

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ОБЩЕСИСТЕМНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ АГРОЭКОЦЕНОЗОВ

Егоров Е.А., д-р экон. наук, профессор, академик РАН,
Шадрина Ж.А., д-р экон. наук, Кочьян Г.А., канд. экон. наук

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

Реферат. Дана оценка общесистемной устойчивости агроэкоценозов с участием плодовых культур и винограда и определены необходимые условия ее обеспечения. Обоснована необходимость когнитивного моделирования управления общесистемной устойчивостью агроэкоценозов и разработаны методологические основы формирования когнитивных моделей. Разработана когнитивная модель общесистемной устойчивости агроэкоценозов. Приведена обобщающая характеристика методов обеспечения общесистемной устойчивости в промышленном плодоводстве и виноградарстве на основе биологизации процессов.

Ключевые слова: общесистемная устойчивость, когнитивная модель, цифровые технологии, биологизация, эффективность.

Summary. An assessment of the system-wide sustainability of agroecocenoses with the participation of fruit crops and grapes is given. The necessary conditions for its provision are determined. The necessity of cognitive modeling of management of the system-wide stability of agroecocenoses is substantiated. Methodological foundations for the formation of cognitive models are developed. A cognitive model of the system-wide stability of agroecocenoses has been developed. The generalizing characteristics of the methods of ensuring system-wide stability in industrial fruit growing and viticulture based on the biologization of processes are given.

Key words: system-wide stability, cognitive model, digital technologies, biologization, efficiency.

Введение. Для сложных природно-техногенных систем, в которых базисными элементами являются биологические системы (виноградные, плодовые растения), весьма существенным признаком, характеризующим результирующую эффективность, является общесистемная устойчивость.

Общесистемная устойчивость агроэкоценозов обеспечивается, когда соблюдается сбалансированная согласованность взаимосвязей и взаимовлияний в оптимальном диапазоне: «способность самовоспроизводства – антропогенная нагрузка», или «нормативное состояние – ресурсные издержки – компенсации», по каждому элементу (компоненту) функциональных подсистем.

Необходимыми условиями обеспечения общесистемной устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном плодоводстве и виноградарстве являются: устранение дисбалансов, обусловленных прогрессирующим негативным влиянием химико-техногенных и макроэкономических факторов (инфляция, рост стоимости потребляемых отраслью ресурсов, рост стоимостных и ценовых диспаритетов); восстановление структурных пропорций в организации воспроизводства многолетних насаждений и объектов производственной инфраструктуры и продукции.

Обсуждение результатов. Общесистемная устойчивость, характеризующая способность системы сохранять свои функции под воздействием различных факторов, либо преобразовывать вещество и энергию в полезную работу, сохраняя при этом свою структуру и функции, базируется на структурной организации воспроизводства, отображающей специфику системы.

Согласно экономико-статистической оценке общесистемной устойчивости агроэкосистем с участием виноградных и плодовых агроценозов в Краснодарском крае наблюдается ее снижение в результате возникающих биоресурсных деформаций (снижение чувствительности патогенов к применяемым химическим препаратам, увеличение техногенной нагрузки на агроценозы, снижение иммунного статуса растений) и негативной динамики макроэкономических процессов (табл. 1).

Таблица 1 – Обобщающая экономико-статистическая оценка общесистемной устойчивости агроэкосистем с участием виноградных и плодовых агроценозов в Краснодарском крае

Оценочный показатель	Плодоводство		Виноградарство	
	2010 г.	2020 г.	2010 г.	2020 г.
<i>Интегральный показатель технологической устойчивости</i>	0,818	0,813	0,802	0,798
коэффициент вариации	0,36	0,38	0,41	0,44
коэффициент Фехнера*	0,93	0,91	0,92	0,9
<i>Интегральный показатель финансово-экономической устойчивости</i>	0,624	0,628	0,518	0,524
коэффициент вариации	0,48	0,44	0,54	0,52
коэффициент Фехнера	0,86	0,88	0,83	0,85
<i>Интегральный показатель эколого-экономической устойчивости</i>	0,663	0,656	0,645	0,628
коэффициент вариации	0,58	0,62	0,63	0,68
коэффициент Фехнера	0,85	0,82	0,83	0,79

Так, в результате роста техногенной нагрузки на агроценозы снижение результативности воспроизводственных процессов за 2010-2020 гг. составляет в среднем 10,4 %, повышение резистентности патогенов к применяемым химическим препаратам и снижение иммунного статуса растений обуславливают снижение рентабельности производства на 10,8 % и 18,9 % соответственно.

В результате негативного влияния макроэкономических факторов возрастает стоимость потребляемых ресурсов (в среднем в год на 8,0 %), увеличиваются издержки на закладку многолетних насаждений (в среднем в год на 5,7 %), текущие издержки на производство отраслевой продукции (в среднем в год на 11,8 %), дефицит собственных средств сельскохозяйственных организаций на обеспечение производства и закладку насаждений (в среднем в год на 5,0 процентных пункта).

Учитывая прямую взаимосвязь между состоянием агроценоза, уровнем реализации воспроизводственного потенциала и химико-техногенными воздействиями следует акцентировать внимание на том, что общесистемная устойчивость должна обеспечиваться современными, высокоточными цифровыми технологиями**, основанными на многолетних эмпирических базах данных и современных способах биологизации:

* *Коэффициент Фехнера* – статистическое правило «частота смены знака», согласно которого устойчивость воспроизводства тем ниже, чем дольше сохраняется без изменения знак несоответствия ресурсов потребностям, и наоборот, она тем выше, чем чаще этот знак меняется.

** *Цифровые технологии* – автоматизация процессов оперативной выработки оптимальных регламентов технологических процессов и операций на основе формирования и обработки многофункциональных баз данных, когнитивного моделирования с использованием программного и аппаратного обеспечения.

– точное конструирование агроценозов на основе системных баз и банков данных, содержащих, в частности, установленные параметры лимитирующих факторов ареала возделывания, и параметрические характеристики признаков размещаемой в агроценозе сорто-подвойной комбинации;

– автоматизированное управление регуляцией физиолого-биохимических и других процессов самих растений, реализацией ими потенциала продуктивности методами и способами достижения оптимальных условий и состояния;

– патocenотическое регулирование на основе изученной природы вредителей и болезней и их жизненных циклов, путем установления баланса вредных и полезных микроорганизмов, достижение, в том числе и на этой основе, высокого уровня фотосинтеза и качества продукции;

– управление почвосодержанием путем разработки биологических систем, устраняющих конкуренцию за питание, формирующих гео-, био-, зооценоз, способный восстанавливать почвенное плодородие;

– механизация процессов на основе создания машинно-технологического комплекса, учитывающего принципиальную смену методов и способов управления производственными процессами.

Основой построения цифровых технологий управления общесистемной устойчивостью являются когнитивные модели, основанные на когнитивных картах, позволяющих определить функциональные взаимосвязи между структурными компонентами агроэкоценозов и дать оценку последствий влияния различных факторов на устойчивость и эффективность производственных процессов в промышленном плодоводстве и виноградарстве.

Методологические основы формирования когнитивных моделей управления общесистемной устойчивостью сложных природно-техногенных систем включают разработку комплекса принципов и структурной организации системы; определение доминантных взаимосвязей природных (естественно-экономических) и экономических факторов; определение поэлементных критериев устойчивости и обоснование ее оптимальных диапазонов; выбор способов нивелирования функциональных диспропорций в организации производственных процессов и биоресурсных деформаций.

Когнитивная модель управления общесистемной устойчивостью агроэкоценозов по критериям равновесности, адаптивности и стабильности базируется на когнитивных картах эколого-экономической, технолого-экономической и финансово-экономической устойчивости (рис. 1, табл. 2).

Когнитивная карта эколого-экономической устойчивости агроэкоценозов основана на оценке соответствия агроэкосистемы определенным критериям, характеризующим нормативные требования её оптимального состояния или индикативный уровень показателей устойчивости, и выявленных закономерностей: при снижении урожайности на 1 %, обусловленной недостаточной устойчивостью сорта (растения) к воздействию абиотических и биотических стресс-факторов, снижение рентабельности составляет 0,3 пункта; при увеличении техногенного прессинга на 1 % производственный потенциал снижается на 0,7 %; превышении допустимой пестицидной нагрузки на 1 % производственный потенциал растений снижается на 2,7 %.

Когнитивная карта технолого-экономической устойчивости агроэкоценозов базируется на среднесуточных фактических данных и установленных основных системных взаимосвязях:

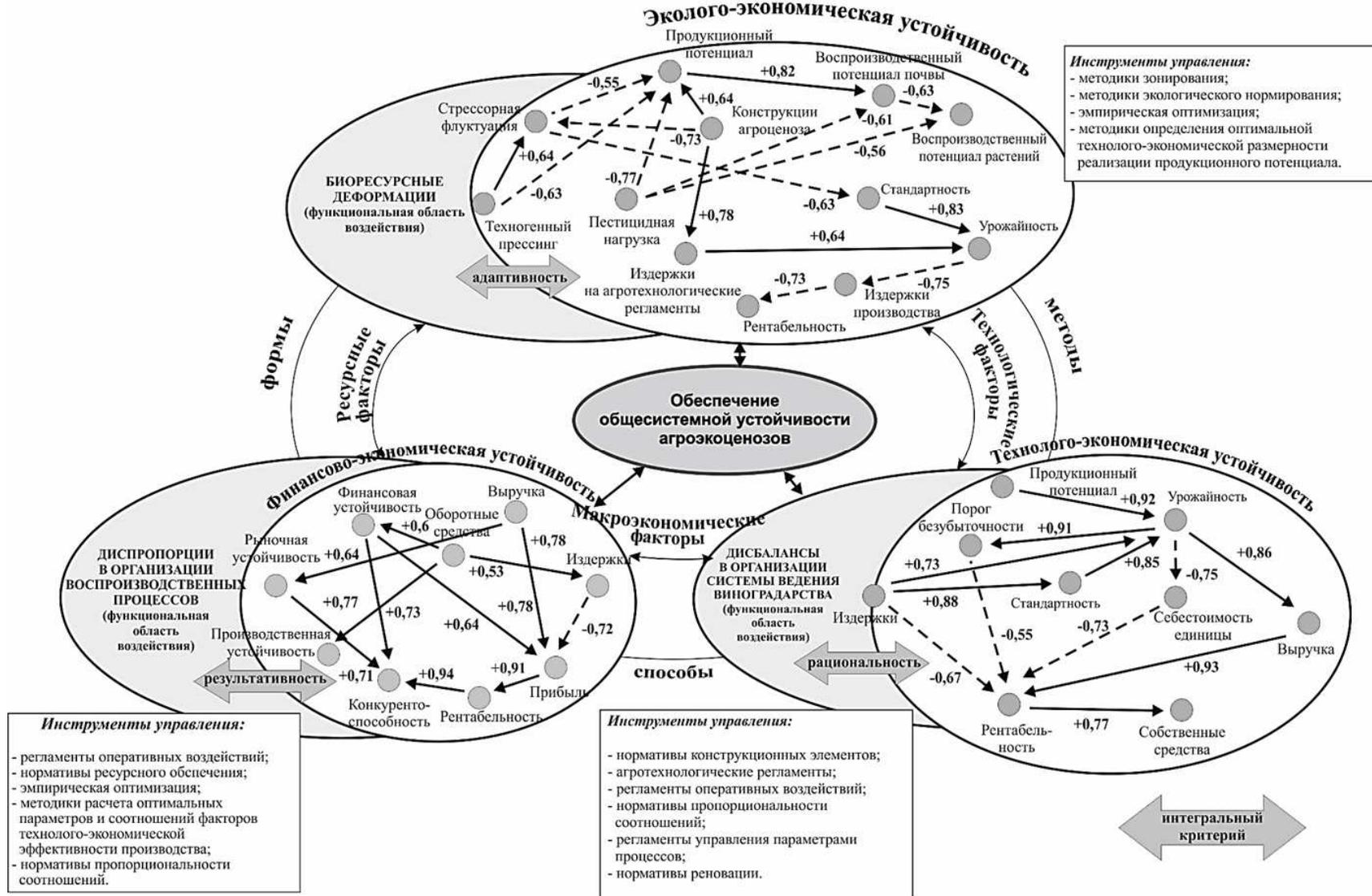


Рис. 1. Когнитивная модель общесистемной устойчивости агроэкоценозов

Таблица 2 – Эколого-экономические корреляционно-регрессионные зависимости в промышленном виноградарстве

Задаваемые коррелируемые показатели		Функциональная зависимость	Коэффициент эластичности
независимые переменные	результурующий показатель		
Эколого-экономическая устойчивость			
Техногенный прессинг (x)	Гранулометрический состав (ГС)	$GC = 0,353 \cdot e^{\frac{-(x-1,3)^2}{0,1}}$	-0,24
	Физико-химический состав:		
	– содержание подвижных форм фосфора (P)	$P = \frac{41,6 + 115,5 \cdot x^{-4,8}}{3,47 + x^{-4,8}}$	-0,89
	– содержание обменного калия (K ₂ O)	$K_2O = \frac{10,4 + 811 \cdot x^{-2,6}}{0,28 + x^{-2,6}}$	-0,48
	– содержание подвижной серы (S)	$S = 62,2 - 49 \cdot e^{-16,8 \cdot x^{-6,5}}$	-1,2
	Содержание гумуса (СГ)	$CG = \frac{30,4 + 3,95 \cdot x^{-0,45}}{1,9 + x^{-0,45}}$	-0,1
	Продукционный потенциал растений (ПП)	ПП=1,43·e ^{4,8/x}	-0,7
Издержки на содержание почвы (И _п)	Издержки на производство (И)	$I = 4,32 + 8,2 \cdot I_n$	0,67
Издержки на содержание почвы (И _п)	Рентабельность производства (P)	$P = 43,05 + 0,234 \cdot Y - 3,62 \cdot I_n$	0,12
Урожайность (Y)			-0,18
Технологическая устойчивость			
Пестицидная нагрузка (x)	Воспроизводственный потенциал почвы (ВП)	ВП= e ^{1,2+0,064·x}	-1,8
	Продукционный потенциал растений (ПП)	ПП= e ^{1,2+0,064·x}	-2,7
Вынос органики –возврат	Воспроизводственный потенциал почвы (ВП)	$ВП = 3,88^{1/x} \cdot x^{3,32}$	-1,2
Издержки на защитные мероприятия (И _з)	Издержки на производство (И)	$I = -50,8 + 15,8 \times I_z - 0,73 \cdot I_z^2 + 0,013 \cdot I_z^3$	0,59
Издержки на производство (И)	Рентабельность производства (P)	$P = 68,5 + 0,28 \times Y - 0,07 \times I$	-1,09
Издержки на защитные мероприятия (И _з)			$P = 55,7 + 0,4 \cdot I_z - 0,21 \cdot I_z^2 + 0,006 \cdot I_z^3$
Финансово-экономическая устойчивость			
Урожайность (Y)	Порог безубыточности (ПБ)	$ПБ = -1,85 + 0,47 \cdot Y + 0,2 \cdot I - 0,113 \cdot Ц$	-1,8
Издержки на производство (И)			-0,2
Цена реализации (Ц)			-1,29
Порог безубыточности (ПБ)	Рентабельность производства (P)	$P = 74,3 - \frac{1280,32}{ПБ}$	-1,2
Урожайность (Y)	Рентабельность (P)	$I = 2892,9 - 51,02 \times Y + 0,333 \times Y^2$	0,03
Издержки на производство (И)			$P = 68,5 + 0,28 \times Y - 0,07 \times I$

– при увеличении урожайности на 1 % рост порога безубыточности составляет 0,72 %, при увеличении издержек на производство винограда на 1 % снижение рентабельности производства составляет 0,71 %;

– при росте урожайности на 1 центнер относительные издержки уменьшаются на 0,16 %, но растет порог безубыточности на 0,72 %, что, в свою очередь, снижает результирующую эффективность (рентабельность) на 0,4 п.п.;

– при увеличении экономически оптимального уровня урожайности на 1 центнер уменьшение рентабельности производства составляет 1,9 пункта;

– при росте выручки на 1 % рост прибыли в среднем за анализируемый период составляет 1,62 %;

– при росте внутрихозяйственной закупочной цены на виноград на 1 % затраты на производство винограда через винопродукцию увеличиваются на 0,74 %, что снижает уровень рентабельности производства на 1,3 процентных пункта и вызывает необходимость увеличения цены реализации на винопродукцию в среднем на 0,9 % (рис. 2).

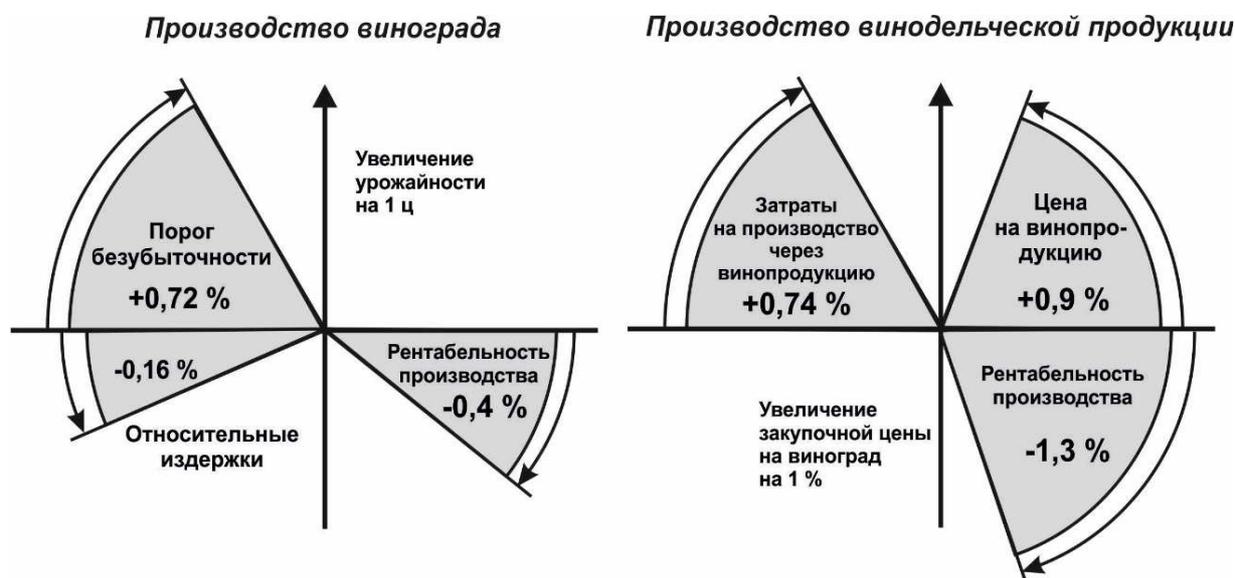


Рис. 2. Основные системные взаимосвязи технолого-экономической устойчивости воспроизводственных процессов в промышленном виноградарстве

Когнитивная карта финансово-экономической устойчивости основывается на выявленных зависимостях, характеризующих результативность воспроизводственных процессов в агроэкоценозах. Инструментарий управления финансово-экономической устойчивостью основывается на: выявлении функциональных диспропорций в организации воспроизводственных процессов на основе сопоставимой характеристики фактических и нормативных параметров показателей, характеризующих финансово-экономическую устойчивость; выявленных финансово-экономических взаимосвязях; установленных критериях финансово-экономической устойчивости; обоснованных регуляторах по её достижению в целях обеспечения сопоставимости уровней воспроизводства и рациональности использования ресурсов.

В обеспечении общесистемной устойчивости агроэкоценозов, снижении уровня пестицидной нагрузки на агроэкосистемы, нивелировании вызванных этими воздействиями негативных проявлений приоритетная роль отводится биологизации, как «основному вы-

ражению экологизации», использованию живых организмов, их систем, продуктов их жизнедеятельности в решении технологических задач, то есть наиболее полному вовлечению в воспроизводственные процессы естественных биологических ресурсов и повышение биологического потенциала самих растений посредством применения биотехнологий с использованием инструментов – методов генетической инженерии, на каждом уровне организации живой природы.

Для повышения эдафической устойчивости осуществляются меры, направленные на развитие популяций полезных микроорганизмов. Взаимодействие растений с симбиотическими и полезными ризосферными микроорганизмами играет важную роль, так как между ними складываются специфические взаимоотношения, обуславливаются продуктивные взаимосвязи с множеством функциональных проявлений. Для оптимизация техногенной нагрузки на плодовые агроценозы в целях повышения биогенности и плодородия почвы используют методы регуляции популяций симбиотических и полезных ризосферных микроорганизмов, внесения в почву органической (растительной) массы и применение микроорганизмов-деструкторов [1].

Биорациональная система защиты многолетних насаждений, которая основывается на препаратах нового поколения, применении биоагентов в уязвимые фазы развития вредителей и болезней, оперативной оценке результатов их применения на весь комплекс полезных видов в увязке с формируемыми коммуникативными связями в агроэкосистеме. При оптимальном сочетании в системе биологических и химических средств защиты насаждений и урожая параметры показателей биологической эффективности защитных мероприятий как при химическом способе, так и биологизированном практически идентичны. В настоящее время в связи с увеличением производства и применения биопрепаратов возрастает доля биометодов в системах защиты: – за последние три года с 25,3 % до 31,8 %.

Современные биопрепараты, созданные на основе эффективных штаммов полезных микроорганизмов, применяются для обеспечения жизнедеятельности различных и в первую очередь, основных компонентов агроценозов, повышения эффективности воспроизводственных процессов [2].

Применение биологических способов интенсификации в области защиты насаждений позволит увеличить количественные показатели (продуктивность насаждений в 1,4 раза) существенно изменить качественные показатели: улучшить состояние агроэкосистемы, предотвратить снижение чувствительности к инсектицидам у вредителей, оптимизировать производственные процессы, повысить результативность производственных процессов [3].

В решении проблемы повышения устойчивости биоценозов следует акцентировать внимание на широком применении многообразных форм и способов повышения иммунности растений, снижающих повреждения растений активными формами кислорода при резком изменении их физиологического состояния, посредством усиления антиоксидантной защиты, включающей: обработку природными и синтетическими антиоксидантами, аналогами фитогормонов и салициловой кислоты, что индуцирует экспрессию генов антиоксидантных ферментов, повышающих устойчивость к последующему окислительному стрессу, повышает резистентность растений к абиотическим и биотическим стрессорам.

Обработка иммунизаторами позволяет не только повысить устойчивость их к болезням и вредителям, но и снизить пестицидную нагрузку (снижение издержек на защитные мероприятия составляет 10-15 %), получить экологически чистую продукцию высокого качества, обеспечить рост доходности производства плодовой продукции (яблок зимнего срока созревания) на 6,8 п.п.

При использовании ретардантов снижается прирост побегов, что способствует перераспределению пластических веществ в плоды, обуславливает получение одновременно созревающих выровненных по размеру плодов с повышенным содержанием биологически полезных веществ (увеличение доли стандартной продукции), повышается зимостойкость и засухоустойчивость, увеличивается урожайность (в среднем в 1,4-1,6 раза), снижаются издержки на защитные мероприятия (в среднем на 10-12 %) [4].

Применение препаратов, являющихся иммунизаторами и ретардантами на яблоне сортов зимнего срока созревания, позволяет обеспечить прибавку урожая в среднем на 40 % и рост стандартности плодов на 11,2 п.п.; снижение себестоимости продукции на 14,8 %; рост рентабельности продукции на 22,4 пункта.

При обработке виноградной лозы биологическими препаратами элиситорного типа снижается гибель центральных почек в 1,3-1,8 раза; увеличивается масса гроздей на 16-70 г; обеспечивается прибавка урожая на 15-30 %; снижается поражаемость корней филлоксерой на 75 %; сдерживается распространённость болезни (на примере оидиума) на 18 пунктов; снижается себестоимость продукции на 16,3 % и повышается рентабельность продукции и продаж на 25,6 и 12,4 пунктов соответственно [5].

Обобщающая характеристика методов обеспечения общесистемной устойчивости в промышленном плодоводстве и виноградарстве на основе биологизации процессов приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Методы обеспечения общесистемной устойчивости в промышленном плодоводстве и виноградарстве на основе биологизации процессов

Критерии биологизации	Факторы биологизации	
	Фактор	Метод, способ
Рост биогенности и плодородия почвы	Оптимизация техногенной нагрузки на агроценоз	Регуляция популяций симбиотических и полезных ризосферных микроорганизмов. Внесение в почву органической (растительной) массы и применение микроорганизмов-деструкторов
Рост биоресурсного потенциала растений и агроценоза	Повышение иммунного статуса растений	Применение ФАВ элиситорного типа. Применение ФАВ-ретардантов.
Снижение химического прессинга на агроэкосистему	Биологизация системы защиты растений и урожая	Применение биопрепаратов на основе штаммов полезных микроорганизмов, биоагентов

Наиболее актуальными направлениями обеспечения общесистемной устойчивости и повышения биопотенциала агроэкосистемы являются: использование перспективных сорто-подвойных комбинаций (доля влияния на эффективность 28,8 %), применение безвирусного посадочного материала (13,2 %), применение интегрированной системы защиты насаждений и урожая (12,0 %) и органо-минеральной системы почвосодержания (8,3 %), формирование оптимальной оптико-физиологической системы кроны растений (6,2 %), применение которых позволяет обеспечить прирост доходности производства на 38 пунктов, увеличение объема собственных оборотных средств на 33 % [6-8].

Выводы. Обеспечение общесистемной устойчивости сложных природно-техногенных систем на основе когнитивного моделирования с использованием методов и способов биологизации позволит не только восстановить биоресурсный потенциал агроценоза, достигнутый химико-техногенными способами интенсификации, но и сформировать более высокие воспроизводственные возможности агроэкоценозов, имеющие значительный запас потенциала пластичности и обеспечивающие оптимальную технологическую экономическую эффективность.

Литература

1. Влияние климатических условий и агротехнологий различной интенсификации на трансформацию параметров садовых почв / В.П. Попова, Н.Н. Сергеева, Т.Г. Фоменко [и др.]. // Научные труды СКФНЦСВВ. Том 14. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. С. 59-70. DOI 10.30679/2587-9847-2018-14-59-70.
2. Диденко Н.А., Подгорная М.Е. Комплексная экологизированная система защиты плодовых культур в питомнике [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63(3). С. 240–253. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/20/03/18.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2020-3-63-240-253 (дата обращения: 30.10.2021).
3. Егоров Е.А., Юрченко Е.Г., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Экологизация интенсификационных процессов в виноградарстве // Виноделие и виноградарство. 2012. № 4. С. 7-9.
4. Применение ретарданта Фуrolан при возделывании яблони по интенсивной технологии в условиях Краснодарского края: методические рекомендации / Н.И. Ненько, Е.А. Егоров, И.А. Ильина [и др.]. Краснодар: ФГБНУ СКЗНИИСИВ, 2016. 27 с.
5. Эффективность применения регулятора роста Фуrolан на культуре винограда / Н.И. Ненько, Е.А. Егоров, Ильина [и др.]. // Агрехимия. 2015. № 9. С. 46-53.
6. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Экономическая сущность ресурсосбережения в интенсивном плодоводстве // Садоводство и виноградарство. 2014. № 5. С. 7-12.
7. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Ресурсоемкость производственно-технологических процессов в промышленном виноградарстве // Садоводство и виноградарство. 2012. № 6. С. 7-13.
8. Егоров Е.А., Шадрина Ж.А., Кочьян Г.А. Развитие промышленного садоводства на основе ресурсосберегающих технологий [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014. № 30 (6). С. 179-193. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/14/06/16.pdf>. (дата обращения: 11.11.2021).