

УДК 634.8:631.811.98

## МОДЕЛИ РЕАЛИЗАЦИИ ЭФФЕКТОВ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОРНЕЙ ВИНОГРАДА: ГИПОТЕЗЫ И ПРАКТИКА

© 2022 г. Р. Э. Казахмедов<sup>1,\*</sup>, М. А. Магомедова<sup>1</sup>, С. Б. Саидова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия 368601 Дербент, ул. Вавилова, 9, Россия

\*E-mail: kre\_05@mail.ru

Поступила в редакцию 18.03.2022 г.

После доработки 27.04.2022 г.

Принята к публикации 10.06.2022 г.

Сформулировали основные механизмы и предложили модели реализации эффектов действия физиологически активных соединений (ФАС) на корнесобственные растения винограда. Изучили особенности формирования/регенерации корней винограда, в том числе при повреждении и применении ФАС. Исследование проводили в период с 2012 по 2021 г. в лабораторных, вегетационных и полевых опытах и методических указаниях. Объектами исследования были плодоносящие корнесобственные растения сортов Мускат дербентский, Слава Дербента и ФАС: ФАС-1 цитокининового действия – ЦАС, ФАС-2 ауксинового действия – НАС, ФАС-3 трофического действия – ЭАС и препарат корневин 1 г/л. Обработка опытных растений растворами ФАС проводили по листовой поверхности в 2 срока: 1 – перед началом цветения (1-я декада июня) и 2 – перед началом созревания урожая (1-я декада августа). В 2016–2021 гг. обработку опытных растений не проводили. Укороченные черенки и саженцы сортов Агадаи, Ркацители, Августин, Бианка, Молдова, Первенец Магарача обрабатывали ФАС следующим образом: корневин – предпосадочное вымачивание черенков, обработка ЦАС или ЦАС+НАС+ЭАС при достижении побегом длины 5–10 см (1-й срок) и 15–20 см (2-й срок) – опрыскиванием листовой поверхности растений. Перед посадкой черенков почву вспахали, внесли удобрение (нитроаммофоска 66 г/м<sup>2</sup>). Посадка черенков была проведена в 1-й декаде апреля. Орошение – капельное. Элементы учета – длина, диаметр, доля вызревания побега, количество, соотношение, диаметр, масса и длина корней различных типов. Установлено, что механизмы гормональной регуляции формирования/регенерации корней были различными, в зависимости от состояния корневой системы и биологических особенностей сортов. Предложены теоретические/методические положения (гипотезы) и приведены обобщенные экспериментальные данные многолетних исследований, которые позволили продемонстрировать эффективность применения ФАС на основе предложенных моделей для решения актуальных проблем виноградарства при возделывании корнесобственных насаждений винограда.

**Ключевые слова:** виноград (*Vitis vinifera* L.), филлоксеры, корнесобственная культура, гормональная регуляция, физиологически активные соединения, устойчивость, качество, корневая система.

**DOI:** 10.31857/S0002188122090071

### ВВЕДЕНИЕ

Корневая система растений выполняет ряд жизненно важных функций: например, закрепляет растение в субстрате, поглощает воду с растворенными в ней минеральными солями и питательными элементами, транспортируя их в надземные части растений, осуществляет транспорт органических веществ по проводящей системе, запасание питательных веществ, образование фитогормонов и т.п. [1].

Для виноградного растения характерна развитая, мощная корневая система. За счет тонких мочек-корней, располагающихся на последнем порядке ветвления, виноградное растение увеличивает площадь поглощения и взаимодействия с почвенной средой. Такие корни быстро растут, увеличивают поглощающую способность и активность корневой системы и позволяют эффективнее использовать питательные вещества, а также синтезируют фитогормоны, такие как ци-

токинины, гиббереллины, абсцизовую кислоту [2, 3].

Корни и надземная часть растений непрерывно взаимодействуют, непосредственное взаимодействие происходит через проводящую ткань, которая образована клетками флоэмы и ксилемы. Ксилема обеспечивает транспорт растворов химических веществ от корня до всех других органов растения, флоэма транспортирует растворы в обратном направлении – от определенных органов растения по стеблю вниз к корню.

Ауксин, цитокинин, гиббереллин, абсцизовая кислота и этилен известны как основные фитогормоны. Позже были обнаружены брассиностероиды, салициловая кислота, стриголактон и жасмоновая кислота. Фитогормоны играют важную роль на каждом из этапов жизненного цикла и классифицируются в соответствии с их физиологическим воздействием на растения. Выделяют 3 основные группы фитогормонов, влияющие на рост и развитие (стимуляцию и ингибирование ростовых показателей), – ауксины, цитокинины, стриголактон, гиббереллины и брассиностероиды; цветение и репродукцию – этилен, абсцизовая кислота; реакцию на стресс – салициловая и жасмоновая кислоты [4].

Филлоксера относится к семейству тлей и является опаснейшим вредителем винограда, вызывает гибель корневой системы сортов вида *Vitis vinifera*, и, вследствие этого происходит снижение урожая, ухудшение его качества, а также гибель растений [5–7]. Переход на привитую культуру винограда не решил проблему в полной мере, т.к. выявились некоторые негативные последствия при эксплуатации привитых насаждений (высокая изреженность насаждений к началу плодоношения, подверженность кустов бактериальному раку и хлорозу, задержка созревания урожая, снижение качества виноматериалов, значительные материальные затраты для восстановления насаждений после экстремально низких температур, повышение пестицидной нагрузки на ампелоценозы при возделывании восприимчивых к болезням и филлоксере сортов в привитой культуре). С учетом недостатков привитой культуры проблема остается актуальной [8]. Ввиду этого считаем необходимым сохранение и расширение корнесобственной культуры винограда [9]. Фундаментальным решением проблемы должно стать создание и внедрение устойчивых к вредителю генотипов на основе современных достижений генетики и селекции, пригодных для выращивания в корнесобственной культуре [10].

Одним из важных факторов устойчивого развития отрасли виноградарства является обеспеченность ее высококачественным посадочным материалом. Применение регуляторов роста растений (*PPP*) – наиболее распространенный способ получения посадочного материала, а препараты ауксина считаются наиболее физиологически активными.

При этом следует отметить, что предпосадочное применение *PPP* на новых сортах и межвидовых гибридах винограда, толерантных к филлоксере, не всегда проявляет желаемую высокую эффективность в силу их генетических особенностей. Это, в свою очередь, влечет за собой поиск иных подходов и способов повышения качества посадочного материала. Ввиду этого, проведен ряд исследований с целью изучения влияния физиологически активных веществ (*ФАС*) на качество посадочного материала при обработке листовой поверхности на начальных этапах формирования корневой системы и использования укороченных черенков винограда [11–13].

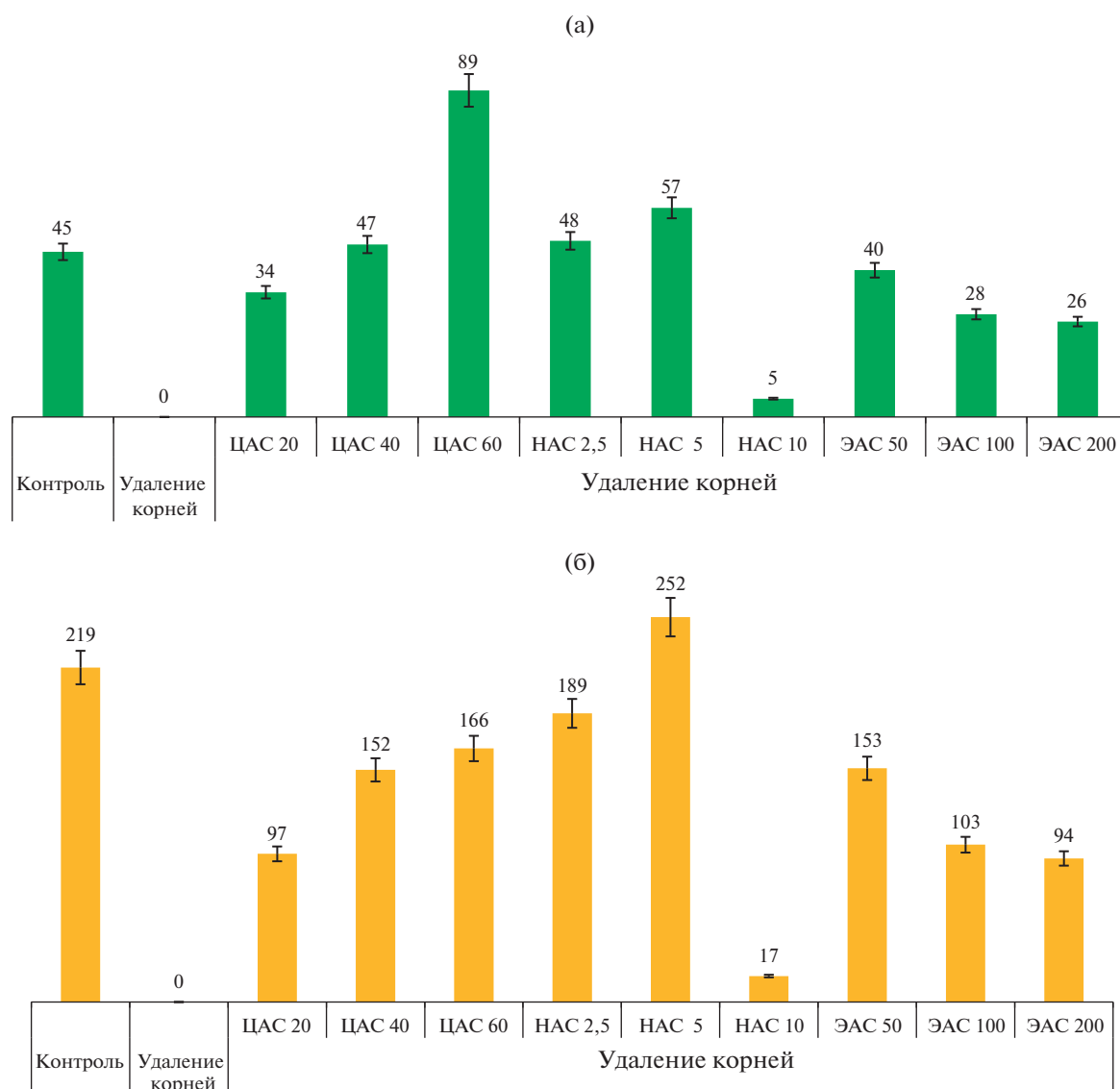
На протяжении 2012–2021 гг. были проведены исследования по изучению влияния *ФАС* на регенерацию, развитие элементов корневой системы, в т.ч. при различной степени повреждения корней в рамках НИР по разработке способов повышения устойчивости к филлоксере. Разработаны модели и технологические регламенты применения *ФАС* для повышения физиологического иммунитета к филлоксере [12, 14, 15].

Наши исследования показали [10–17], что механизмы гормональной регуляции формирования/регенерации корней различны, в зависимости от состояния корневой системы и биологических особенностей сортов. В этой связи считаем актуальным разработку теоретических/методических положений (гипотез), которые позволят повысить эффективность применения *ФАС* для решения актуальных проблем виноградарства при возделывании корнесобственных насаждений винограда.

Цель работы – сформулировать основные механизмы и предложить модели реализации эффектов *ФАС* на корнесобственных растениях винограда. Предмет исследования – особенности формирования/регенерации корней винограда, в том числе при повреждении и применении *ФАС*.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в период с 2012 по 2021 г. в лаборатории ДСОСВиО, в ЦКП “Аналитический” СКФНЦСВВ в лабораторных, вегетационных и полевых опытах, используя методиче-



**Рис. 1.** Влияние ФАС на количество и длину корней модельных растений винограда сорта Агадаи (2018 г.): (а) – шт./растение, (б) – см.

ские указания [18–22]. Полевые исследования проводили на экспериментальной базе Ампе­ло­графической коллекции Дагестанской селек­ционной опытной станции виноградарства и ово­щеводства – филиала СКФНЦСВВ.

Объектами исследования были плодоносящие корнесобственные растения сортов Мускат дер­бентский, год закладки опыта – 2012, Слава Дер­бента, год закладки опыта – 2017 в ампе­ло­графической коллекции ДСОСВиО, год посадки насажде­ний – 1997. Изучали действие физиологически активных соединений (ФАС): ФАС-1 цитокини­нового действия – ЦАС, ФАС-2 ауксинового дей­ствия – НАС, ФАС-3 трофического действия – ЭАС и препарата корневин 1 г/л. Состав и кон­

центрации растворов ФАС являются интеллекту­альной собственностью авторов. Обработку опытных растений сорта Мускат дербентский растворами ФАС проводили в 2012–2015 гг. по листовой поверхности в 2 срока: 1-й – перед на­чалом цветения (1-я декада июня) и 2-й – перед началом созревания урожая (1-я декада августа). В 2016–2021 гг. обработку опытных растений не проводили. Обработку опытных растений сорта Слава Дербента проводили в 2017–2020 гг. в те же сроки, состав раствора содержал в предпола­гаемом оптимальном соотношении все препара­ты ФАС для практического применения и апроба­ции результатов НИР.

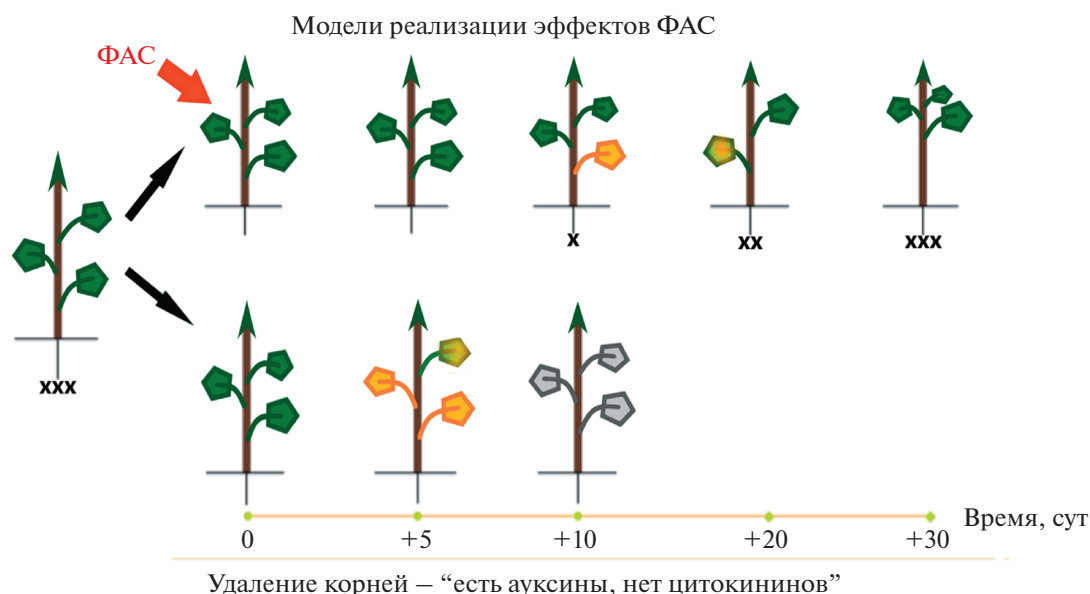


Рис. 2. Модель 1 – “есть ауксины, нет цитокининов” (удаление корней, гибель корней) (2021 г.).

Укороченные черенки и саженцы сортов Агадаи, Ркацители, Августин, Бианка, Молдова, Первенец Магарача обрабатывали ФАС следующим образом: препаратом корневин – при предпосадочном вымачивании черенков, растворами ЦАС или ЦАС + НАС + ЭАС – опрыскиванием листовой поверхности растений при достижении побегами длины 5–10 см (1-й срок) и 15–20 см (2-й срок). Перед посадкой черенков почву вспахали, внесли удобрение (нитроаммофоска 66 г/м<sup>2</sup>). Посадка черенков была проведена в 1-й декаде апреля. Орошение – капельное. На протяжении всего вегетационного периода проводили необходимые мероприятия – агротехнические и по защите от болезней и вредителей (фунгициды – Абига Пик 7.5 г/л, Привент 0.5 мг/л, инсектицид – Карачар 0.75 мл/л.). Внесение удобрения: 10.06.19 г. – нитроаммофоска 115 г/м<sup>2</sup>, 24.07.19 г. – монокалия фосфат (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 52%, K<sub>2</sub>O – 34%). Элементы учета – длина, диаметр, доля вызревания побега, количество, соотношение, диаметр, масса и длина корней различных типов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

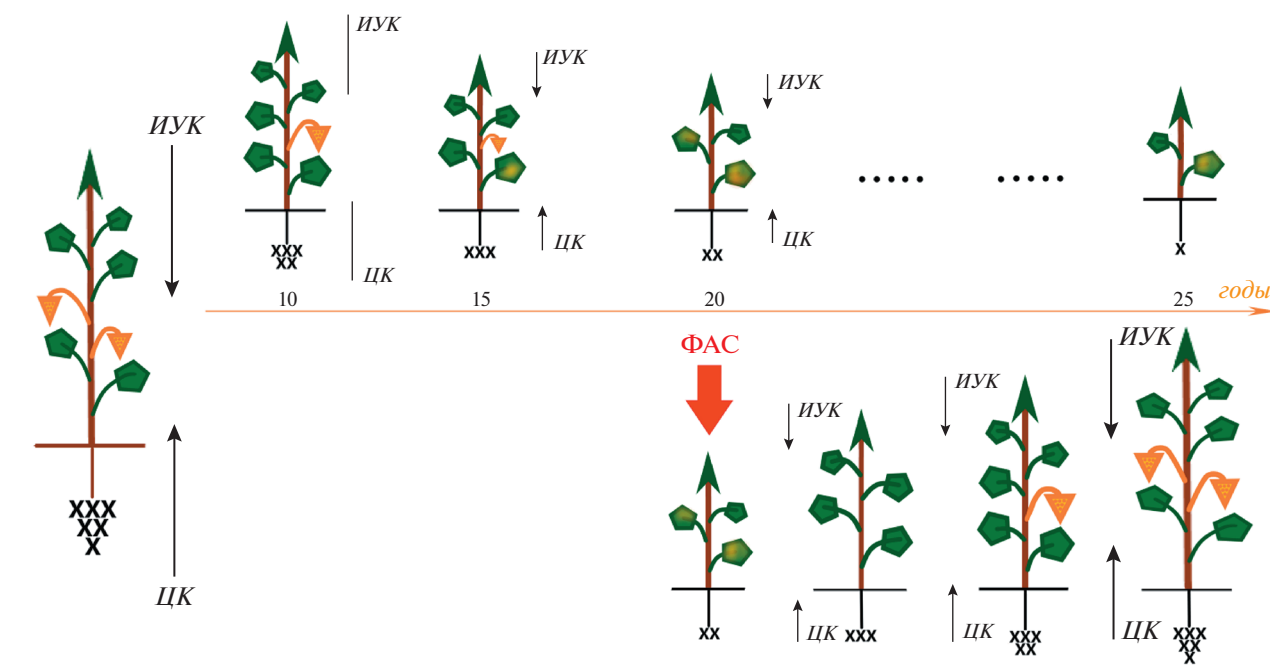
Многолетние исследования по изучению особенностей формирования и развития корней винограда при применении экзогенных ФАС гормонального и трофического действия как в лабораторных условиях, так в полевых исследованиях, показали, что их влияние определялось состоянием корневой системы, степенью развитости полярных органов – апексов побегов и корней.

В этой связи эффекты применения ФАС на растениях винограда реализовались разными путями, и изучение данных механизмов имело большое практическое значение для успешного использования ФАС на растениях винограда различного возраста и состояния при ведении корнесобственной культуры винограда.

На основании экспериментальных данных, было выдвинуто несколько гипотез о возможных механизмах реализации эффектов ФАС, предложены соответствующие модели, в основе которых был выявленный ранее морфофизиологический эффект применения ФАС, способствующий восстановлению корневой системы при полном ее удалении [11].

Ниже представлены гипотетические модели формирования и развития корней в зависимости от степени развития собственной корневой системы. Было установлено, что обработка листовой поверхности растений винограда с удаленной корневой системой препаратами гормонального и трофического действия способствовали восстановлению корней. При этом степень влияния ФАС определяли природа веществ и концентрация раствора (рис. 1).

*Модель 1 – “есть ауксины, нет цитокининов” (удаление корней, гибель корней).* Модель соответствует восстановлению корневой системы молодых растений винограда после искусственного удаления корней. Надо отметить, что у молодых растений винограда с удаленной корневой системой на 3-и сут отмечали снижение тургора ли-



Повреждение филлоксерой – “недостаток цитокининов и ауксинов”

Рис. 3. Модель 2 – “недостаток цитокининов/недостаток ауксинов” (повреждение корневой филлоксерой) (2021 г.).

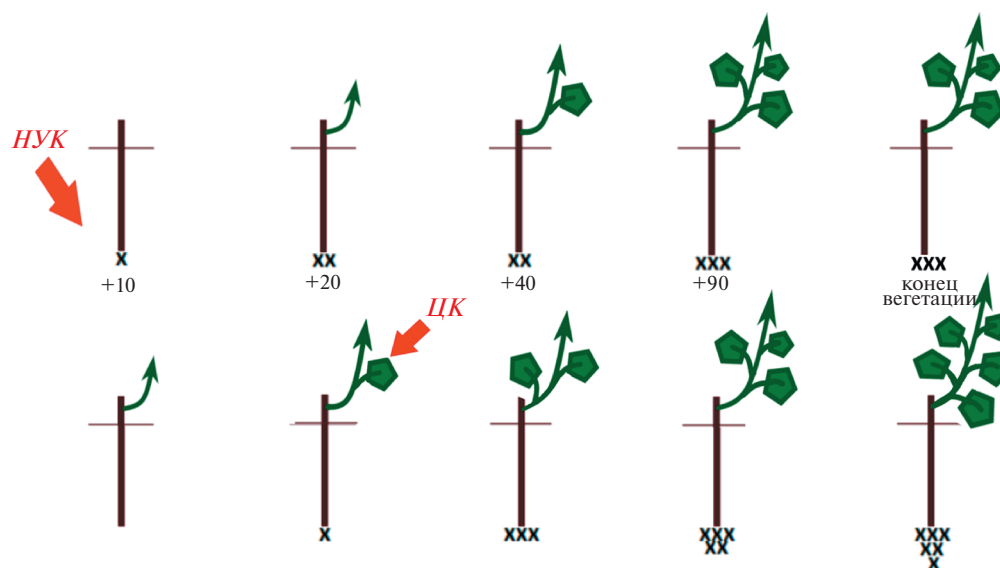
ствьев, на 5-е сут – разрушение хлорофилла, увядание листьев. На 10-е сут опытные растения погибли полностью. Растения с удаленной корневой системой, но обработанные по листовой поверхности раствором ФАС, на 5-е сут не имели признаков повреждения корней. На 10-е сут проявлялись признаки угнетения растений (пожелтение нижних листьев, высыхание апекса побега). Однако к 20-м сут растения восстанавливали точку роста (апекс побега) за счет развития самого верхнего пасынка побега, что способствовало формированию новых корней и восстановлению поврежденных в силу гормонального взаимодействия апексов побега (ауксины) и корней (цитоконины) (рис. 2).

Практические аспекты использования данной модели заключаются в ее применении при закладке новых насаждений черенковым материалом, при повреждении или гибели части корней плодоносящих растений в силу различных биотических и абиотических факторов.

*Модель 2 “недостаток цитокининов/недостаток ауксинов” (повреждение корневой филлоксерой).* Известно, что значительные площади виноградников в РФ являются корнесобственными, а в республике Дагестан они занимают более 70% промышленных насаждений, при этом регион относится к зоне сплошного заражения филлоксерой. В этой связи актуальна разработка методов

поддержания жизнеспособности корнесобственных насаждений винограда, увеличения срока их эксплуатации. На 5–7-й год после посадки корнесобственные растения большинства сортов винограда на фоне филлоксеры испытывают угнетение. Основная непосредственная причина снижения жизнеспособности кустов – нарушение нормального функционирования корневой системы, как источника цитокининов и дальнейшего нарушение гормонального взаимодействия апексов корней и побегов. Последовательное снижение выработки цитокининов, в последующем – ауксинов снижает ростовые процессы растения, фотосинтетическую деятельность, накопление ассимилятов в корнях и побегах, что приводит к полной потере физиологической устойчивости не только к филлоксере, но и другим вредителям и грибным болезням. И только экзогенное применение по листовой поверхности физиологически активных соединений различного механизма действия в различных сочетаниях и концентрациях, в зависимости от биологических особенностей сортов позволяет восстановить нормальное функционирование виноградного растения, в т.ч. на фоне заражения филлоксерой (рис. 3).

По результатам агробиологических исследований и анализа плодоносности кустов на опытных растениях сортов Мускат дербентский и Слава Дербента, установлено повышение показателей



Укоренение черенков – “нет ауксинов, нет цитокининов”

Рис. 4. Модель реализации эффектов ФАС: укоренение черенков – “нет корней, нет цитокининов” (2021 г.).

плодоносности и сохранения урожая после рекомендуемых 3-летних обработок раствором ФАС листовой поверхности угнетенных филлоксерой корнесобственных растений (табл. 1, 2).

*Модель 3 – “нет ауксинов, нет цитокининов” (черенки, получение корнесобственного посадочного*

*материала)*. Известно, что сорта межвидовой гибридизации, толерантные к корневой филлоксере, имеют более низкие показатели приживаемости черенков, чем сортов *Vitis vinifera* L. Более того, черенки большинства сортов межвидового происхождения слабо реагируют на применение ауксиновых препаратов.

Таблица 1. Влияние физиологически активных соединений на урожайность сорта Мускат Дербентский (2013–2021 гг., ДСОСВиО)

Вариант	Урожай с 1-го куста, кг									
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее за 2017–2021 гг.
Контроль без обработки	18.0	8.6	6.1	5.7	2.5	5.5	3.43	0.9	0.4	2.5
ЦАС	19.9	17.4	11.9	8.0	15.8	10	34.8	22.2	12.4	19.0
НАС	16.4	12.6	8.1	8.4	10.1	7.5	27.5	18.3	10.7	14.8
ЭАС	19.4	15.2	12.1	8.0	19.7	8	18.1	20.4	11	15.4
ЦАС + НАС	11.2	8.0	4.0	9.6	9.8	6.5	5.6	9.3	2.4	6.7
ЦАС + ЭАС	23.1	12.8	7.6	14.6	14.1	13.2	25.8	8.7	7.8	13.9
ЦАС + НАС + ЭАС	14.0	10.7	7.4	12.0	14	7.6	16.3	8.4	7	10.7

Таблица 2. Показатели продуктивности сорта Слава Дербента (2019–2021 гг.)

Вариант	Количество гроздей на 1 куст, шт.			Масса грозди, г			Общий прирост куста, % к контролю			Массовая концентрация сахаров, г/дм <sup>3</sup>			Урожай с 1-го куста, кг		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Опыт	15.1	15.3	19.5	179	234	223	145	119	141	185	189	215	2.7	3.6	4.5
Контроль	14.2	12.5	14.4	156	190	202	100	100	100	169	172	195	2.2	2.4	2.8
НСР <sub>05</sub>	2.6												0.4		

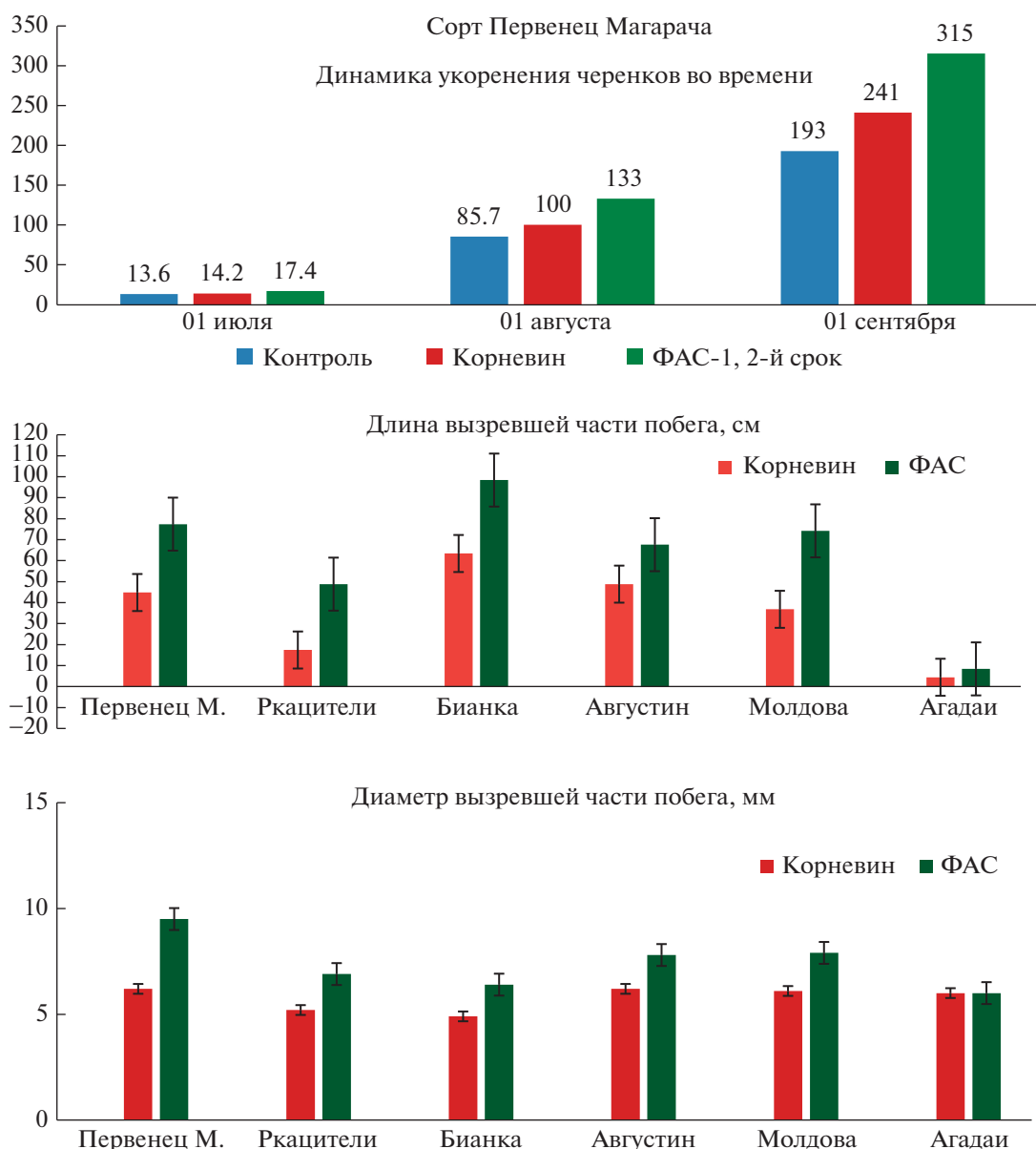


Рис. 5. Характеристика посадочного материала при применении ФАС.

На основании результатов исследований и анализа литературы [23–27], было предположено, что различная приживаемость и реакция на обработку ауксином черенков сортов *V. vinifera* L. и сортов межвидового происхождения обусловлена разным гормональным статусом, в частности, уровнем ауксинов и степенью экспрессии генов, в т.ч. и при экзогенном применении ауксиновых препаратов, а также, что применение ауксинов нарушает естественные процессы формирования полярных органов винограда как лианы – апексов побега и корней – источников ИУК и цитокининов. Полагаем, что некорневое применение раствора ФАС на основе синтетического ауксина

и цитокинина компенсирует недостаток гормонов в молодом растении в начале формирования корневой системы, способствует установлению оптимального гормонального баланса и взаимодействия между апексом побега (ИУК) и корнями (ЦК), что приводит к лучшей закладке, формированию и развитию элементов корневой системы и всего молодого растения (саженца) винограда у сортов межвидового происхождения по сравнению с применением ауксинового препарата корневин (НУК) (рис. 4).

Исследования показали, что имеются различия в сортовой реакции на предпосадочное применение корневина и ФАС по листовой поверх-

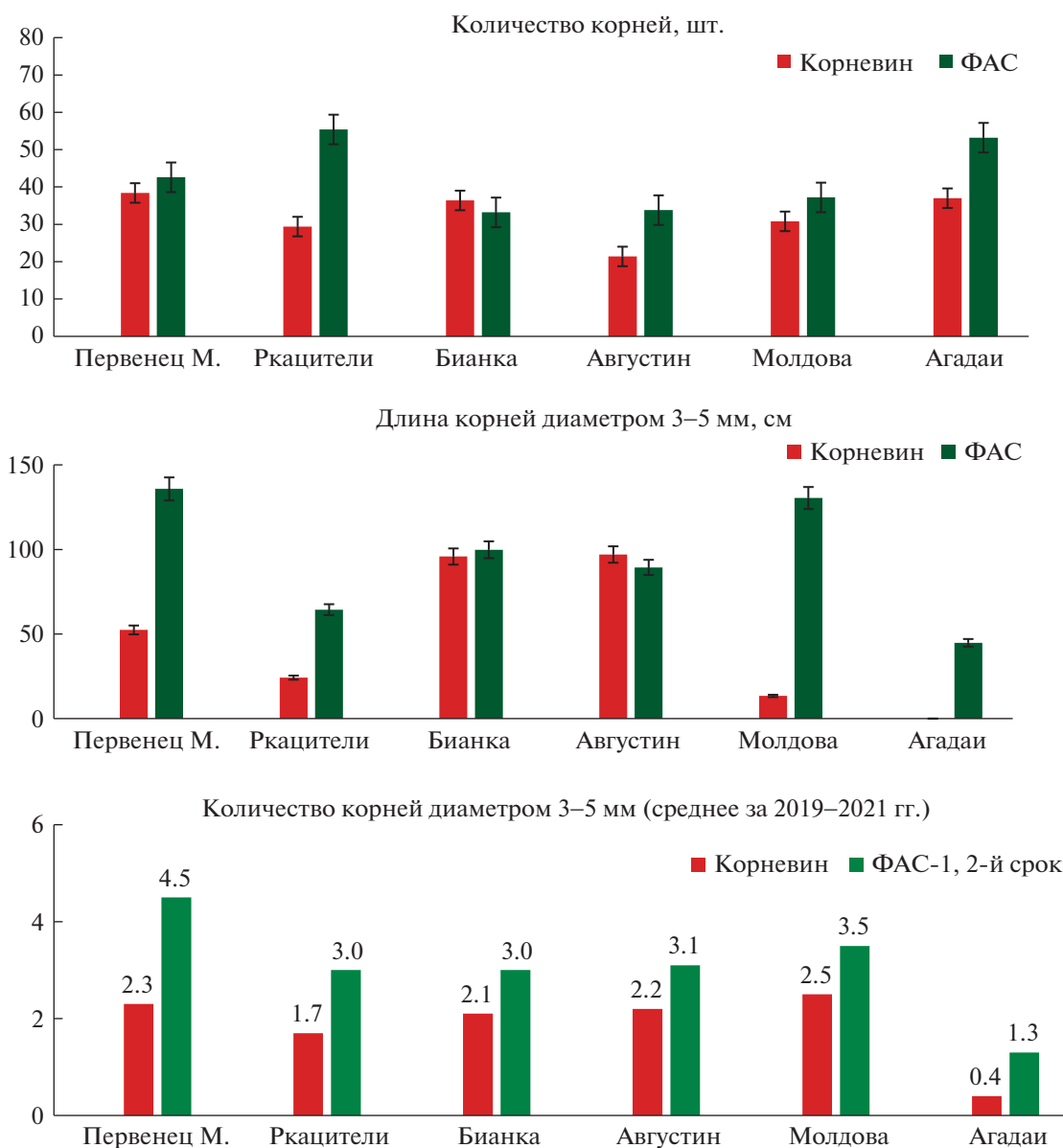


Рис. 5. Окончание.

ности. На основании исследований 2019–2021 гг. выделены по каждому сорту оптимальные регламенты применения ФАС, позволяющие получить необходимые параметры корнесобственного посадочного материала [10, 13].

Наблюдения за развитием растений после применения ФАС показали, что достижение лучших показателей формирования элементов корневой системы является следствием интенсивного нарастания надземной части саженцев (источника ауксинов), что в свою очередь способствует через межорганные отношения и гормональные взаимодействия более ранней закладке и интенсивному формированию новых точек роста (кон-

чиков корней – источников цитокининов) и их развитию в корневой системе. Соответственно, чем раньше формируются новые элементы корневой системы, тем большей степени развития они достигают к окончанию вегетации, и их параметры достигают показателей, необходимых для получения качественного стандартного корнесобственного посадочного материала.

Установлено, что у всех сортов применение ФАС по листовой поверхности повышало показатели, характеризующие качество корнесобственного посадочного материала (диаметр и длина вызревшей части побега, количество и длина корней) в сравнении с вариантом препосадоч-



ного применения корневина. При этом реакция была близкой у сортов Первенец Магарача и Молдова: оптимальными условиями достижения эффективности была обработка молодых растений по листовой поверхности раствором ФАС-1 во 2-й срок (при длине побегов 15–20 см) и у сортов Бианка и Августин при обработке ФАС-2 в 1-й срок (при длине побегов 5–10 см) (рис. 5).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, физиологически активные соединения (ФАС) гормональной природы позволяют управлять развитием корневой системы винограда на различных этапах и при различных состояниях виноградного растения. Механизмы гормональной регуляции формирования/регенерации корней различны, в зависимости от состояния корневой системы и биологических особенностей сортов. Предложены модели реализации эффектов ФАС, использование которых позволяет управлять формированием и развитием корнесобственных растений винограда, а также сохранить продуктивность плодоносящих корнесобственных насаждений виноградного растения. Практические аспекты использования моделей заключаются в их применении при закладке новых насаждений черенковым материалом, при повреждении или гибели части корней плодоносящих растений в силу влияния различных биотических и абиотических факторов.

Предложены теоретические/методические положения (гипотезы) и приведены обобщенные экспериментальные данные многолетних исследований, которые позволяют повысить эффективность применения ФАС для решения актуальных проблем виноградарства при возделывании корнесобственных насаждений винограда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов К.В., Малтабар Л.М., Раджабов А.К., Мутузок Н.В. Виноградарство / Под ред. Смирнова К.В. М.: МСХА, 1998. 511 с.
2. Richards D. The Grape root system // Horticult. Rev. 2011. V. 5. P. 127–168. <https://doi.org/10.1002/9781118060728.ch3>
3. Xu X. Root systems // representations of lie algebras and partial differential equations. 2017. P. 61–93. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-6391-6-3>
4. Sezgina M., Kalyab M. Phytohormones // Bitlis Eren Univers. J. Sci. Technol. 2018. V. 8 (1). P. 35–39. <https://doi.org/10.17678/beuscitech.386726>
5. Eitle M.W., Loackera J., Meng-Reitererb J., Schuhmacher R., Griessera M., Forneck A. Polyphenolic profiling of roots (*Vitis* spp.) under grape phylloxera (*D. vitifoliae* Fitch) attack // Plant Physiol. Biochem. 2019, V. 135. P. 174–181
6. Griesser M., CarolineLawo N., Crespo-Martinez S. Phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) alters the carbohydrate metabolism in root galls to allowing the compatible interaction with grapevine (*Vitis* spp.) roots // Plant Sci. 2015. V. 234. P. 38–49.
7. Eitle M.W., Griesser M., Vankova R., Dobrev P., Aberer S., Forneck A. Grape phylloxera (*D. vitifoliae*) manipulates SA/JA concentrations and signalling pathways in root galls of *Vitis* spp. // Plant Physiol. Biochem., 2019, V. 144. P. 85–91.
8. Малых Г.П., Керимов В.С. Улучшение среды произрастания корнесобственных насаждений винограда на зараженных филлоксерой каштановых почвах // Вестн. Дон. ГАУ. 2018. № 21 (28). С. 43–50.
9. Казахмедов Р.Э. Филлоксера и виноград: концепция сохранения и расширения корнесобственной культуры в Дагестане // Рус. виноград. 2018. № 7. С. 247–255.
10. Kazakhmedov R.E., Magomedova M. Biochemical characteristics of roots and quality of own-rooted planting material of grape varieties tolerant to phylloxera when using biologically active substances and hormones // BIO Web. Conf. Inter. Sci. Conf. 2021. С. 03004.
11. Казахмедов Р.Э. Физиологические аспекты повышения толерантности винограда к корневой филлоксере // Агрохимия. 2019. № 6. С. 18–26.
12. Казахмедов Р.Э. Модели повышения устойчивости к филлоксере и качества винограда методом гормональной регуляции // Агрохимия. 2021. № 8. С. 27–42. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46350955>
13. Казахмедов Р.Э., Петров В.С., Саидов Б.М., Абдуллаева Т.И. Формирование корневой системы у толерантных к филлоксере сортов винограда при некорневом применении физиологически активных соединений // Плодовод-во и виноград-во Юга России. 2020. № 63 (3). С. 121–134.
14. Казахмедов Р.Э. Гипотеза формирования устойчивости винограда к корневой филлоксере // IX Съезд общ-ва физиол. Раст. России “Физиология растений – основа создания растений будущего”. Тез. докл. Казань, 2019. С. 199.
15. Казахмедов Р.Э. Гипотезы диагностики устойчивости сортов винограда к филлоксере // Научн. тр. Северо-Кавказ. ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия. 2019. Т. 25. С. 175–182.
16. Казахмедов Р.Э., Шихсефиев А.Т. Биохимическая основа толерантности винограда и гормональная регуляция физиологической устойчивости к филлоксере // Пробл. развития АПК региона. 2016. № 4. С. 22–25.
17. Казахмедов Р.Э., Шихсефиев А.Т. Влияние физиологически активных соединений на развитие элементов корневой системы модельных растений винограда // Пробл. развития АПК региона. 2015. № 3. С. 40–43.
18. Лазаревский М.А. Изучение сортов винограда // Ростов н/Д.: Изд-во Ростов. ун-та. 1963. 151 с.
19. Кискин П.Х. Филлоксера. Кишинев, 1977. 210 с.
20. Недов П.Н. Иммуитет винограда к филлоксере и возбудителям гниения корней и его практическое

- использование: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ленинград, 1978. 40 с.
21. Недов П.Н. Иммуитет винограда к филлоксеру и возбудителям гниения корней. Кишинев: Штиинца, 1977. 171 с.
22. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Морморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Учеб. пособ. Краснодар: Северо-Кавказ. ФНЦ садовод-ва, виноград-ва, винодел., 2021. 147 с.
23. Ларькина М.Д., Никулушкина Г.Е., Щербаков С.В. Филлоксероустойчивые гибридные формы винограда технического направления для совершенствования сортимента // Плодовод-во и виноград-во Юга России. 2014. № 29 (5). С. 10–17.
24. Никольский М.А., Панкин М.И., Султанова З.К., Казыбаева С.Ж., Сычева Е.С. Улучшение качественных показателей саженцев винограда под воздействием регуляторов роста // Винод. и виноград-во. 2016. № 4. С. 46–50.
25. Никулушкина Г.Е., Ларькина М.Д. Потенциал сортов Анапской ЗОСВИВ технического направления, толерантных к филлоксеру // Научн. тр. Гос. научн. учрежд-я Северо-Кавказ. Зонал. НИИ садовод-ва и виноград-ва РАСХН. 2014. Т. 6. С. 184–188.
26. Никулушкина Г.Е., Ларькина М.Д. Технические сорта винограда селекции АЗОС, толерантные к филлоксеру, – потенциал отечественного виноградарства // Виноград-во и винодел. 2015. Т. 45. С. 56–58.
27. Никулушкина Г.Е., Хмырова И.Л., Коваленко А.Г. Новые гибридные формы винограда селекции АЗОСВИВ – потенциал отечественного виноградарства // Плодовод-во и виноград-во Юга России. 2017. № 47 (5). С. 33–40.

## Models of Realization of the Effects of Physiologically Active Compounds in the Formation of Grape Roots: Hypotheses and Practice

R. E. Kazakhmedov<sup>a,#</sup>, M. A. Magomedova<sup>a</sup>, and S. B. Saidova<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dagestan Breeding Experimental Station of Viticulture and Vegetable growing – Branch of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking ul. Vavilova 9, Derbent 368601, Russia

<sup>#</sup>E-mail: kre\_05@mail.ru

The main mechanisms were formulated and models were proposed for the realization of the effects of the action of physiologically active compounds (PAC) on the root-related plants of grapes. We studied the peculiarities of the formation/regeneration of grape roots, including in case of damage and application of PAC. The study was conducted in the period from 2012 to 2021 in laboratory, vegetation and field experiments and methodological guidelines. The objects of the study were fruiting root-bearing plants of the Derbent Muscat, Derbent Glory and PAC: PAC-1 of cytokinin action – TsAS, PAC-2 of auxin action – NAS, PAC-3 of trophic action – EAS and the drug kornevin 1 g/l. The treatment of experimental plants with PAC plants was carried out on the leaf surface in 2 periods: 1 – before the beginning of flowering (1st decade of June) and 2 – before the beginning of crop ripening (1st decade of August). In 2016–2021, the treatment of experimental plants was not carried out. Shortened cuttings and seedlings of Agadai, Rkatsiteli, Augustine, Bianca, Moldova, Magaracha's Firstborn were treated with PAC as follows: cornevin – pre-planting soaking of cuttings, processing of TsAS or TsAS + NAS + EAC when shoots reach a length of 5–10 cm (1st term) and 15–20 cm (2nd term) – spraying the leaf surface of plants. Before planting the cuttings, the soil was plowed, fertilized (nitroammophoska 66 g/m<sup>2</sup>). The planting of cuttings was carried out in the 1st decade of April. Irrigation is drip irrigation. The accounting elements are length, diameter, the proportion of shoot ripening, quantity, ratio, diameter, mass and length of roots of various types. It was found that the mechanisms of hormonal regulation of root formation/regeneration were different, depending on the state of the root system and the biological characteristics of the varieties. Theoretical/methodological provisions (hypotheses) are proposed and generalized experimental data of long-term studies are presented, which allowed to demonstrate the effectiveness of the use of PAC based on the proposed models for solving urgent problems of viticulture in the cultivation of root-related plantings of grapes.

*Key words:* grapes (*Vitis vinifera* L.), phylloxera, root culture, hormonal regulation, physiologically active compounds, stability, quality, root system.