

**МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫМ
ПОТЕНЦИАЛОМ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ
КЛИМАТА И ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

**Петров В.С., д-р с.-х. наук, Ильина И.А., д-р техн. наук, Панкин М.И., д-р с.-х. наук,
Ненько Н.И., д-р с.-х. наук, Руссо Д.Э., канд. с.-х. наук, Красильников А.А.,
канд. с.-х. наук, Сундырева М.А., канд. с.-х. наук, Мишко А.Е., канд. биол. наук,
Киселева Г.К., канд. биол. наук, Мarmorштейн А.А., аспирант, Цику Д.М., аспирант**

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Краснодар)*

Лукьянов А.А., канд. с.-х. наук

*Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия – филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Анапа)*

Казахмедов Р.Э., д-р биол. наук

*Дагестанская селекционно-опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский
федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
(Дербент)*

Реферат. Теоретически обоснован и экспериментально выявлен положительный эффект от использования зонирования агротерриторий, подбора зонально ориентированного сортимента, оптимизации конструкции насаждений и агротехнологий с учетом ресурсного потенциала агротерриторий и биологических особенностей сортов. Установлено положительное влияние схемы и плотности посадки кустов, нагрузки кустов побегами, некорневых подкормок растений микроэлементами в сочетании с биологически активными компонентами, физиологически активных соединений на повышение уровня реализации потенциала хозяйственной продуктивности растений винограда, улучшения качества ягод винограда и винопродукции, устойчивость корнесобственных виноградников к карантинному вредителю – корневой филлоксере, улучшение качества посадочного материала винограда.

Ключевые слова: виноград, саженцы, интенсификация производства, изменение климата, устойчивость ампелоценозов, продуктивность, качество

Summary. Theoretically justified and experimentally revealed the positive effect of the use of zoning of agroterritories, the selection of a zonally oriented assortment, optimization of the design of plantings and agrotechnologies, taking into account the resource potential of agroterritories and biological characteristics of varieties. The positive effect of the scheme and density of planting bushes, the load of bushes with shoots, non-root plant feeds with trace elements in combination with biologically active components, physiologically active compounds on increasing the level of realization of the potential of economic productivity of grape plants, improving the quality of grape berries and wine products, the resistance of root vineyards to quarantine agent – root phylloxera, improving the quality of the planting material of grapes.

Key words: grapes, seedlings, intensification of production, climate change, stability of ampelocenes, productivity, quality

Введение. В современном российском виноградарстве наблюдается положительная динамика развития отрасли по критериям урожайности, валового производства, качества винограда и винопродукции. Положительная динамика достигается в результате интенсификации производства, активного использования современных достижений науки в области селекции, питомниководства и агротехнологий. В условиях возрастающих требований к продуктивности насаждений и качеству винограда, сохранению экологии ампелоценозов и ресурсосбережению необходим переход на новые технологии, отвечающие современным запросам производства.

Для перехода на новые высоко эффективные наукоемкие агротехнологии, отвечающие требованиям агроэкологической, экологической и продукционной устойчивости ампелоценозов в условиях техногенной интенсификации производства и изменений климата актуальны системные научные исследования в области глубокого использования биологического потенциала генотипов винограда и ресурсного почвенно-климатического потенциала терруаров в продукционном процессе насаждений.

Известно, что наиболее полная реализация генетического потенциала продуктивности, физиологической продолжительности жизни осуществляется в условиях, максимально соответствующим потребностям растения, выработанным в процессе филогенеза [1-3]. В последние годы в условиях изменения климата все большее значение приобретают вопросы оптимизации размещения насаждений [4-6]. Изменение климата и его влияние на растение изучают многочисленные исследователи, в том числе в рамках международных проектов и национальных программ [7-11].

По прогнозам зарубежных ученых в условиях глобального потепления климата в будущем виноградная лоза будет более восприимчива к переохлаждению [12]. В связи с этим проблема устойчивости винограда к пониженным температурам является актуальной.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что создана огромная база данных, показывающая, что воздействие низких температур сопровождается рядом физиологических и биохимических изменений, направленных на преодоление действия неблагоприятного фактора [13]. К ним относятся изменения в метаболизме липидов и фосфолипидов, накопление криопротекторных веществ, что в целом позволяет избежать механического повреждения мембран кристаллами льда, последствий обезвоживания и повреждения клеточных структур [14].

Установлено, что зимостойкость виноградной лозы в значительной степени зависит от степени вызревания ее тканей и их оводненности к началу зимнего покоя [15], накопления углеводов [16-19].

Важная роль в адаптации растений к низким и высоким температурам принадлежит фитогормону абсцизовой кислоте (АБК). Накапливающаяся в тканях АБК увеличивает проницаемость мембран для воды, водоотдачу клеток. Содержание АБК повышается в почках винограда при переходе растений в состояние покоя и уменьшается с началом ростовых процессов [20, 21]. Экзогенная АБК стимулирует гидроактивное движение замыкающих устьичных клеток, понижая благодаря этому общую потребность растений в поступлении воды [22]. Большую приспособленность растений к засухе показывают данные об интенсивности дыхания и фотосинтеза [23]. Установлены изменения, вызванные засухой и высокими температурами периода вегетации, на молекулярном и физиологическом уровне [24].

Стратегия ответа на стрессовые условия летнего периода зависит от генотипа растения, возраста листа и положения листа на побеге. Выделение засухоустойчивых генотипов даст возможность оптимизировать потребление воды при возделывании в районах с недостаточным водоснабжением [25].

Важную положительную роль в максимальной реализации потенциала хозяйственной продуктивности винограда в конкретных условиях местности играют сортоориентированные технологии возделывания винограда с учетом специфики биологии сорта [26-28].

Исследованиями большой группы отечественных ученых подтверждена высокая эффективность некорневых подкормок растений винограда водорастворимым фосфорно-калийным удобрением Нутривант плюс [29-32]. Трехкратная некорневая подкормка растений винограда сорта Рислинг способствовала большей оптимизации водного режима листьев, увеличению массы грозди, урожая с куста, а также массовой концентрации сахаров и фенольных веществ в соке ягод [33]. Микроудобрения повышают устойчивость центральных и замещающих почек к низким температурам, способствуют стабильному состоянию виноградного растения в экстремальных условиях почвенной и воздушной засухи [34].

Появление филлоксеры в XIX в. нанесло серьёзный ущерб виноградарству Европы. Несмотря на усилия научного мира, проблема остается актуальной и в настоящее время [35-38]. Переход на привитую культуру также не решил проблему в полной мере. Более того, указывается на появление более агрессивных биотипов филлоксеры [39, 40].

В этой связи, а также из-за большого полиморфизма, характерного вредителю, разработка физиологических методов повышения устойчивости к филлоксере, как более универсальных средств решения проблемы, становится актуальной.

Перспективным инструментом для установления тесных взаимодействий между агроприемами, почвенно-климатическими условиями и урожаем является моделирование, применяемое к виноградной лозе. Математические модели в виноградарстве представляют собой самые различные формы: от простых формул [41], полученных с помощью регрессионного анализа, до сложных динамических моделей [42]. Направления моделирования в виноградарстве можно условно разделить на пять групп: самого растения (его морозостойкости, засухоустойчивости, внутренних биохимических процессов), фенологические [43-49], продуктивности, качества [41] и комплексные [42].

Как видно из вышеописанного, данные по влиянию почвенно-климатических и антропогенных факторов на ростовые процессы и продуктивность насаждений винограда недостаточные и разрозненные, а в свете изменения климата требуют корректировки и дальнейшего изучения, что определяет актуальность проводимых нами работ.

Мировой опыт показывает, что использование высокоэффективных сортов и технологий является базовой основой создания насаждений винограда, отвечающих современным требованиям конкурентоспособного производства. При системном подходе в наибольшей степени реализуется вся совокупность факторов по эффективному управлению ростовыми и продукционными процессами, качеством продукции, агроценотической, экологической и экономической стабильностью субъектов производства в жизненных и годовых циклах онтогенеза растений винограда.

Цель постановки на исследование вопроса заключается в разработке методологии системного управления продукционным воспроизводством и средообразующим потенциалом ампелоценозов в условиях изменения климата и техногенной интенсификации производства.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные исследования выполнены в условиях умеренно континентального климата на виноградниках Краснодарского края и Республики Дагестан. Для исследований использованы современные экспериментальные полевые и лабораторно-аналитические методы с применением высокоточных приборов, вычислительной техники, в том числе центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (ЦКП), позволяющие выполнять инструментальные наблюдения за развитием винограда, отслеживать состояние среды произрастания растений, проводить почвенные и растительные анализы.

Для оптимизации конструкции насаждений, установления влияния междустного расстояния и нагрузки кустов побегами на ростовые процессы, продуктивность растений и качество винограда полевые экспериментальные исследования выполнены на сорте Ринлинг рейнский в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства на перегнойно-карбонатных почвах (г.-к. Анапа, Краснодарский край).

Влияние разных агроэкологических условий на продуктивность винограда сорта Гранатовый изучали в Черноморской и Центральной агроэкологических зонах виноградарства на выщелоченных черноземах (х. Копанской, Краснодарский край).

Испытание препарата некорневого действия Нормат Л проводили в Черноморской агроэкологической зоне на сортах Мерло и Каберне Совиньон (г. Новороссийск), Августин и Молдова (АФ «Южная»), препаратов Гумэл люкс, Филлотон и Агрумекс на каменистых почвах с низким уровнем плодородия в Анапском районе на сорте Шардоне.

Разработка способов применения ФАС для управления продуктивностью и качеством винограда, а также качеством посадочного материала выполнена агроэкологических условиях Республики Дагестан.

Физиолого-биохимическая оценка устойчивости винограда к абиотическим стрессорам в Черноморской и Центральной агроэкологической зонах проводилась на сортах винограда ампелографической коллекции (г.-к. Анапа) и гибридах (с. Красносельское).

Анализ метеоусловий за последние 61 год показывает, что на территории доминирующих исследований сохраняется тенденция глобального и локального изменения климата.

По данным метеостанции г.-к. Анапы среднегодовая температура воздуха на опытных виноградниках составляет 12,6 °С, в период активной вегетации винограда (май – сентябрь) – 20,5 °С, в период вынужденного покоя растений (январь – февраль) – 2,7 °С. Минимальная температура в период зимовки винограда опускается до -24 °С, максимальная во время вегетации повышается до +38 °С. Годовая сумма атмосферных осадков составляет 555 мм.

В многолетней динамике отмечается устойчивое изменение температуры воздуха и атмосферных осадков. По данным полиномиальной линии тренда в степени 4 среднегодовая температура воздуха за период с 1960 по 1985 год уменьшилась на 0,8 °С, с 1986 по 2021 год увеличилась на 2,2 °С, максимальная с 1960 по 2021 г. увеличилась на 3,3 °С, минимальная на 2,3 °С. Увеличилась повторяемость стрессовых температур воздуха в зимний период. Если в период с 1960 по 1990 годы минимальная температура воздуха ниже -18 °С опускалась два раза, то с 1991 по 2021 гг. – пять раз (рис. 1).

Отмечается устойчивая тенденция увеличения годовой суммы атмосферных осадков и уменьшения влагообеспеченности насаждений во время активного роста ягод винограда, со второй декады июня по август включительно. По данным линии тренда за последние 61 год годовая сумма осадков увеличилась на 60 мм, в 2021 году составила 947 мм, в период активного роста ягод винограда (II.июнь – III.август) с 1960 по 2000 год уменьшилась на 20 мм, в последующем с 2001 года увеличилась на 90 мм и была равна в 2021 году 504 мм (рис. 2).

Обсуждение результатов. Для эффективного управления агроэкоценотической устойчивостью ампелоценозов, продуктивностью винограда и качеством продукции в условиях антропогенной интенсификации производства, глобального и локального изменения климата с частыми аномальными проявлениями биотических и абиотических стрессоров необходим системный подход. Методология системного управления адаптивным и продукционным потенциалом ампелоценозов базируется на современной концепции стабильного конкурентоспособного производства винограда, эффективном использовании функционально направленных методов и способов.

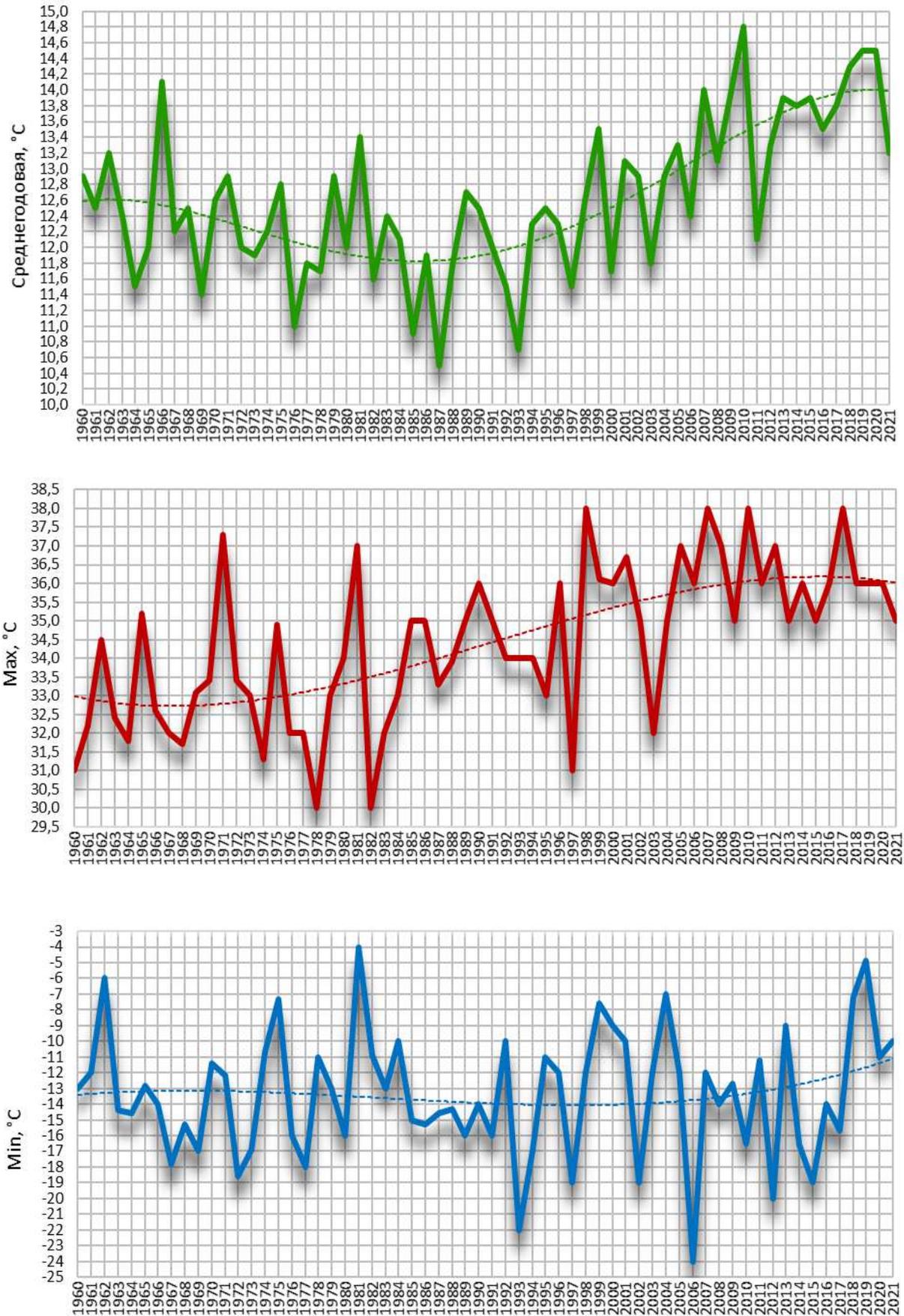


Рис. 1. Динамика изменения температуры воздуха, г.-к. Анапа

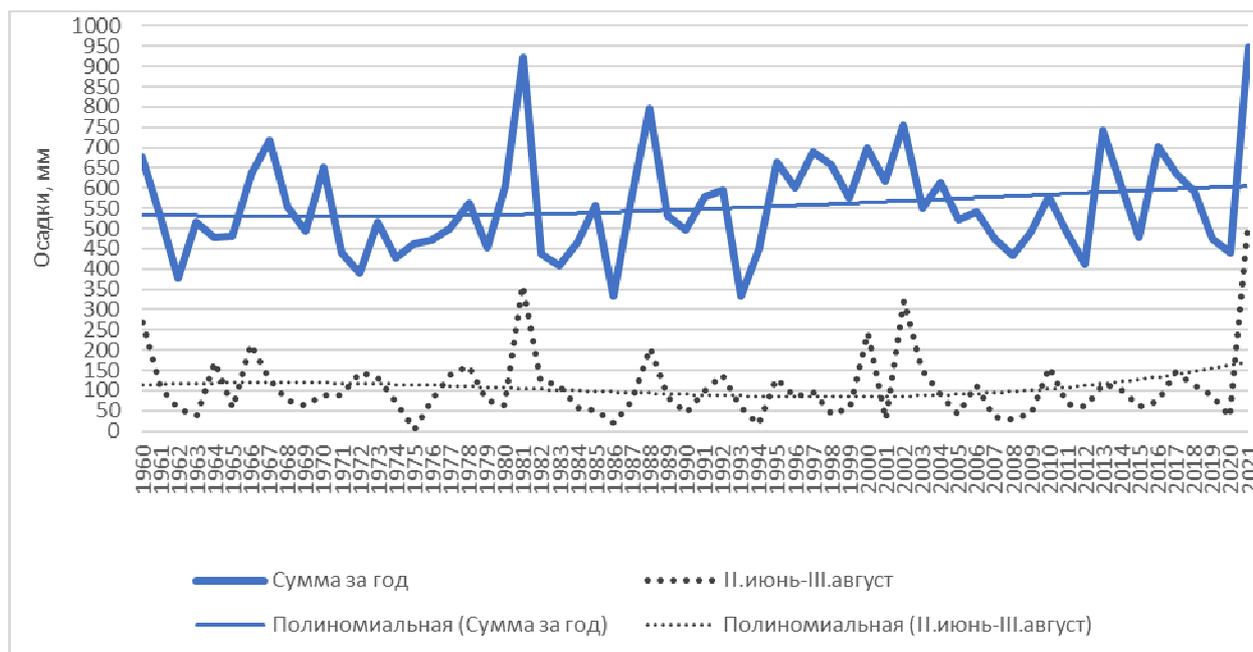


Рис. 2. Динамика изменения атмосферных осадков, г.-к. Анапа

Важнейшим условием обеспечения конкурентоспособного производства винограда является оптимизация ресурсозатрат и снижение себестоимости продукции на основе эффективного использования возобновляемых природных ресурсов и биологических особенностей генотипов в продукционном процессе насаждений без дополнительных капиталовложений. С этой целью выполнено GIS-зонирование территории Краснодарского края, выделено 5 зон и 47 подзон (терруаров), установлены закономерности параметрической дифференциации возобновляемых природных ресурсов (свет, тепло, вода, питание) для функционально направленного размещения генотипов винограда, устойчивого плодоношения и качественного виноделия.

Установленные математически выраженные зависимости (парная корреляция) показывают степень влияния почвенно-климатического ресурсного потенциала агротерриторий на показатели продуктивности растений винограда. Наиболее сильное влияние на массу грозди винограда оказывали температура воздуха во время вегетации предшествующего и текущего года ($r = 0,66$ и $0,57$), а также минимальная температура в период вынужденного покоя ($r = 0,61$), а также атмосферные осадки во время вегетации ($r = 0,62$). Зависимость урожайности винограда была равнозначно сильной от среднегодовой температуры воздуха и во время вегетации ($r = 0,71$), а также от суммы атмосферных осадков за год и за время вегетации ($r = -0,71$).

Подбор и размещение сортов с учетом ресурсного потенциала агротерриторий и особенностей генотипов существенно продвигает вопрос к решению задачи по обеспечению устойчивого виноградарства. При формировании сортимента приоритетными должны быть автохтонные и отечественные сорта и клоны, используемые по месту их происхождения, а также интродуцированные всемирно признанные. Для эффективного использования ресурсного потенциала агротерриторий и особенностей генотипов сформирована группа сортов для устойчивого производства винограда и качественного виноделия. В сортименте доминируют генотипы отечественного происхождения (табл.).

Сорта и клоны для создания устойчивых насаждений винограда
в агроэкологических условиях юга России

Сорт	Масса грозди, г	Ягода			Урожайность, т/га	Устойчивость к морозу, °С	Восприимчивость, баллы			
		размер, г	цвет	срок созревания			милдью	оидиум	антракноз	серая гниль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Отечественные										
Столовые										
Баклановский	850	6	белый	сверхранний	12-14	-25	2	2	2	2
Боготяновский	800-1100		белый	сверхранний		-23	2	2	2	2
Лотос	380	3-4	розовый	ранний	12-14	-22	2	2	2	2
Надежда АЗОС	500	6-7	черный	ранний	8-15	-25	2	2	1	2
Низина	700	12	красно-фиолетовый	ранний	12	-22	3	3	2	2
Первозванный	1000	12	белый	сверхранний	12	-22	2	2	2	2
Романтика	700	7	темно-фиолетовый	средний	12-14	-26	2	2	2	2
Фея (Людмила)	800	10	белый	ранний	10-12	-25	2	2	2	2
Технические										
Алькор	180-220	1,5-2	красный	среднепоздний	15	-22	2	4	1	2
Антарис	220-350	2-3	красный	средний	12-13	-22	2	2	1	2
Бархатный	260	2-3	желто-зеленый	среднепоздний	14-18	-18	3-4	3-4	1	3-4
Бейсуг	260-350	2-3	белый	среднепоздний	17	-22	4	2	2	4
Варваровский	260	2-3	белый	средний	11-12	-27	4	2	2	2
Владимир	150-160	2-3	красный	средний	12-13	-27	2	2	1	1
Гранатовый	200	2-3	темно-синий	поздний	12-14	-22	2	2	1	1
Дмитрий	230-240	2-3	красный	поздний	14-15	-25	1	2	1	1
Достойный	240	2-3	красный	среднепоздний	11-13	-27	4	4	2	2
Каберне АЗОС	250-300	2-3	красный	среднепоздний	12-13	-26	2	2	1	2
Каберне Кубани	275	2-3	красный	средний	12	-24	1	1	1	2
Каберне Тамани	195	2-3	красный	среднепоздний	12	-24	1	1	1	2
Красностоп АЗОС	120-130	2-3	красный	ранний	12	-25	2	2	2	4
Курчанский	170-185	2-3	красный	среднепоздний	12-13	-27	2	2	1	1
Мицар	220-350	2-3	черный	средний	12-13	-22	2	2	1	2
Мускат натухаевский	160	1,5-2	белый	средний	10	-25	1	2	2	1
Первенец Магарача	170	1,8	белый	поздний	11-13	-25	2	2	2	
Платовский	212	2	белый	очень ранний		-29	2	2	1	2
Рислинг Черноморец	230	1,5-2	белый	средний		-24	4	3	3	3
Рубин АЗОС	200	2-3	красный	среднепоздний	11-12	-22	4	2	2	4

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Саперави Черноморское.	110		красный	среднепоздний	11-12	-24	1	1	1	2
Шардоне Мильстрим	130	1,3	белый	средний	10-11	-22	2	4	2	2
Цитронный Магарача	300-400	2	зеленовато-желтая	раннесредний	15-20	-25	2	2	2	2
Интродуцированные, всемирно признанные										
Столовые										
Августин	400-500	4-5	белый	ранний	12-14	-22	2	2	4	2
Кишмиш Запорожский	600-900	2-2,5	темно-красно-фиолетовый	сверхранний	11-12	-24	4	2	2	2
Молдова	385-600	6	черный	среднепоздний	12-15	-23	2	4	4	2
Подарок Запорожью	600-900	10-12	белый	ранний	12-14	-22	2		1	2
Загадка	500-700	6	белый	средний	11-12	-24	2	2	2	2
Технические										
Каберне Совиньон	75	1,2	черный	среднепоздний	10-12	-22	4	2	1	
Ливадийский черный	250	2	красный	раннесредний	11-15	-25	2	2	2	2
Мерло	120-150	1,4	черный	поздний		-22	4	2	1	
Мцване кахетинский	120-200	1,5-2	белый	среднепоздний	6-8	-22	2	2	2	2
Пино нуар	80-120	1,3	синий	ранний	6-9					
Рислинг рейнский	80-100	1,4	белый	средний	11-12	-22	4	2	1	
Саперави	110	4	красный	поздний	11	-22	4	4	1	2
Совиньон	120	1,5	белый	средний	10-11	-22	4	2	1	4

Сорта в местах их происхождения наиболее полно реализуют наследственно обусловленные положительные хозяйственно ценные и биологические признаки, обеспечивают адаптивную, продукционную и экологическую устойчивость. Зонально ориентированное размещение сортов существенно повышает продуктивность, качество винограда и винопродукции, в 1,5-2,0 раза увеличивает срок жизни насаждений, обеспечивает снижение себестоимости продукции, повышение экономической устойчивости производства.

Существенное влияние на ростовые процессы и продуктивность сортов винограда оказывает конструкция насаждений (схема, плотность посадки и нагрузка кустов побегами). При увеличении плотности насаждений сорта Рислинг рейнский в два раза площадь листовой поверхности куста снижается в 2,3 раза. Наилучшие показатели фотосинтетического и продукционного потенциалов винограда этого сорта достигаются при плотности посадки кустов 2222 шт./га по схеме 3,0×1,5 м с нагрузкой 50 000 побегов на гектар. При оптимизации агротехнологических регламентов увеличивалась доля плодоносных побегов до 97 %, коэффициент плодоношения и плодоносности соответственно до 2,0 и 2,1, средняя масса грозди до 103 г, урожайность винограда до 9,67 т/га.

Показатели продукционного потенциала с сохранением экологии ампелоценозов существенно улучшаются при использовании биологизированных методов управления питанием растений винограда. Метод основан на системной обработке растений водным раствором органоминерального удобрения «Нормат Л». Это концентрированный гуминовый препарат (концентрация действующих веществ – 90 %) в сочетании с микроэлементами. Препаративная форма – полностью водорастворимый порошок. Органоминеральное удобрение «Нормат Л» не токсичен, не канцерогенен, не обладает мутагенными свойствами, так как в основе препарата соли гуминовых веществ и соли фульвокислот, а также комплекс органических кислот растительного происхождения (янтарная, фумаровая, малеиновая).

В составе препарата в микроколичествах содержатся также фитогормоны, усиливающие прецизионность действия препарата. При использовании данного метода достигается увеличение общего количества побегов на 8,3-14,3 %, количества плодоносных побегов на 21 %, количества соцветий на 30 %, рост массы грозди и продуктивности винограда.

Применение некорневых удобрений Филлотон и Агрумекс на каменистых и засоленных почвах улучшает ростовые процессы растений и продуктивность винограда. Положительный эффект варьировал в зависимости от степени засоления и угнетенности растений винограда. Без применения некорневых удобрений в угнетенном состоянии растения были там, где концентрация ионов хлора в плантажном слое составляла 0,41 мг-экв/100 г абсолютно сухой почвы и с глубиной возрастала (в слое 100...120 см была 1,75 мг-экв/100 г почвы). Слабо угнетенные растения винограда были на участках, где концентрация ионов хлора в слое 0...60 см составляла 0,33 мг-экв/100 г почвы, а в слое 100...120 см – 1,02 мг-экв/100 г почвы. Кусты без признаков угнетения произрастали на участке, где количество легкорастворимых солей и концентрация ионов хлора не превышали допустимых значений (0,29 мг-экв/100 г почвы в слое 0...60; для слоя 100...120 – 0,3 мг-экв/100 г почвы). Применение некорневых удобрений на угнетенных, слабо угнетенных и нормально развитых растениях способствовало увеличению массы грозди сорта Шардоне соответственно на 10-17, 28-19 и 25-23 %, продуктивности побега соответственно на 39-27, 28-27 и 25-23 %.

Устойчивость растений, продуктивность и качество винограда на фоне заражения корневой филлоксерой повышается при использовании физиологически активных соединений (ФАС). Применение ФАС на фоне заражения филлоксерой позволяет восстановить и повысить продуктивность корнесобственных насаждений винограда. Их действие имеет пролонгирующий эффект и сохраняется в последующие годы без обработок. Для «реанимирования» филлоксерных корнесобственных насаждений рекомендуется производить ежегодные двукратные обработки в период вегетации (I срок – перед цветением, II срок – в начале созревания урожая) в течение 3-4 лет до достижения необходимой плодоносности и урожая. Далее, при их достижении, можно приостановить применение ФАС на 4-5 лет до начала снижения показателей физиологического состояния растений по следующим критериям – плодоносность, процент завязывания гроздей, длина побега перед цветением. При такой технологии возможно ведение корнесобственной культуры винограда восприимчивых сортов к филлоксере с сохранением высокой продуктивности за весь регламентированный период эксплуатации насаждений в течение 25-30 лет.

Применение ФАС различного механизма действия позволяет управлять качеством ягод винограда столовых сортов. Получению бессемянной столовой продукции винограда способствует обработка кустов препаратами – через 3-5 дней после окончания цветения. При этом масса бессемянных ягод не уступает ягодам контрольного варианта, а по содержанию сахаров значительно превосходят их и созревают они на 12-15 дней раньше.

ФАС оказывают положительное влияние на приживаемость, выход и качество корнесобственного посадочного материала винограда. Выявлено, что гормональный статус и содержание биологически активных веществ в корневой системе толерантных к филлоксере сортов межвидового происхождения различны. Различная приживаемость черенков сортов *V. vinifera* L. и сортов межвидового происхождения обусловлена разным гормональным статусом, в частности, уровнем эндогенных ауксинов и степенью экспрессии генов, в том числе и при экзогенном применении ауксиновых препаратов. Некорневое применение раствора ФАС на основе синтетических ауксина и цитокинина, компенсирует недостаток гормонов в молодом растении в начале формирования корневой системы, способствует установлению оптимального гормонального баланса и взаимодействия между апексом побега и корней, что способствует лучшей закладке, формированию и развитию элементов корневой системы и всего молодого растения (саженца). На сортах межвидового происхождения, при некорневом использовании раствора ФАС наблюдается образование мощной корневой системы, увеличение количества пяточных корней и числа корней с большим диаметром, повы-

шение трофического потенциала элементов корневой системы, что способствует лучшему развитию и раннему плодоношению корнесобственных растений в последующие годы.

Физиолого-биохимические закономерности формирования адаптации, выявленные у сортов винограда различного эколого-географического происхождения, к комплексу абиотических и биотических стрессоров на основе протеомной, энзимной и метаболомной оценки экспрессии генотипа может стать основой для разработки метода оценки сортов на морозостойкость. Электрофоретическое разделение пероксидазы в полиакриламидном геле показало, что ответная реакция растений на действие низких температур сопровождается появлением новых множественных форм пероксидазы или исчезновением некоторых других. У изучаемых сортов выделены изоформы пероксидазы с молекулярной массой 50, 55, 60, 75, 80, 100, 140 кДа. Установлено, что сорта Достойный, Красностоп АЗОС, Восторг, Алиготе имеют в контроле (до проморозки) одинаковый набор молекулярных форм пероксидазы: 50, 55, 80, 100, 140 кДа. Сорт Кристалл отличается дополнительной изоформой 60 кДа, а у сорта Зариф отсутствуют изоформы 100 и 140 кДа. После проморозки у всех сортов появлялись изоформы с массой 75 кДа. Это свидетельствует о том, что после холодового воздействия произошли изменения в наборе молекулярных форм фермента и появилась «стрессовая» изоформа пероксидазы с массой 75 кДа. По нашему мнению, это связано с адаптивной способностью растений к низким температурам. Изоформы с массой 80 кДа исчезали после проморозки у сортов Достойный и Алиготе, у остальных сортов остались без изменений. Изоформа с массой 100 кДа не исчезала после проморозки у сорта Кристалл, а у остальных сортов исчезала. Кристалл – сорт с повышенной морозостойкостью, возможно, это связано с присутствием данной изоформы после воздействия низких температур. У сортов Достойный и Алиготе изоформы с массой 140 кДа исчезали после проморозки, а у сортов Кристалл, Красностоп АЗОС, Восторг – нет. Отмеченные закономерности изменения молекулярных форм пероксидазы при воздействии низких температур воздуха является основанием для разработки метода выделения сортов устойчивых к морозам.

Эффективность управления онтогенезом винограда существенно повышается при использовании математического моделирования ростовых процессов и продуктивности. Уравнения множественной регрессии были составлены по группам сортов различного эколого-географического происхождения. Значимые независимые параметры в уравнениях выделены полужирным.

Для сортов восточной группы уравнения коэффициента плодоношения и урожая с куста являются значимыми:

$$k_1 = \mathbf{0,7689} + \mathbf{0,05}x_2 + \mathbf{0,0526}x_5 + \mathbf{0,0011}x_7 \quad (1)$$

$$Y = \mathbf{4,352} + \mathbf{0,9038}x_2 + \mathbf{0,684}x_5 + \mathbf{9,3142}x_{15} \quad (2)$$

Где:

x_2 – минимальная температура за октябрь-ноябрь (предыдущего года), °С;

x_5 - количество дней с температурой выше +35 °С (предыдущего года);

x_7 – сумма атмосферных осадков за лето (предыдущего года), мм;

x_{15} – коэффициент увлажнения Сапожниковой.

Уравнение 1 объясняет 19,6 % изменчивости зависимой переменной k_1 . Значимыми независимыми показателями являются минимальная температура за октябрь-ноябрь и количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С за предыдущий год. Коэффициент множественной корреляции равен 0,44.

В уравнении 2 значимым показателем является минимальная температура воздуха за октябрь-ноябрь (предыдущий год), °С. Значения урожайности с куста на 19,5 % объясняются данным уравнением. Коэффициент множественной корреляции равен 0,44.

Для сортов бассейна Черного моря уравнения множественной регрессии для коэффициентов плодоношения, плодоносности значимы и имеют следующий вид:

$$k_1 = 1,3833 + 0,0745x_2 + 0,0592x_5 - 2,2429x_{10} \quad (3)$$

$$k_2 = 2,0913 + 0,0218x_1 + 0,0279x_2 - 0,2279x_{10} \quad (4),$$

где:

x_1 – минимальная температура воздуха за зиму, °С;

x_2 – минимальная температура за октябрь-ноябрь (предыдущий период вегетации), °С;

x_5 – количество дней с температурой воздуха выше +35 °С (предыдущий период вегетации);

x_{10} – индекс сухости Будыко (предыдущего года).

Уравнение 3 объясняет 29,2% изменчивости зависимой переменной k_1 . Значимыми независимыми показателями являются минимальная температура за октябрь-ноябрь и количество дней с максимальной температурой воздуха выше +35 °С за предыдущий год. Коэффициент множественной корреляции равен 0,54.

Уравнение коэффициента плодородности (4) объясняет 19,7 % изменчивости данного параметра. Статистически значимый показатель - минимальная температура за октябрь-ноябрь за предыдущий год. Коэффициент множественной корреляции равен 0,44.

Уравнение для урожайности с куста объясняет только 6,9 % изменчивости параметра, поэтому считается неудовлетворительным.

Уравнения плодородности и плодородности для сортов внутривидового происхождения хоть и являются значимыми, однако коэффициент детерминации ниже 0,15, поэтому уравнения считаются неудовлетворительными.

Ниже приведены значимые уравнения урожайности с куста для внутривидовых гибридов (5) и коэффициентов плодородности, плодородности и урожайности с куста для межвидовых гибридов (6-8):

$$Y = 29,7087 - 7,5564x_{17} - 6,26602x_{16} - 0,1902x_{13} \quad (5)$$

$$k_1 = 1,0835 + 0,0768x_2 + 0,019x_6 - 0,3579x_{10} + 0,0237x_5 \quad (6)$$

$$k_2 = 3,7471 + 0,0761x_2 + 0,02597x_1 - 0,4271x_{10} - 0,3971x_9 - 0,0319x_4 \quad (7)$$

$$Y = 25,1621 + 1,0594x_2 + 0,3329x_6 - 0,0413x_{14} - 9,5229x_{17} \quad (8),$$

где:

x_1 – минимальная температура воздуха за зиму, °С;

x_2 – минимальная температура воздуха за октябрь-ноябрь (предыдущего года), °С;

x_4 – максимальная температура воздуха июнь-июля (предыдущего года), °С;

x_5 – количество дней с температурой воздуха выше +35 °С (предыдущего года);

x_6 – продолжительность самого длинного бездождного периода (предыдущего года);

x_9 – гидротермический коэффициент Селянинова (предыдущего года);

x_{10} – индекс сухости Будыко (предыдущего года);

x_{13} – продолжительность самого длинного бездождного периода;

x_{14} – сумма атмосферных осадков за лето, мм;

x_{16} – гидротермический коэффициент Селянинова;

x_{17} – индекс сухости Будыко.

Коэффициент множественной корреляции урожайности с куста для внутривидовых гибридов составляет 0,44. Уравнение 5 объясняет 19,1 % изменчивости показателя. Значимым является параметр индекс сухости Будыко.

Уравнение множественной регрессии коэффициента плодородности (6) объясняет 38,1 % изменчивости, значимыми являются минимальная температура воздуха за октябрь-ноябрь (предыдущего года) и продолжительность самого длинного бездождного периода (предыдущего года). Коэффициент корреляции составляет 0,62.

У коэффициента плодоносности уравнение 7 объясняет 38 % изменчивости, значимым является параметр минимальная температура воздуха за октябрь-ноябрь (предыдущего года). Коэффициент множественной корреляции составляет 0,62.

Для урожайности с куста коэффициент корреляции составляет 0,54. Значимый показатель – минимальная температура воздуха за октябрь-ноябрь (предыдущего года), уравнение 8 объясняет 29 % изменчивости.

Для сортов западно-европейского эколого-географического происхождения уравнения регрессии коэффициентов плодоношения, плодоносности и урожая с куста оказались незначимыми по критерию Фишера.

Выводы. Разработанная методология подтверждает рабочую гипотезу об эффективности системного управления продукционным воспроизводством и средообразующим потенциалом ампелоценозов в условиях изменения климата и техногенной интенсификации производства. Экспериментально выявлен положительный эффект от использования зонирования агротерриторий, подбора зонально ориентированного сортимента, оптимизации конструкции насаждений и агротехнологий с учетом ресурсного потенциала агротерриторий и биологических особенностей сортов. Установлено положительное влияние схемы и плотности посадки кустов, нагрузки кустов побегами, некорневых подкормок растений микроэлементами в сочетании с биологически активными компонентами, физиологически активных соединений на повышение уровня реализации потенциала хозяйственной продуктивности растений винограда, улучшения качества ягод винограда и винопродукции, устойчивость корнесобственных виноградников к карантинному вредителю – корневой филлоксере, улучшение качества посадочного материала винограда.

Литература

1. Luo G., Wu X., Leng P. Study on climatic zoning for wine-grape growing in Huabei Regions // Acta hortic. sinica. 2001. Vol. 28, № 6. P. 487 – 496.
2. Carte des sols viticoles genevois: vers une utilisation pratique / S. Burgos, N. Dakhel, M. Docourt, J.-J. Schwarz // Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 2008. Vol. 40, № 4. P. 215 – 221.
3. Penkov M., Roytchev V., Bambalov V. Influence of Groving Location on the Quality of Grape and Wines from Various Vine Cultivars // Почвозн. Агрехим. Екол. 2007. Vol. 42, № 4. P. 44 – 53.
4. Кисиль М.Ф., Владов П.Г. Формирование продуктивного потенциала винограда в зависимости от экологических условий // Виноделие и виноградарство. 2010. № 1. С. 30 – 31.
5. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Наумова Л.Г., Лукьянова А.А. Адаптивна реакция на лозови сортове в условия на климатични промени // Лозарство и винарство. 2018. №6. С. 18-31.
6. Алейникова Г.Ю., Петров В.С., Соколова В.В. Тенденции локального изменения климата и их влияние на продуктивность и фенологию винограда // Научные труды СКФНЦСВВ, 2019. Т. 23. С. 117-125.
7. Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Межправительственная группа экспертов по изменению климата, 2013.
8. Монин А.С., Сонечкин Д.М. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы. М.: Наука, 2005. 192 с.
9. Логинов В.Ф. и др. Изменения климата Белоруссии и их последствия / НАН Беларуси, Ин-т проблем исп. природ. ресурсов и экологии. Минск: Тонпик, 2003. 330 с.
10. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А. и др. Изменения температуры в тропосфере Северного полушария во второй половине XX столетия // Мировой океан, водоемы суши и климат: Тр. XII съезда Русского геогр. об-ва. СПб., 2005. Т. 5. С. 361-365.
11. Третье Национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организаций Объединенных Наций об изменении климата // Межведомственная комиссия Российской Федерации по проблемам изменения климата. М., 2002.

12. Antivilo F.G., Paz R.C., Echeverria M., Keller M. Thermal history parameters drive changes in physiology and cold hardiness of young grapevine plants during winter // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. № 262 (15). P. 227-236.
13. Arora R., Rowland L.J. Physiological Research on Winter-hardiness: Deacclimation Resistance, Reacclimation Ability, Photoprotection Strategies, and a Cold Acclimation Protocol Design // *HortScience*. – 2011. № 46(8). P. 1071-1078.
14. Ненько Н.И., Ильина И.А., Сундырева М.А., Киселева Г.К., Схаляхо Т.В. Метаболическая характеристика устойчивости растений винограда к низкотемпературному стрессу // *Научные труды СКФНЦСВВ*. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. Т. 15. С. 39-49.
15. Goffinet M.C. The anatomy of low-temperature injury of grapevines // In: *Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Meeting (June 19-23, 2000)*. Seattle, Washington, 2000. P. 94-100.
16. Kaya Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold // *Erwerbs-Obstbau*. 2020. №62 (1). P. 43-50.
17. Mohamed H. B., Vadel A.M., Geuns J.M.C., Khemira H. Biochemical changes in dormant grapevine shoot tissues in response to chilling: Possible role in dormancy release // *Scientia Horticulturae*. 2010. №124. P. 440-447.
18. Barka E.A., Audran J.C. Response of champenoise grapevine to low temperatures: Changes of shoot and bud proline concentrations in response to low temperatures and correlations with freezing tolerance // *Journal of Horticultural Science*. 1997. №72. P. 577-582.
19. Wample R.L., Bary A. Harvest Date as a Factor in Carbohydrate Storage and Cold Hardiness of Cabernet Sauvignon Grapevines // *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1992. №117(1). P. 32-36.
20. Koussa T., Rifai L.A., Cherrad M. Annual variations of alpha-amylase and invertase activities in buds and internodes of grapevines and their relation with carbohydrates and abscisic acid // *J. Int. Sci. Vigne Vin*. 2005. № 39. P. 129-136.
21. Karimi R., Ershadi A. Role of exogenous abscisic acid in adapting of 'Sultana' grapevine to low temperature stress // *Acta Physiol. Plant*. 2015. № 37. P. 151.
22. Xu W., Shen W., Ma J., Ya R., Zheng Q., Wu N. Role of an Amur grape CBL-interacting protein kinase VaCIPK02 in drought tolerance by modulating ABA signaling and ROS production // *Environmental and Experimental Botany*. 2020. № 172.
23. Yordanov I., Velikova V., Tsonev T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance // *Photosynthetica*. 2000. № 2 (38). P. 171-186.
24. Lovisolo C., Perrone I., Carra A., Ferrandino A., Flexas J., Medrano H., Schubert A. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update // *Funct. Plant Biol.* 2010. № 37. P. 98-116.
25. Montero F.J., Melia X., Brasa A., Segarra D., Cuesta A., Lanjeri S. Assessment of vine development according to available water resources by using remote sensing in La Mancha, Spain // *Vitis: Viticulat. and Enol. Abstr.* 2000. № 1-2. P. 13-15.
26. Петров В.С., Павлюкова Т.П., Алейникова Г.Ю., Разживина Ю.А. Сортоориентированные технологии винограда сорта Рислинг в условиях умеренно-континентального климата юга России [Электронный ресурс] // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2018. № 53(5). С. 103-114. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/05/10.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-103-114 (дата обращения: 18.05.2022).
27. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Павлюкова Т.П., Ненько Н.И., Сундырева М.А. Агробиологические, физиолого-биохимические и технологические особенности винограда сорта Рислинг рейнский в условиях изменяющегося климата юга России // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019. № 21(3). С. 204-210.
28. Гусейнов Ш.Н., Майбородин С.В. Облиственность и продуктивность фотосинтеза насаждений при различных способах ведения и формирования кустов винограда // *Русский виноград*. 2016. Т. 4. С. 179-187.
29. Радчевский П.П., Артамонов А.Н., Чурсин И.А., Прах А.В., Заманиди П.К. Влияние обработки виноградных кустов сорта Шардоне Нутривантом плюс на его агrobiологические и технологические показатели // *Научный журнал КубГАУ*. Краснодар: КубГАУ, 2014. №07(101). С. 1933-1959.

30. Радчевский П.П., Брыкалов А.В., Чурсин И.А., Артамонов А.Н., Прах А.В., Заманиди П.К. Влияние Стимокоров и Нутриванта плюс на агробиологические и технологические показатели винограда сорта Шардоне // Научный журнал КубГАУ. Краснодар: КубГАУ, 2014. № 07(101). С. 1960-1984.
31. Радчевский П.П., Салихов Д.К., Горбачев А.В. Урожай и качество винограда сорта Бинка под влиянием обработки кустов Спидфолом и Террафлексом Финал // Энтузиасты аграрной науки: тр. КубГАУ. Краснодар, 2009. Вып. 9. С. 56-60.
32. Радчевский П.П., Кравченко Р.В., Барчукова А.Я., Прах А.В. Применение регуляторов роста Крезацин и Авибиф в посадках винограда сорта Саперави // Сборник научных статей SWorl. Одесса, 2014. Т. 33, Вып. 1. С. 34-37.
33. Радчевский П.П., Базоян С.С., Орлов Р.А., Чич А.А., Прах А.В. Регулирование урожая и качества винограда сорта Рислинг путем использования различных технологических схем некорневой подкормки Нутривантом плюс // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. 2017. № 125. С. 658-679.
34. Серпуховитина К.А. Прецизионные технологии промышленного виноградарства – уровень разработок и возможность применения // Методологические аспекты создания прецизионных технологий возделывания плодовых культур и винограда. Краснодар, 2006. Т. 2. С. 3-5.
35. Топалэ Ш.Г., Даду К.Я. Филлоксера – проблема мирового виноградарства // Виноделие и виноградарство. 2007. № 5. С.15-18.
36. Du Y.-P., Zheng Q.-L., Zhai H., Jiang E.-S., Wang Z.-Y. Selectivity of *Phylloxera vitifoliae* Fitch (Homoptera: Phylloxeridae) to grape with different resistance and the identification of grape root volatiles // ActaEntomol. Sinica. 2009. Vol. 52. P. 537–543.
37. Kirchmair M., Huber L., Porten M., Rainer J., Strasser H. Biokontrol. *Metarhiziumanisopliae* agent for the control of grape phylloxera // M, 2004. Т. 49, № 3. P. 295-303.
38. Nora C., Lawo A., Georg J.F., Weingart B., Schuhmacher R., Forneck A. The volatile metabolome of grapevine roots: First insights into the metabolic response upon phylloxera attack. // Plant Physiology and Biochemistry. 2011. Vol. 49. P. 1059-1063.
39. Granett J., Timper P., Lider L.A., Grape Phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) (Homoptera: Phylloxeridae) biotypes in California // J. Econ. Entomol. 1985. Vol. 78. P. 1463–1467.
40. Forneck A., Walker M.A., Blaich R. Ecological and genetic aspects of grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae* (Homoptera: Phylloxeridae) performance on rootstock hosts // B. Entomol. Res. 2001. Vol. 91. P. 445–451.
41. Parker A., Garcia de Cortazar-Atauri I., Gény L. et al. Temperature-based grapevine sugar ripeness modelling for a wide range of *Vitis vinifera* L. cultivars // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 285-286. P. 1-13.
42. Brisson N., Gary C., Justes E. et al. An overview of the crop model STICS // European Journal of Agronomy. 2003. Vol. 18. P. 309-332.
43. Mesterházy I., Mészáros R., Pongracz R., Bodor P., Ladányi M. The analysis of climatic indicators using different growing season calculation methods – An application to grapevine grown in Hungary // Időjárás. 2018. Vol. 122 (3). P. 217-235.
44. Quénel H., Grosset M., Barbeau G. et al. Adaptation of viticulture to climate change: high resolution observations of adaptation scenario for viticulture: the adviclim european project // Bulletin de l'OIV. 2014. Vol. 87. P. 395-406.
45. Gladstones J. Viticulture and environment. Underdale: Winetitles. 1992. 320 p.
46. Garcia de Cortazar-Atauri I., Brisson N., Segun B., Gaudillere J., Baculat B. Simulation of budbreak date for vine. The BRIN model. Some applications in climate change study // Proceedings of the XIV International GESCO Viticulture Congress / Geisenheim, Germany, (23-27 August) 2005. P. 485-490.
47. Leolini L., Costafreda-Aumedes S., Santos J. Phenological Model Intercomparison for Estimating Grapevine Budbreak Date (*Vitis vinifera* L.) in Europe // Applied Sciences. 2020. 10 (11). 3800.
48. Molitor D., Junk J., Evers D., Hoffmann L., Beyer M. A high resolution cumulative degree day based model to simulate the phenological development of grapevine // American Journal of Enology and Viticulture. 2014. Vol. 65 (1). P. 72-80.
49. Costa R., Fraga H., Fonseca A. et al. Grapevine phenology of cv. Touriga Franca and Touriga Nacional in the Douro wine region: modeling and climate change projections // Agronomy journal. 2019. 9, 210. 20 p.