

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОДУКЦИОННЫМ И АДАПТИВНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ

Петров В.С., д-р с.-х. наук, **Ильина И.А.**, д-р техн. наук, **Панкин М.И.**, д-р с.-х. наук,
Алейникова Г.Ю., канд. с.-х. наук, **Руссо Д.Э.**, канд. с.-х. наук,
Красильников А.А., канд. с.-х. наук, **Сундырева М.А.**, канд. с.-х. наук,
Киселева Г.К., канд. биол. наук, **Марморштейн А.А.**, **Цику Д.М.**

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

Лукьянов А.А., канд. с.-х. наук, **Орлов В.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. Представлены исследования ресурсного потенциала агротерриторий, агроценотической, биологической и экологической устойчивости ампелоценозов и их структурных элементов, обоснованы способы эффективного управления адаптивным и продукционным потенциалом насаждений и качеством винограда в условиях антропогенной интенсификации производства и изменения климата.

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

Summary. Studies of the resource potential of agroterritories, agroecological, biological and ecological sustainability of ampeloceneses and their structural elements are presented, methods of effective management of adaptive and productive potential of plantings and grape quality in conditions of anthropogenic intensification of production and climate change are substantiated.

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

Введение. Растения винограда в процессе синтеза органической массы находятся в тесной взаимосвязи с природными и антропогенными факторами среды обитания по месту их размещения [1-5]. Основные насаждения винограда расположены в границах юга России [6]. На данной территории преобладающим является умеренно континентальный климат. Характерным для умеренно континентального климата являются нестабильные условия среды обитания насаждений, имеющие тенденцию локального и глобального изменения погодных условий,

частой повторяемости температурных и водных стрессоров в период вегетации и покоя растений винограда [7].

По данным метеостанции г.-к. Анапы максимальная температура воздуха в многолетней динамике (за период климатической нормы, с 1991 по 2020 год) была не стабильной – в период с 1991 по 2006 г. существенно увеличилась с 34,0 до 36,2 °С, в последующем удерживалась на этом уровне до 2020 года. Абсолютный максимум поднимался до 38 °С четырежды. Минимальная температура ниже минус 18 °С, критическая для наиболее распространенных западно-европейских сортов, наблюдалась 6 раз, в период с 1992 по 2015 год. Самая низкая температура, -24 °С, была в январе 2006 года. При таком понижении температуры в Краснодарском крае погибло 30 % насаждений винограда. С 2016 и по настоящее время минимальная температура имела тенденцию к повышению с -13,5 до -8 °С [8].

Годовая сумма атмосферных осадков с 1991 по 2020 год уменьшилась на 40 мм (7 %). Более интенсивная тенденция уменьшения атмосферных осадков отмечается во время активного роста ягод винограда, со второй декады июня по август включительно. В этот период количество осадков уменьшилось на 20 мм (19 %) [8].

Возделывание винограда в условиях проявления температурного и водного стрессов сопровождается повреждением растений, гибелью репродуктивных и вегетативных органов растений, уменьшением срока жизни насаждений в 1,5-2 раза, низким уровнем реализации потенциала хозяйственной продуктивности [9, 10]. Обезвоживание винограда в условиях высокой инсоляции и дефицита влаги ведет к заизюмливанию ягод, недополучению сула, снижению качества и количества винопродукции [11, 12].

Выращивание винограда в нестабильных и жестких условиях умеренно-континентального климата юга России, в отличие от западноевропейских мягких погодных условий, сопровождается повышением антропогенной интенсификации производства, усложнением агротехнологий, ростом энерго-ресурсозатрат в технологическом процессе [13].

В условиях антропогенной интенсификации производства доминирует применение химических средств для защиты и питания растений. Активное применение химических средств сопровождается нарушением экологии ампелоценозов, подавлением полезной микрофлоры, затоксичиванием пищевой продукции. Химические токсиканты, обладающие высокой стабильностью, ингибируют микроорганизмы почвы, снижают их участие и активность в почвенных процессах, блокируют деятельность адаптивных ферментов, что негативно отражается на ее восстановительных и очищающих свойствах. Интенсивное применение средств химизации для защиты растений от вредных организмов снижает микробную активность и биогенность почвы, снижается уровень её гомеостаза [14-16].

Нарастающая механическая нагрузка и острый дефицит органической массы, поступающей в почву, ведет к нарушению её водно-физических свойств, малого биологического круговорота, естественного процесса воспроизводства плодородия, прогрессирует деградация почвы [17]. Деградация почвы ограничивает параметры ее плодородия и продуктивность виноградников. Из-за миграции токсичных остатков в экосистеме и нарушения экологии ампелоценозов снижается пищевая ценность винограда [18].

Современная концепция стабильного конкурентоспособного производства высококачественного винограда основана на формировании устойчивых саморегулирующихся агроценозов, рациональном природопользовании, использовании высокоадаптивных сортов и наукоемких биотехнологий¹ на системной основе [19].

¹ *Биотехнология* – манипуляции живыми организмами и их органами на молекулярном, клеточном и организменном уровнях, использование организмов и продуктов их жизнедеятельности в технологическом процессе для достижения целей по обеспечению эффективности процессов онтогенеза, улучшения среды обитания и производства продукции.

Целью настоящей работы является разработка биологических методов управления агроценотической и экологической устойчивостью, продукционным и адаптивным потенциалом ампелоценозов в нестабильных погодных условиях среды обитания и техногенной интенсификации производства.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные полевые исследования выполнены в насаждениях винограда Краснодарского края и Республики Дагестан, аналитические – в лабораториях СКФНЦСВВ, АЗОСВиВ и ДагСОСВиО, в том числе в Центре коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием СКФНЦСВВ. Объектом исследований являются сорта винограда *Vitis L.*, входящие в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, и перспективные сорта для территорий исследования.

Методы исследований:

- анализ агрометеорологических условий местности в годы проведения исследований выполнялся по данным метеостанций в сравнении со средними многолетними данными [20];

- агробиологические учеты проводились по общепринятым методикам [21-24], в том числе учет урожая [24], увологический анализ по Н.Н. Простосердову [25], эмбриональная плодородность по Л.П. Диканю [26];

- определение качественных показателей ягод винограда, сула и виноматериала выполнялись по ГОСТам [27-29], проводилась дегустация свежего винограда [23, 30];

- проводилась оценка следующих физиологических параметров виноградных кустов: оводненность, содержание свободной и связанной воды [31]; фотосинтетические пигменты, белок, активность пероксидазы [32]; растворимые сахара, крахмал, антоцианы, халконы [33]; пролин, аскорбиновая, абсцизовая, органические кислоты, ионы калия, кальция, малоновый диальдегид [34]; квантовый выход фотохимической реакции фотосистемы II и содержание хлорофиллов а и b [35]; содержание пигментов [36]; относительное содержание воды (RWC) [37]; содержание воды в листьях (WC) [38]; проницаемость клеточных мембран по выходу электролитов [39]. При изготовлении анатомических препаратов использовали методы ботанической микротехники [40];

- статистическая обработка данных проводилась по методике Доспехова Б.А. [41]; значимость изменения средних значений определялась по критерию Стьюдента с проверкой двух ограничительных условий – нормальность распределения и равенство дисперсий;

- разработка программ автоматизированного учета велась на основе комплексного подхода с использованием возможностей и методов современных информационных технологий [42], облачной платформы Appsheet для электронных таблиц и баз данных, математические модели оценки продуктивности ампелоценозов.

Обсуждение результатов. Для разработки биологических методов управления агроценотической и экологической устойчивостью, продукционным и адаптивным потенциалом ампелоценозов в нестабильных погодных условиях и техногенной интенсификации производства установлено влияние нагрузки кустов винограда вегетативными и генеративными органами растений на ростовые и продукционные процессы, качество винограда и винопродукции. Выявлено, что в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края наибольшая продуктивность винограда была достигнута при нагрузке кустов сорта Гранатовый 100 000 и 140 000 поб./га, Антарис и Алькор – 120 000 поб./га. Это произошло за счет увеличения количества соцветий у сорта Алькор и за счет повышения массы грозди у сорта Антарис. Качественные показатели сока ягод всех опытных вариантов

соответствовали требованиям, предъявляемым к винограду для производства столовых сухих вин. Массовая концентрация сахаров варьировала в диапазоне от 18,0 до 21,6 г/100 см³ при титруемой кислотности от 5,1 до 8,4 г/дм³ (табл. 1).

Таблица 1 – Продуктивности винограда при разной нагрузке кустов побегами, 2022 г., г.-к. Анапа

Сорт винограда	Нагрузка побегами, тыс. шт./га	Количество соцветий, шт./куст	Масса грозди, г	Урожайность винограда		Массовая концентрация	
				кг/куст	т/га	сахаров, г/100 см ³	титруемых кислот, г/дм ³
Гранатовый	100	45	117	5,3	15,9	18,9	7,1
	120	51	70	3,6	10,8	19,2	6,4
	140	69	77	5,3	15,9	21,6	6,1
	ПН ²	41	92	3,8	11,3	18,0	8,2
Антарис	100	20	130	2,6	7,8	19,3	5,7
	120	23	166	3,8	11,5	18,8	5,3
	140	25	143	3,6	10,7	18,2	5,7
	ПН	20	115	2,3	6,9	18,3	5,6
Алькор	100	47	88	4,1	12,4	19,4	6,2
	120	60	101	6,1	18,2	20,6	5,1
	140	55	99	5,5	16,4	18,3	7,6
	ПН	33	112	3,7	11,1	18,0	8,4

Влияние нагрузки кустов побегами на продуктивность винограда сортов Владимир, Курчанский, Дмитрий и Гранатовый в Центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края было неоднозначным и зависело от биологических особенностей генотипов. У сортов винограда Курчанский и Владимир при повышении нагрузки побегами увеличивались значения коэффициентов плодоношения (К1) и плодоносности (К2), у сорта Гранатовый влияние было не существенным, у сорта Дмитрий при увеличении нагрузки побегами снижались показатели К1 и К2.

У винограда сортов Курчанский и Владимир при повышении нагрузки кустов побегами было отмечено повышение массы грозди. У сорта Владимир масса грозди повысилась в 1,7 раз, что привело к повышению урожайности до 5,7 т/га. У сорта Курчанский при повышении нагрузки до максимальной масса грозди увеличилась с 64 до 73 г. На этом фоне при небольшом повышении количества гроздей максимальная урожайность была достигнута при нагрузке 125 тыс. поб./га и составила 5,8 т/га. Сорт Гранатовый на повышение нагрузки побегами отреагировал снижением массы грозди на 8-25 %, при этом было зафиксировано увеличение количества гроздей на 45 %, что привело к максимальной продуктивности винограда при нагрузке 125 тыс. поб./га – 11,2 т/га. Виноград сорта Дмитрий при повышении нагрузки развивал приблизительно одинаковое количество гроздей, однако масса грозди была наибольшей при нагрузке 105 тыс. поб./га, это обусловило максимальную продуктивность – 8,5 т/га. Качественные показатели винограда опытных вариантов соответ-

² ПН – производственная нагрузка (контроль).

ствовали требованиям для производства столовых сухих вин. Диапазон изменения массовой концентрации сахаров при различной нагрузке побегами либо отсутствовал, либо был не существенным – от 19,6 до 21,8 г/100см³ при титруемой кислотности от 3,0 до 7,5 г/дм³ (табл. 2).

Таблица 2 – Продуктивность винограда при разной нагрузке кустов побегами, 2022 г., х. Копанской

Сорт винограда	Нагрузка побегами, шт./га	Средняя масса грозди, г	Урожайность, т/га	Массовая концентрация	
				сахаров, г/100см ³	титруемых кислот, г/дм ³
Гранатовый	85000	85	8,4	21,8	6,0
	105000	64	7,9	21,8	4,8
	125000	78	11,2	19,6	5,8
	ПН	85	10,3	21,2	6,8
Дмитрий	85000	74	6,1	21,8	3,0
	105000	101	8,5	21,2	4,6
	125000	73	6,0	21,8	4,8
	ПН	90	6,2	21,6	5,3
Владимир	50000	37	0,7	21,2	6,2
	75000	28	1,6	21,8	7,1
	85000	64	5,7	21,2	7,2
	ПН	41	3,0	21,2	7,5
Курчанский	85000	64	4,5	21,8	4,9
	105000	71	5,0	21,8	3,8
	125000	73	5,8	21,8	3,3
	ПН	101	4,8	19,9	4,2

Установлено влияние нормы нагрузки кустов побегами и гроздями на агробиологические показатели кустов винограда столового бессемянного сорта Кишмиш Столетие. Средняя масса грозди была наиболее высокой при средней нагрузке кустов побегами и гроздями и составляла 910 г, самая низкая – у вариантов с низкой нагрузкой кустов побегами и гроздями 650 г. Урожайность наибольшей была при максимальной нагрузке и составила 21,3 кг/куст (26,7 т/га) (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние нормы нагрузки кустов побегами и гроздями на урожайность сорта Кишмиш Столетие в агроэкологических условиях Центральной зоны виноградарства, 2022 г.

Количество побегов, шт./куст	Количество гроздей, шт./куст	Средняя масса грозди, г	Урожайность с куста, кг	Урожайность, т/га
35	27	790	21,33	26,66
33	20	750	15,00	18,75
33	13	810	10,53	13,16
23	21	860	18,06	22,58
23	15	910	13,65	17,06
23	10	880	8,80	11,0
17	15	650	9,75	12,19
17	10	680	6,80	8,5
13	8	720	5,76	7,2
НСР ₀₅		0,23	1,76	1,97

У варианта со средней нагрузкой кустов побегами и гроздьями отмечается наибольшая массовая концентрация сахаров – 21,8 г/100 см³. Массовая концентрация титруемых кислот по вариантам нагрузки практически не различается. Глюкоацидометрический индекс у вариантов с наибольшей и наименьшей нагрузкой ниже, чем у варианта со средней нагрузкой. Дегустационные оценки свежего винограда всех вариантов опыта были выше проходного балла (7,0). Самая высокая оценка ягод винограда (9 баллов) была в вариантах опыта с наибольшей и средней нагрузкой кустов побегами и гроздьями. Высокий балл в варианте с максимальной нагрузкой обусловлен привлекательным внешним видом гроздей и ягод, в то время как у варианта со средней нагрузкой – вкусовыми характеристиками (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние нормы нагрузки кустов побегами и гроздьями на качественные показатели урожая винограда сорта Кишмиш Столетие, 2022 г.

Варианты нагрузки кустов побегами и гроздьями	Массовая концентрация сахаров, г/100 см ³	Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	ГАП	Дегустационная оценка, балл
Высокая	17,8	5,1	3,5	9,0
Средняя	21,8	4,1	5,3	9,0
Низкая	18,6	5,1	3,6	8,4
НСР ₀₅	3,6	1,9	2,5	1,5

Для улучшения сортимента винограда столовых сортов выделены генотипы отечественной селекции, отвечающие требованиям высокого уровня реализации потенциала хозяйственной продуктивности, агроценотической и экологической устойчивости ценозов.

В привитой культуре на фоне контроля по наибольшему количеству соцветий выделились сорта Кишмиш Дубовский, Акелло, Агат Дубовский и Тимоти. Несмотря на то, что количество соцветий практически не различалось между контролем и выделенными сортами, необходимо отметить, что коэффициент плодоносности у них был выше, чем у контрольного сорта. У сортов Агат Дубовский и Тимоти коэффициент плодоносности был равен 1,50, у Ливии (контроль) 1,25. По этому показателю сорта Пестрый и Акелло также существенно превосходили контроль. У других сортов этот показатель был близок и ниже, чем у контроля.

Средняя масса грозди была наибольшей у сортов Тимоти, Гамлет, Агат Дубовский, Кишмиш Дубовский, Дубовский Розовый. Наибольшая разница с контролем была у сорта Тимоти – 41 %, далее в убывающем порядке следуют гибриды Гамлет (38 %), Агат Дубовский (24 %), Кишмиш Дубовский (23 %) и Дубовский Розовый (16 %). У остальных сортов средняя масса грозди была меньше, чем у контрольного сорта Гамлет.

По показателям урожайности выделились сорта Агат Дубовский, Акелло и Кишмиш Дубовский. Они превосходили контроль на 50, 18 и 4 % соответственно. Наименьшая существенная разница (НСР₀₅) при пятипроцентном уровне значимости была достоверной у сортов Агат Дубовский и Акелло (табл. 5).

В корнесобственной культуре изучаемые сорта в условиях 2022 года практически по всем показателям продуктивности уступали насаждениям в привитой культуре. Количество соцветий у Агата Дубовского, Акелло и Кишмиша Дубовского в корнесобственной культуре было меньше, чем на привитых кустах, в среднем на 55 %. Наибольшая разница была у сорта Акелло (-106 %), далее следуют Агат Дубовский (-32 %) и Кишмиш Дубовский (-28 %). Масса грозди и урожайность у всех изучаемых сортов в корнесобственной культуре были меньше, чем в привитой в среднем на 13 %. Самая большая разница была у сорта

Акелло (-24 %), далее в убывающем порядке следуют сорта Агат Дубовский (-8 %) и Кишмиш Дубовский (-7). Различие по урожайности было более существенным. В корнесобственной культуре масса грозди была меньше, чем в привитой в среднем на 65 %, самая большая разница была у сорта Акелло (-132 %), далее в убывающем порядке следуют сорта Агат Дубовский (-57 %) и Кишмиш Дубовский (-7). Предварительно можно отметить, что сорта Кишмиш Дубовский и Агат Дубовский с меньшим снижением массы грозди и урожайности в корнесобственной культуре ведения насаждений от показателей в привитой культуре указывает на их устойчивость к повреждению растений корневой формой филлоксеры.

Таблица 5 – Продуктивность гибридных форм винограда в агроэкологических условиях Центральной зоны виноградарства Краснодарского края, 2022 г., с. Красносельское

Сорт	Количество побегов, шт./куст		Количество соцветий шт./куст	Коэффициенты плодородности и плодоносности		Средняя масса грозди, кг	Урожайность, т/га
	всего	плодоносных		k1	k2		
Привитая культура ведения винограда на подвое SO4							
Ливия (контроль)	50	43	35	0,81	1,25	0,438	13,68
Агат Дубовский	28	24	33	1,38	1,50	0,545	20,55
Акелло	36	34	35	1,03	1,40	0,430	16,12
Гамлет	35	35	14	0,40	1,27	0,604	10,50
Дубовский розовый	22	20	9	0,45	1,13	0,509	5,12
Кишмиш Дубовский	35	35	37	1,06	1,28	0,540	14,17
Пестрый	26	22	20	0,91	1,43	0,440	8,25
Тимоти	36	34	33	0,97	1,50	0,620	11,62
НСР ₀₅						0,217	1,87
Корнесобственная культура							
Агат Дубовский	27	26	25	0,96	1,47	0,502	13,12
Акелло	35	24	17	0,71	1,13	0,348	6,96
Кишмиш Дубовский	27	26	29	1,12	1,38	0,505	13,75
НСР ₀₅						0,550	3,55

По результатам дегустационной оценки на фоне контрольного сорта Ливия, выделились все сорта, кроме Дубовский Розовый (рис. 1).

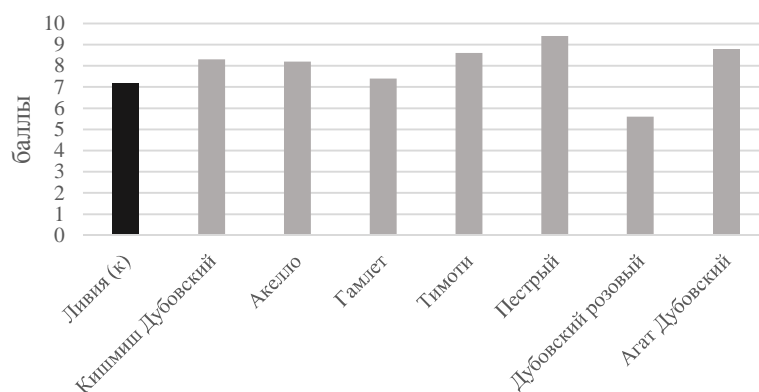


Рис. 1. Дегустационная оценка гибридных форм винограда, 2022 г., с. Красносельское

На ростовую, ассимиляционную и метаболическую активность винограда существенное влияние оказывает биологизированный метод питания растений на основе системного применения комплексных биоминеральных препаратов – внесение препаратов некорневым методом; обработка растений в критические фазы развития, а именно – перед началом цветения, период активного роста ягод и перед началом созревания. Применение некорневых обработок растений эффлюентом «Биоконцентрат-Z» оказывает положительное влияние на ростовую и продукционную активность винограда сорта Мерло, адаптивный потенциал растений. На фоне стресс-факторов летнего периода наблюдается стабилизация водного режима растений, активируется фотосинтетический аппарат, возрастает количество ассимилятов, увеличивается содержание в растениях вторичных метаболитов, повышается интенсивность обменных процессов. Содержание общей воды и водоудерживающая способность листьев была выше в сравнении с контролем (без обработок) соответственно на 3,1 и 56 %, содержание свободной воды в листьях на 3,9 %. Этому соответствовало и более высокое (в 2,4 раза) содержание в листьях ионов калия над контрольным вариантом. Суммарное содержание зеленых пигментов было на 26,4 % выше, что характеризует более высокую устойчивость пигментного комплекса к действию негативных абиотических факторов летнего периода. Урожайность винограда сорта Мерло в вариантах с применением препарата «Биоконцентрат-Z» в дозах 0,5 и 1,0 л/га превысила контрольный вариант на 11 %. Определено увеличение содержания в ягодах сухих веществ и сахаров (~ 2,7 %). Масса грозди винограда в среднем была больше на 8,7 %.

Особую актуальность и перспективы практического применения имеют методы повышения устойчивости виноградного растения к корневой филлоксеры на основе биологического препарата Туринбаш.

Исследования показали, что молодые растения винограда, зараженные филлоксерой при посадке, к началу второго года вегетации в полевых условиях погибали. Внесение препарата Туринбаш при посадке в почву, так же, как и обработка листовой поверхности раствором ФАС, позволило растениям выжить на фоне филлоксеры. Наибольший эффект достигается при совместном применении препарата Туринбаш и ФАС (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние препарата Туринбаш и ФАС на развитие растений винограда сорта Агадаи на фоне филлоксеры, 16.02.22, г. Дербент

№ п/п	Вариант	Длина вызревшей части побега	
		см	%
1	Контроль (без филлоксеры и обработок)	39,5	100
2	Филлоксера 2 ^x	растения погибли	
3	Филлоксера 2 ^x + Туринбаш (почва)	50,5	128
4	Филлоксера 2 ^x + ФАС (листья)	34,5	87
5	Филлоксера 2 ^x + Туринбаш + ФАС	54,5	137

Засухоустойчивость, как и устойчивость к другим абиотическим стрессовым факторам, является полигенным признаком и не может быть определена при помощи генетических методов. Данный признак можно оценивать фенотипически, в том числе по набору физиолого-биохимических параметров. Такой комплекс разрабатывается на основе оценки изменения множества параметров, изменяющихся в условиях моделируемой засухи и в естественных условиях у разных сортов и форм. В данном исполнении эксперимента выявились отличия между сортами по физиологическим показателям.

Относительное содержание воды в листьях винограда менялось под воздействием снижения влажности почвы. Наибольшие различия между контрольным и «стрессовым»

вариантами были выявлены у сорта Бархатный, минимальные у сорта Достойный. Важно отметить, что 5 сентября, когда в эксперименте влажность почвы «стрессового» варианта поднималась до 50 %, у всех сортов отмечалось снижение относительного содержания воды (RWC). Можно предположить, что на данный физиологический показатель все еще действуют почвенные характеристики предыдущего периода (рис. 2).

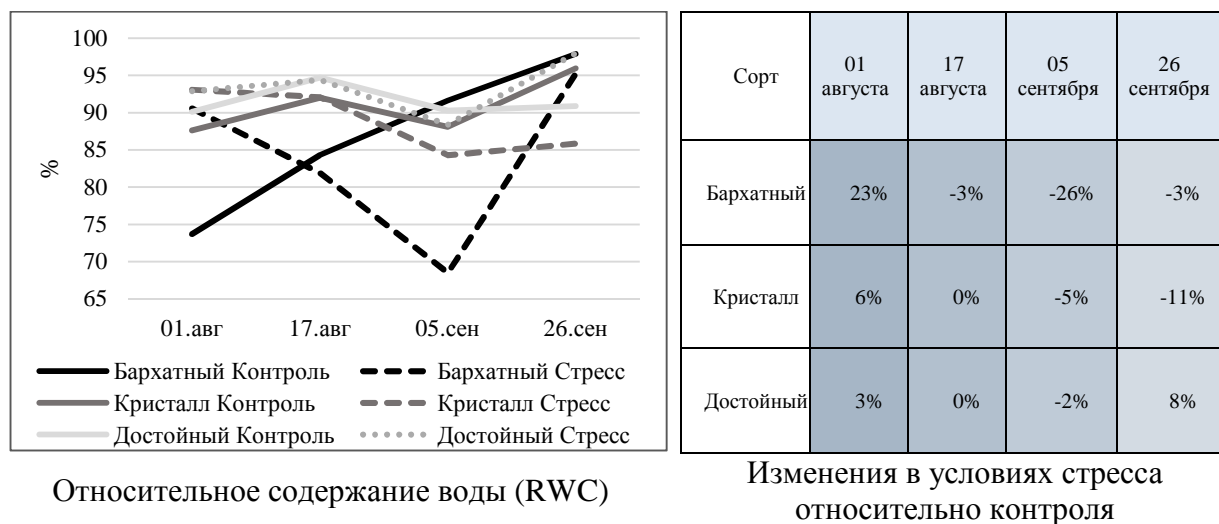


Рис. 2. Относительное содержание воды (RWC) в листьях винограда в контрольных условиях (контроль) и в условиях моделируемой засухи (стресс), 2022 г.

Выход электролитов (EL) при стрессовом воздействии характеризует разрушение клеток. Большие значения выхода электролитов связаны с меньшей устойчивостью растения к стрессу (рис. 3).

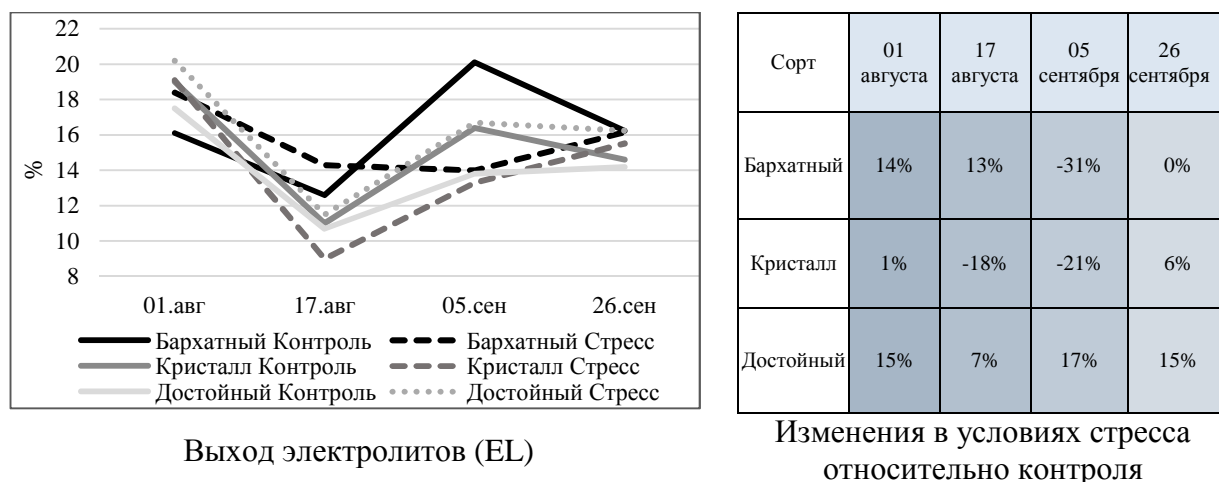
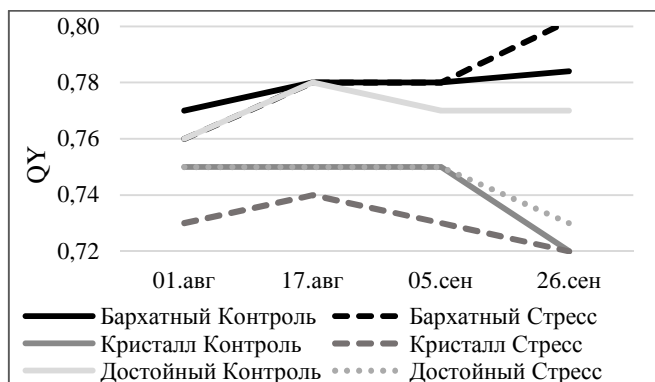


Рис. 3. Выход электролитов (EL) в листьях винограда в контрольных условиях (контроль) и в условиях моделируемой засухи (стресс), 2022 г.

В начале эксперимента 01.08 у всех сортов наблюдалось повышение EL, обусловленное переходом растений из оптимальных условий увлажнения в условия дефицита воды. В последующем у сорта Кристалл 17.08.2022, а у сорта Бархатный 05.09.2022, наблюдали снижение выхода электролитов относительно контроля. Данный факт объясняется запуском в условиях водного дефицита каскада реакций, приводящих к укреплению структур клетки, то есть акклиматизацией. У сорта Достойный в течение эксперимента водный дефицит приводил к повышению повреждаемости клеток.

Измерение флуоресценции хлорофилла используется для определения эффективности фотосинтетического аппарата и оценки физиологического состояния всех фотосинтезирующих организмов. Измерение и анализ параметров флуоресценции хлорофилла, также могут быть использованы в качестве очень точного инструмента для изучения реакции фотосинтетического аппарата в условиях стресса и оценки воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на растения. В условиях стресса показатель квантового выхода фотохимических реакций ФС II (QY) снижается.

Минимальные изменения QY были характерны для сорта Бархатный в течение всего эксперимента. У сорта Достойный наблюдали прогрессирующее снижение QY в ходе эксперимента. Учитывая, что квантовый выход фотохимических реакций часто коррелирует с интенсивностью ассимиляции, наблюдаемое явление характеризует высокую степень влияния засухи на сорт Достойный (рис. 4).



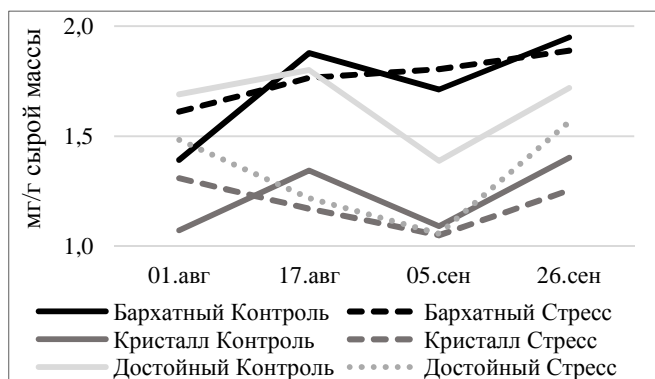
Сорт	01 августа	17 августа	05 сентября	26 сентября
Бархатный	-1%	0%	0%	2%
Кристалл	-3%	-1%	-3%	0%
Достойный	-1%	-4%	-3%	-5%

Квантовый выход фотохимических реакций ФС II (QY)

Изменения в условиях стресса относительно контроля

Рис. 4. Квантовый выход фотохимических реакций фотосинтеза в листьях винограда в контрольных условиях (контроль) и в условиях моделируемой засухи (стресс), 2022 г.

Содержание хлорофилла резко снижается по причине возникновения и развития окислительного стресса, ингибирования синтеза предшественников хлорофилла, усиления деградации хлорофилла в условиях засухи. Однако, стресс может не оказывать существенного влияния на содержание хлорофилла в тканях растений, в то время как индекс стабильности хлорофилла (CSI) является более точным показателем устойчивости пигментного аппарата к действию стресс-фактора. У сортов Бархатный и Кристалл различия в содержании пигментов между контрольным и «стрессовым» были менее существенны, чем у сорта Достойный (рис. 5).



Сорт	01 августа	17 августа	05 сентября	26 сентября
Бархатный	16%	-6%	6%	-3%
Кристалл	22%	-13%	-3%	-10%
Достойный	-12%	-32%	-21%	-9%

Сумма хлорофиллов

Изменения в условиях стресса относительно контроля

Рис. 5. Содержание пигментов в листьях винограда в контрольных условиях (контроль) и в условиях моделируемой засухи (стресс), 2022 г.

Для формирования устойчивых ампелоценозов установлены физиолого-биохимические закономерности формирования адаптации сортов винограда различного эколого-географического происхождения к комплексу абиотических и биотических стрессоров на основе протеомной, энзимной и метаболомной оценки экспрессии генотипа. Выявлено, что наиболее информативными физиолого-биохимическими параметрами, характеризующими адаптационную устойчивость винограда к температурным флуктуациям зимнего периода являются оводненность, содержание связанной воды, крахмала, сахарозы, антоцианов, халконов, аскорбиновой кислоты, активность пероксидазы в тканях побегов; к стрессорам летнего периода – содержание пролина, сахарозы в листьях, коэффициент проницаемости мембран, данные электрофоретического разделения пероксидаз. В процессе адаптации у различных сортов происходят разные метаболические перестройки. Так, у сортов Красностоп АЗОС и Восторг устойчивость к зимним стрессам обеспечили аскорбиновая кислота и сахароза. У сортов Кристалл и Достойный – антоцианы и халконы. Согласованная коррекция метаболизма позволяет сортам винограда сформировать специфические ответные реакции на стрессы зимнего и летнего периодов. Установлены особенности функционирования антиоксидантной системы защиты у сортов винограда различного эколого-географического происхождения при воздействии искусственно моделируемого низко- и высоко температурного, а также водного стрессов. В подавлении возникшего окислительного стресса у всех изучаемых сортов важную роль играет пероксидаза. Сорта винограда Кристалл, Красностоп АЗОС, Восторг, Достойный проявили себя более адаптивными к стрессам зимнего периода 2021-2022 гг. в сравнении с сортами Алиготе, Зариф.

Важным показателем адаптивной устойчивости винограда к стрессорам является содержание малонового диальдегида (МДА), характеризующего степень стрессорного воздействия на мембраны клеток. Повышенные количества МДА свидетельствуют о более слабой устойчивости растений к стрессорам.

В модельных опытах по водному (завядание листьев при комнатной температуре в течение 2 часов) и высоко температурному (выдерживание листьев в термостате при температуре +45 °С в течение 2 часов) стрессам летнего периода обнаружено, что до завядания наименьшее содержание МДА отмечено у сортов Кристалл, Восторг, Зариф – (0,13-0,14 мкМоль/г сырого веса), свидетельствующее об их повышенной устойчивости к окислительному стрессу в отличие от других сортов, у которых оно достигало 0,30 мкМоль/г сырого веса (табл. 7).

Таблица 7 – Содержание малонового диальдегида в листьях винограда в модельном опыте по завяданию (мкМоль /г сырого веса), 2022 г.

Сорт	До завядания			После завядания		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Кристалл	0,20±0,006	0,19±0,005	0,13±0,001	0,25±0,022	0,13±0,032	0,20±0,030
Достойный	0,20±0,011	0,28±0,027	0,30±0,010	0,52±0,057	0,25±0,009	0,36±0,020
Красностоп АЗОС	0,26±0,045	0,16±0,006	0,24±0,010	0,37±0,010	0,28±0,022	0,33±0,040
Восторг	0,13±0,030	0,19±0,008	0,24±0,020	0,37±0,024	0,27±0,031	0,27±0,030
Алиготе	0,26±0,064	0,26±0,041	0,20±0,020	0,35±0,006	0,28±0,014	0,31±0,060
Зариф	0,14±0,053	0,43±0,036	0,25±0,070	0,53±0,015	0,23±0,008	0,52±0,080
НСР _{0,05}	0,006	0,040	0,005	0,003	0,012	0,041

После завядания содержание МДА возрастало до 0,52 мкМоль/г сырого веса, свидетельствующее о повреждении клеточных мембран. У сортов Кристалл,

Восторг, выделенных как высокоустойчивые к обезвоживанию, после завядания отмечено более низкое содержание МДА в сравнении с другими изучаемыми сортами – 0,19 и 0,23 мкМоль/г сырого веса соответственно.

В опыте по искусственно вызванному высоко температурному стрессу обнаружено, что содержание МДА в меньшей степени возросло у сортов Кристалл, Красностоп АЗОС – до 0,15-0,16 мкМоль/г сырого веса, выделенных как высокоустойчивые к экстремальным температурам (табл. 8).

Таблица 8 – Содержание малонового диальдегида в листьях винограда в модельном опыте по высокотемпературному стрессу (мкМоль /г сырого веса)

Сорт	До стресса			После стресса		
	июнь	июль	август	июнь	июль	август
Кристалл	0,20±0,006	0,19±0,005	0,13±0,001	0,21±0,011	0,17±0,029	0,15±0,020
Достойный	0,20±0,011	0,28±0,027	0,30±0,010	0,30±0,004	0,28±0,019	0,26±0,030
Красностоп АЗОС	0,26±0,045	0,16±0,006	0,24±0,010	0,16±0,023	0,21±0,027	0,23±0,020
Восторг	0,13±0,030	0,19±0,008	0,24±0,020	0,22±0,010	0,36±0,031	0,21±0,010
Алиготе	0,26±0,064	0,26±0,041	0,20±0,020	0,26±0,023	0,23±0,016	0,23±0,030
Зариф	0,14±0,053	0,43±0,036	0,25±0,070	0,29±0,048	0,37±0,036	0,44±0,080
НСР _{0,05}	0,012	0,025	0,023	0,230	0,017	0,052

Для повышения точности и эффективности научных наблюдений на основе цифровых технологий разработаны и внедрены программы для смартфона и ЭВМ: «Автоматизированная система сбора, учета и обработки данных агробиологических и фенологических показателей сортов винограда» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022665023). Автоматизированная система сбора позволяет решить ряд исследовательских и организационных задач в полевых условиях: автоматизировать запись учётов глазков и побегов; автоматизировать запись данных фенологического учёта сортов винограда в буквенно-цифровом виде; обеспечить информационную безопасность и сохранность данных при работе в сети интернет. Запись данных в режиме онлайн позволяет использовать различные функции электронных таблиц на интернет-платформах Yandex и Google для расчета коэффициентов плодоношения и плодоносности, доли развившихся и плодоносных побегов, урожайности с куста в реальном времени. Ввод данных по результатам наблюдений выполняется в режиме клавиатуры или записи голоса с помощью цифровых устройств.

Автоматизированная система апробирована при проведении полевых агробиологических учетов в 2022 году. С использованием смартфона в ней было учтено 373 сорта винограда на анапской ампелоколлекции, из них технического направления – 141, столовых – 232. Для фенологических учетов разработана программа автоматического подсчета периодов фенофаз в количестве дней, что сокращает период первичной обработки данных.

Получены новые знания по использованию нормализованных индексов космических снимков для цифрового картирования на основе ГИС-технологий микрозон (терруаров). При оценке спектральных характеристик виноградных насаждений определили три основных признака, несущих информацию о состоянии растительного покрова: индекс яркости почв, индекс зеленой растительности, индекс влажности почв.

Космические снимки с низким 20-30 м или средним 10-15 м разрешением в сочетании с полевой проверкой могут применяться для микрозонирования виноградных насаждений по терруарным признакам. Наличие тесной связи между индексами вегетации, влажностью почвы, силой роста куста, густоты кроны, цветовой пигментацией листьев и урожайностью,

позволяет выделить микрзоны качественного виноделия (терруары). Использование мультиспектральных космических снимков, программ их обработки и ГИС в открытом доступе значительно удешевляет сбор первичных данных, повышает оперативность принятия агрономических решений, позволяет дифференцировано подходить к расходу ресурсов, уборке урожая и производству вина по терруарному принципу.

Выводы.

1. Установлено влияние нагрузки кустов винограда вегетативными и генеративными органами растений на ростовые и продукционные процессы, качество винограда и винопродукции:

- в Черноморской агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края наибольшая продуктивность винограда была достигнута при нагрузке кустов сорта Гранатовый 100 000 и 140 000 поб./га, Антарис и Алькор – 120 000 поб./га;

- в Центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края наибольшая продуктивность винограда была достигнута при нагрузке кустов сорта Владимир 85 000, Дмитрий – 105 000, Гранатовый и Курчанский 125 000 поб./га;

- в Центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края наибольшая урожайность винограда сорта Кишмиш Столетие отмечалась при нагрузке 44 тыс. поб./га и 34 тыс. гроздей/га, масса грозди и качественные показатели 29 тыс. поб./га и 19 тыс. гроздей/га.

2. В результате сортоизучения новых генотипов столовых сортов винограда в условиях Центральной агроэкологической зоне виноградарства Краснодарского края по показателям урожайности выделены сорта Агат Дубовский, Акелло и Кишмиш Дубовский в привитой культуре.

3. Применение некорневых обработок растений эфлюентом «Биоконцентрат-Z» оказывает положительное влияние на ростовую и продукционную активность винограда сорта Мерло, адаптивный потенциал растений.

4. Совместное использование препарата Туринбаш и ФАС оказывает положительное влияние на развитие растений винограда сорта Агадаи на фоне филлоксеры в агроэкологических условиях г. Дербент, республика Дагестан.

5. По результатам модельного эксперимента по воздействию искусственной засухи на сорта винограда различного происхождения по показателю относительного содержания воды более стабильным оказался сорт Достойный; по показателю выход электролитов – сорт Кристалл; по показателю квантовый выход фотохимических реакций фотосинтеза – сорт Бархатный; по показателю содержание пигментов в листьях винограда – сорта Кристалл и Бархатный;

6. Сорта винограда Кристалл, Красностоп АЗОС, Восторг, Достойный проявили себя более адаптивными к стрессам зимнего периода в сравнении с сортами Алиготе, Зариф. Сорта Кристалл и Красностоп АЗОС выделены как высокоустойчивые к экстремальным температурам.

7. Разработана и апробирована в полевых условиях автоматизированная система сбора, учета и обработки данных агробиологических и фенологических показателей сортов винограда.

Литература

1. Kok D. Responses of Grape Quality Characteristics of Some Table Grape Varieties (*V. vinifera* L.) Grown in Northwestern Turkey to Heat Summation Index and Latitude-temperature Index // *Erwerbs-Obstbau*. 2020. Vol. 62. P. 17-23.

2. Roberts R.W., Reynolds A.G., De Savigny C. Composition and wine sensory attributes of Chardonnay Musque from different viticultural treatments: Implications for a winegrape quality model // *Int. J. Fruit. Sci.* 2007. Vol. 7, № 2. P. 57-83
3. Дворнин А.В., Ипатий А.Д. Влияние нагрузки и длины обрезки на урожай и качество винограда // *Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии*. 1984. № 12. С. 25-26.
4. Караев М.К., Халипаев Ш.Г. Влияние нагрузки и длины обрезки на урожай и качество винограда // *Виноделие и виноградарство*. 2008. № 5. С. 32-33.
5. Авидзба А.М., Иванченко В.И., Рыбалко Е.А. и др. Анализ влияния агроэкологических факторов на урожайность винограда на южном берегу Крыма // *Виноградарство и виноделие*. 2014. Т. 44. С. 48-52.
6. Павлова Е.Н. Потенциальная и фактическая продуктивность виноградников Северного Кавказа // *Сб. науч. тр. ВНИИВиВ «Совершенствование приемов возделывания винограда»*. 1990. С. 77-90.
7. Ненько Н.И., Ильина И.А., Петров В.С., Сундырева М.А. Физиолого-биохимическая оценка устойчивости растений винограда к стрессорам летнего периода // *Русский виноград*. 2016. Т. 4. С. 122-132.
8. Агрометеорологические бюллетени по территории Краснодарского края / Краснодар: Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 1960-2020.
9. Chaves M.M., Santos T., Souza C.R. et al. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality // *Ann Appl Biol*. 2007. Vol. 150. P. 237-252.
10. Venios X., Korkas E., Nisiotou A., Banilas G. Grapevine Responses to Heat Stress and Global Warming // *Plants*. 2020. Vol. 9(12). 1754.
11. Gutiérrez-Gamboa G., Zheng W., de Toda F.M. Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review // *Food Research International*. 2021. Vol. 139. 109946.
12. Rustioni L., Altomare A., Shanshiashvili G., Greco F., Buccolieri R., Blanco I., Cola G., Fracassetti D. Microclimate of Grape Bunch and Sunburn of White Grape Berries: Effect on Wine Quality // *Foods*. 2023. Vol. 12(3). 621.
13. Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Ресурсосбережение в системе земледелия промышленного садоводства и виноградарства // *Агротехнологии XXI века: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию Воронежского государственного аграрного университета, Воронеж, 25–27 апреля 2017 года*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2017. С. 195-204.
14. Воробьева Т.Н., Подгорная М.Е. Биотрансформация системных фунгицидов в экосистеме ампелоценозов // *Вестник АПК Ставрополя*. 2018. № 2(30). С. 108-111.
15. Подгорная М.Е., Юрченко Е.Г., Воробьева Т.Н. и др. Влияние химической нагрузки на ампелоценоз по показателям фитосанитарного, физиолого-биохимического состояния растений и загрязнения почвы токсичными веществами // *Научные труды СКФНЦСВВ*. 2019. Т. 23. С. 189-193.
16. Дьякова А.К., Насибян А.А., Беловодский Е.А. К вопросу загрязнения почвы пестицидами // *Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: Сборник докладов. Международная научная конференция, Алушта-Белгород, 01-05 июня 2021 года*. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. С. 284-288.
17. Петров В.С. Научные основы биологической системы содержания почвы на виноградниках. Новочеркасск, 2003. 170 с.
18. Воробьева Т.Н., Павлюкова Т.П. Влияние способа ведения виноградного растения на пищевую безопасность столового винограда // *Вестник АПК Ставрополя*. 2017. №. 2. С. 185-187.
19. Петров В.С., Фисюра А.В., Марморштейн А.А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта Ливия // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 2 (66). С. 62-71.
20. Мищенко З.А. Агроклиматология: учебник. Киев.: КНТ, 2009. 512 с.
21. Лазаревский М.А. Сорты винограда. М.: государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1959. 427 с.
22. Лазаревский М.А. Роль тепла в жизни европейской виноградной лозы. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та. 1961. 100 с.

23. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. 147 с.
24. Захарова Е.И. и др. Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе / Под общ. ред. В.П. Бондарева, Е.И. Захаровой. Новочеркасск, 1978. 173 с.
25. Простосердов Н.Н. Изучение винограда для определения его использования (увология). М.: Пищепромиздат, 1963. 80 с.
26. Дикань Л.П. Формирование плодоносности и урожая виноградного куста. Киев: Изд-во УСХА, 1991. 215 с.
27. Гержикова В. Г. Методы теххимического контроля в виноделии. Национальный институт винограда и вина "Магарач", Союз виноделов Крыма. 2-е издание. Симферополь: Таврида, 2009. 304 с.
28. ГОСТ 27198-87. Виноград свежий. Методы определения массовой концентрации сахаров. Введ. 01.07.87. М.: Изд-во стандартов, 1987. 8 с.
29. ГОСТ ISO 750-2013 Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. М.: Стандартиформ, 2014. 8 с.
30. ГОСТ 32786-2014. Виноград столовый свежий. Технические условия. Введ. 01.07.87. М.: Стандартиформ, 2016. 16 с.
31. Кушниренко М.Д., Курчатова Г. П., Бондарь Е.М., Гончарова Э.А. Водный обмен яблони. Кишинев: Штиинца, 1970. 220 с.
32. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975. 392 с.
33. Ненько Н.И., Киселева Г.К. Физиолого-биохимические методы сортов плодовых культур для адаптивной селекции и промышленного возделывания // Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда. Краснодар, 2017. С. 61-65.
34. Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В., Шевякова Н.И. Методы оценки содержания активных форм кислорода, низкомолекулярных антиоксидантов и активностей основных антиоксидантных ферментов // Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / Под ред. Вл.В. Кузнецова, В.В. Кузнецова, Г.А. Романова. М., 2012. С. 355-356.
35. Гольцев В.Н., Каладжи М.Х., Кузманова М.А., Аллахвердиев С.И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с.
36. Lichtenthaler H.K. Buschmann C. Extraction of Photosynthetic Tissues: Chlorophylls and Carotenoids. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 2001. 1: F4.2.1-F4.2.6.
37. Filella I., Llusia J., Pinol J., Penuelas J. Leaf gas exchange and fluorescence of *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* and *Quercus ilex* saplings in severe drought and high temperature conditions // Environmental and Experimental Botany. 1998. Vol. 39. P. 213-220.
38. Viljevac Vuletic M., Mihaljevic I., Tomas V., Horvat D., Zdunic Z., Vukovic D. Physiological Response to Short-Term Heat Stress in the Leaves of Traditional and Modern Plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars // Horticulturae. 2022. Vol. 8. 72 p.
39. Dionisio-Sese M.L., Tobita S. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress // Plant Science. 1998. Vol. 135. P. 1-9.
40. Киселева Г.К., Ненько Н.И. Оценка степени засухоустойчивости яблони и винограда по ксероморфным признакам листовой пластинки // Современные инструментально-аналитические методы исследования плодовых культур и винограда / Под ред. Ненько Н.И. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2015. С. 36-39.
41. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 350 с.
42. Сапожникова С.А. Агроклиматическое районирование пяти основных сельскохозяйственных культур на территории социалистических стран. Опыт интегральной сельскохозяйственной оценки климата территории социалистических стран Европы, София, Изд-во Болгарской академии наук, 1979. 123 с.