивацией вирусных ферментов и ингибированием синтеза нуклеиновых кислот (см. сноску 7) [5–7].

Перед помещением в термокамеру растения содержат от 6 мес до 1 года в контейнерах объемом 3–4 л, затем после зимнего покоя (февраль – апрель) пересаживают в 5-литровые контейнеры и через 2–3 недели переносят в термокамеру. Для оздоровления используют от трех до пяти растений каждого сорта.

Продолжительность термотерапии определяется видом вируса. Для уничтожения термолабильных патогенов (вирусов мозаики яблони, гуттаперчевости, фитоплазмы истощения груши) применяют термотерапию длительностью 4–5 недель. При наличии термотолерантных вирусов (хлоротической пятнистости листьев яблони, борозчатости и ямчатости древесины яблони) термообработку увеличивают до 8–12 недель или повторяют на следующий год (см. сноску 6) [8, 9].

В процессе термотерапии регулярно осуществляют корневые подкормки растворимыми минеральными удобрениями и обработки препаратами от вредителей и болезней. Подкормку проводят удобрением Растворин (Кристаллин) марки Б (азот, фосфор, калий в соотношении 18 : 6 : 18) через каждые 10 дней. Обработку от вредителей проводят на основании регулярных осмотров (1 раз в неделю) и с учетом порога вредоносности различными препаратами (например, Фитоверм, КЭ, Вертимек, КЭ, Битоксибациллин, ТАБ и др.) в рекомендованных производителями нормах расхода.

После термотерапии апексы величиной 1–2 см прививают врасщеп на семенные подвои (свободные от вирусов клоновые подвои) или изолируют меристемы с высадкой на питательную среду. Хороших результатов достигали на средах Мурасиге–Скуга, Ли и де Фоссарда, Кворина–Лепуавра⁹. В качестве регуляторов роста на этапе введения используют 6-БАП (концентрация 0,25–0,50 мг/л) или CPPU (0,10–0,20 мг/л) в сочетании с ИУК (0,05 мг/л). На этапе размножения применяют 6-БАП (1,0–2,0 мг/л) или тидиазурон (0,2–0,5 мг/л), или CPPU (0,2–0,4 мг/л) в сочетании с ИУК (0,1 мг/л). Для укоренения полученных микропобегов используют разбавленную 2-кратно минеральную основу среды Мурасиге–Скуга с добавлением ИМК в концентрации 0,5–1,0 мг/л.

Полученные растения проверяют на наличие вирусов с помощью комплекса методов (ИФА, ПЦР, индикаторы).

К преимуществам метода хемотерапии *in vitro* относят отсутствие необходимости применения термотерапии, возможность введения в культуру крупных эксплантов (более 1 мм), сокращение времени оздоровления, высокий выход свободных от вредоносных вирусов растений [1].

Наиболее часто применяемым при хемотерапии препаратом является рибавирин (виразол, 1-в-Д-рибофуранозил-1, 3, 5-триазол-3-карбоксамид) в концентрации 40–80 мг/л. Более высокие концентрации рибавирина приводят к сильной фитотоксичности и гибели эксплантов [10, 11]. Рибавирин добавляют в состав питательной среды на этапе пролиферации на фоне стандартных концентраций цитокининов. В наших экспериментах рибавирин в концентрации 40 мг/л в сочетании с термотерапией *in vitro* обеспечивал оздоровление от вирусов ACLSV и ArMV 71% эксплантов подвоя груши сорта Загорьевский [1].

По сравнению с рибавирином более безопасными в токсикологическом плане препаратами являются салициловая и галловая кислоты, которые в концентрациях

⁹Бьядовский И.А., Упадышев М.Т. Клональное микроразмножение плодовых культур: метод. рекомендации. М., 2020. 69 с.

$1,5 \times 10^{-4}$ М обеспечивали полное оздоровление эксплантов груши сорта Лада от вирусов [1]. Салициловая кислота в концентрации 42 мг/л способствовала выходу 50–100% свободных от латентных вирусов эксплантов подвоя груши. Указанные препараты позволяют повысить эффективность оздоровления растений от вирусов в среднем на 28–30%, снизить стоимость процесса оздоровления и обезопасить труд оператора. С учетом оптимальных концентраций фенольных соединений их использование обходится примерно в 25 раз дешевле, чем 2-тиоурацила.

Для повышения выхода здоровых растений груши и в случае низкой укореняемости микропобегов определенного сорта практикуют микропрививку, при которой верхушки оздоравливаемых растений величиной 1–3 мм прививают *in vitro* на свободные от вирусов подвой, характеризующиеся высокой способностью к ризогенезу. Прививку осуществляют на этапе укоренения микропобегов. После образования корней и срастания компонентов растения адаптируют к нестерильным условиям. Разновидностью данного метода считается прививка полученных *in vitro* верхушек на свободные от вирусов подвой, культивируемые в условиях теплицы [12].

Как альтернативу хемотерапии можно применять магнитно-импульсную обработку (МИО), использование которой исключает ингибирование ростовых процессов и повышает экологическую безопасность. Магнитотерапию эксплантов груши проводят прибором АМИС-8 (конструкция Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства) или его аналогом с последовательно нарастающей и снижающейся частотой импульсов в интервале 1–100 Гц. Например, применение МИО с непрерывным нарастанием частоты импульсов в диапазоне 50–100 Гц обеспечивало на подвое груши наибольший выход свободных от комплекса вирусов эксплантов (75%), что сопровождалось увеличением числа и длины побегов на 23 и 36% по сравнению с контролем (без обработки), на 60 и 150% – относительно эталона (рибавирин) [13].

После использования методов культуры *in vitro* получаемые здоровые растения следует рассматривать как кандидаты в исходные растения и в обязательном порядке подвергать комплексному тестированию (как минимум через 3–6 мес после адаптации). При отсутствии вирусов растения груши получают категорию «исходное растение», после чего размножаются окулировкой или прививкой.

Применение хемо- и магнитотерапии *in vitro* в предложенных модификациях позволяет снизить себестоимость исходных растений груши в 1,8 раза по сравнению с термотерапией *ex situ* [1].

Выход свободных от вирусов растений груши при использовании различных методов оздоровления в среднем составляет от 53 до 83% в зависимости от сорта и вида вируса. Предлагаемый технологический процесс получения исходных растений груши может быть реализован в условиях лабораторий научных и коммерческих учреждений, занимающихся производством посадочного материала высших категорий качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологический процесс получения исходных растений груши включает следующие основные этапы: выделение растений определенного сорта по помологическим признакам с оценкой на соответствие сорту, определением продуктивности, физиологических качеств; проверка на наличие вирусов, фитоплазм и других вредных организмов путем тестирования методами ИФА, ПЦР и на индикаторах; в случае отсутствия здоровых растений необходимо освобождение от патогенов методами термо- и хемотерапии, культуры *in vitro*, магнитотерапии с проведением повторного тестирования и проверки на соответствие сортотипу. После предварительного тестирования в условиях защищенного грунта получают растения-кандидаты в исходные растения, которые затем подвергают тестированию с использованием комплекса методов диагностики. Свободные от основных вредоносных вирусов и фитоплазмы растения переводят в категорию «исходные расте-

ния». В случае зараженности всех тестируемых растений их подвергают оздоровлению. Сухо-воздушная термотерапия в сочетании с прививкой верхушек на свободные от вирусов подвой обеспечивает возможность получения здоровых растений в течение одного вегетационного периода. Для хемотерапии перспективно применение фенольных соединений (салициловая, галловая кислоты). Магнитно-импульсная обработка повышает экологическую безопасность технологии при отсутствии фитотоксического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Упадышев М.Т., Куликов И.М., Петрова А.Д., Метлицкая К.В., Донецких В.И. Современные методы оздоровления плодовых и ягодных культур от вредоносных вирусов: монография. М.; Саратов, 2019. 168 с.
2. Карпушина М.В., Супрун И.И. Методы и подходы к элиминации вирусов в условиях *in vitro* и *in vivo* // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63 (3). С. 254–269. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-254-269.
3. Дадю К.Я., Чернец А.М., Калашян Ю.А., Проданюк Л.Н. Внедрение системы сертификации посадочного материала садовых культур в Республике Молдова // Садоводство и виноградарство. 2018. № 2. С. 58–60. DOI: 10.25556/VSTISP.2018.2.12309.
4. Зиза Р. Итальянская система сертификации. Добровольная генетическая и фитосанитарная сертификация плодовых культур // Садоводство и виноградарство. 2018. № 2. С. 49–53. DOI: 10.25556/VSTISP.2018.2.12307.
5. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F., Li Z. Efficacy of virus elimination from apple by thermotherapy coupled with *in vivo* shoot-tip grafting and *in vitro* meristem culture // Phytopathologische Zeitschrift. 2017. Vol. 165. N 10. P. 701–706. DOI: 10.1111/jph.12610.
6. Баматов И.М. Современные методы оздоровления растений // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 53 (5). С. 67–79. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-67-79.
7. Vivek M., Modgil M. Elimination of viruses through thermotherapy and meristem culture in apple cultivar ‘Oregon Spur-II’ // Virus Disease. 2018. Vol. 29 (1). P. 75–82. DOI: 10.1007/s13337-018-0437-5.

8. Lizarraga A., Ascasiar J., Gonzalez M.L. Fast and effective thermotherapy treatment for *in vitro* virus elimination in apple and pear trees // American Journal of Plant Sciences. 2017. Vol. 8 (10). P. 2474–2482. DOI: 10.4236/ajps.2017.810168.
9. Li X.L., Li M.J., Zhou J., Wei Q.P., Zhang J.K. Anzucht von virusfreien Bäumen durch Wärmebehandlung und Faktoren, die den Erfolg der Virusfreimachung beeinflussen // Erwerbs-Obstbau. 2020. Vol. 62. S. 257–264. DOI: 10.1007/s10341-020-00480-3.
10. Romadanova N., Tolegen A., Koken T., Nurmanov M., Kushnarenko S. Chemotherapy of apple shoots *in vitro* as method of viruses eradication // International Journal of Biology and Chemistry. 2021. Vol. 14 (1). P. 48–55. DOI: 10.26577/ijbch.2021.v14.i1.04.
11. Karimpour S., Davarynejad G., Agl M., Safarnejad Reza. *In vitro* thermotherapy and thermo-chemotherapy approaches to eliminate some viruses in *Pyrus communis* L. cv. ‘Natanz’ // Journal of Agricultural Science and Technology. 2020. Vol. 22. P. 1645–1653.
12. Высоцкий В.А. Усовершенствование метода микропрививок для размножения трудноукореняемых форм плодовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. 50. С. 93–96.
13. Донецких В.И., Упадышев М.Т., Петрова А.Д., Метлицкая К.В., Селиванов В.Г. Применение препарата АМИС-8 при получении оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых культур // Техника и оборудование для села. 2017. № 1 (235). С. 16–22.

REFERENCES

1. Upadyshev M.T., Kulikov I.M., Petrova A.D., Metlitskaya K.V., Donetskikh V.I. *Modern methods of healing fruit and small fruit crops from harmful viruses*. Moscow; Saratov, 2019, 168 p. (In Russian).
2. Karpushina M.V., Suprun I.I. Methods and approaches to virus elimination under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 2020, no. 63 (3), pp. 254–269. (In Russian). DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-254-269.
3. Dadu K.Ya., Chernets A.M., Kalashyan Yu.A., Prodanyuk L.N. Introduction of certification-system for fruit planting material in the Repub-

- lic of Moldova. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*, 2018, no. 2, pp. 58–60. (In Russian). DOI: 10.25556/VS-TISP.2018.2.12309.
4. Ziza R. Italian certification system. Voluntary genetic and phytosanitary certification of fruit crops. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*, 2018, no. 2, pp. 49–53. (In Russian). DOI: 10.25556/VS-TISP.2018.2.12307.
 5. Hu G., Dong Y., Zhang Z., Fan X., Ren F., Li Z. Efficacy of virus elimination from apple by thermotherapy coupled with *in vivo* shoot-tip grafting and *in vitro* meristem culture. *Phytopathologische Zeitschrift*, 2017, vol. 165, no. 10, pp. 701–706. DOI: 10.1111/jph.12610.
 6. Bamatov I.M. Modern methods of plant health improvement. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit Growing and Viticulture of South Russia*, 2018, no. 53 (5), pp. 67–79. (In Russian). DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-67-79.
 7. Vivek M., Modgil M. Elimination of viruses through thermotherapy and meristem culture in apple cultivar ‘Oregon Spur-II’. *Virus Disease*, 2018, vol. 29 (1), pp. 75–82. DOI: 10.1007/s13337-018-0437-5.
 8. Lizarraga A., Ascasibar J., Gonzalez M.L. Fast and effective thermotherapy treatment for *in vitro* virus elimination in apple and pear trees. *American Journal of Plant Sciences*, 2017, vol. 8 (10), pp. 2474–2482. DOI: 10.4236/ajps.2017.810168.
 9. Li X.L., Li M.J., Zhou J., Wei Q.P., Zhang J.K. Anzucht von virusfreien Bäumen durch Wärmebehandlung und Faktoren, die den Erfolg der Virusfreimachung beeinflussen. *Erwerbs-Obstbau*, 2020, vol. 62, ss. 257–264. DOI: 10.1007/s10341-020-00480-3.
 10. Romadanova N., Tolegen A., Koken T., Nurmanov M., Kushnarenko S. Chemotherapy of apple shoots *in vitro* as method of viruses eradication. *International Journal of Biology and Chemistry*, 2021, vol. 14 (1), pp. 48–55. DOI: 10.26577/ijbch.2021.v14.i1.04.
 11. Karimpour S., Davarynejad G., Aghl M., Safarnejad Reza. *In vitro* thermotherapy and thermo-chemotherapy approaches to eliminate some viruses in *Pyrus communis* L. cv. ‘Natanz’. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2020, vol. 22, pp. 1645–1653.
 12. Vysotsky V.A. Improving of micrografting technique for propagation of difficult to root forms of fruit-trees. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rassii = Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 2017, vol. 50, pp. 93–96. (In Russian).
 13. Donetskikh V.I., Upadyshev M.T., Petrova A.D., Metlitskaya K.V., Selivanov V.G. Application of AMIS-8 preparatus to combat viruses when preparing planting stock of fruit crops. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*, 2017, no. 1 (235), pp. 16–22. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Упадышев М.Т.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, член-корреспондент РАН; **адрес для переписки:** Россия, 115598, Москва, ул. Загорьевская, 4; e-mail: upad8@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Mikhail T. Upadyshev**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; **address:** 4, Zagoryevskaya St., Moscow, 115598, Russia; e-mail: upad8@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 21.06.2023
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 21.07.2023
Дата публикации / Published 20.10.2023