

УДК 634.8:632.95.028

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АГРОБИОЛОГИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭКОСИСТЕМЫ АМПЕЛОЦЕНОЗОВ

Воробьева Т.Н., д-р с.-х. наук, **Петров В.С.**, д-р с.-х. наук, **Якуба Ю.Ф.**, канд. техн. наук,
Прах А.В., канд. с.-х. наук, **Нудьга Т.А.**, **Филимонов М.А.** канд. с.-х. наук,
Суржикова С.В.

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства»
(Краснодар)*

Реферат. Установлены закономерности агробиологического, биохимического и эколого-токсикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов, определяющие обратимость изменений деградирующей почвы в зависимости от агротехнологии. Обоснована целесообразность разработки научно-технической продукции по оздоровлению и очищению от токсикантов почвы виноградных насаждений.

Ключевые слова: виноградник, почва, деградация, качество продукции, агробиотехнология, биоудобрения

Summary. The regularities of agric-biological, biochemical and ecological-toxicological functioning of the ecosystem components of ampelocenoses, determined the changes reversibility of soil degradation in dependence on agric technology. The expediency of development of scientific-technical products for improvement and elimination of vineyards soil toxicants is based.

Key words: vineyard, soil, degradation, quality of production, agric biotechnology, biofertilizers

Введение. Десятилетиями применявшаяся система традиционного земледелия при возделывании винограда привела к ухудшению целостности почвенной системы с биологической и экологической точки зрения. Из наиболее заметных отрицательных факторов выделяется прежде всего антропогенный фактор, включающий отдельные агротехнические приемы, проводимые на виноградниках. Интенсивное применение тяжелой сельхозтехники, пестицидов, искусственных удобрений и других химических препаратов нарушает естественные биологические процессы.

Анализ литературных источников показал, что по каждому из обозначенных аспектов выполнено немало работ [1, 2, 3, 4]. Вместе с тем, рассмотрение имеющихся данных подтверждает, что современные задачи научного обоснования повышения эколого-биологической эффективности отраслевого производства представлены в недостаточно полном объеме. Отмечается существенный недостаток научных знаний по изучению взаимодействия агробиологических и эколого-токсикологических вопросов при применении агротехнических приемов возделывания виноградников.

Изучение и установление закономерностей агробиологического и экотоксикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов – между биологической активностью почвы, деструкцией токсичных соединений, трансформацией исходных токсикантов и техногенной нагрузкой позволит пополнить научные знания по решению данной проблемы.

Цель проводимых нами исследований – установить закономерности агробиологического, экологического и токсикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов, определяющих обратимость изменений деградирующей почвы при различных агротехнологиях, а также обосновать целесообразность разработки научно-технической продукции по оздоровлению и очищению от токсикантов почвы виноградных насаждений.

Для выполнения поставленной цели решались задачи по определению при различных агротехнологиях:

- агробиологического состояния виноградных кустов;
- уровня содержания токсичных остатков в объектах экосистемы ампелоценозов;
- влияния органического удобрения и эффективных микроорганизмов на снижение содержания в почве токсичных химикатов;
- изменения физико-химического и структурного состава почвы.

Решение этих задач позволит установить закономерности обратимости изменений деградирующей почвы ампелоценозов и обосновать целесообразность разработки научно-технической продукции по оздоровлению и очищению почвы от токсичных включений.

Объекты и методы исследований. Объекты исследований – производственные виноградные насаждения технического сорта Каберне-Совиньон, 2004 года посадки, схема посадки 4×2 м, формировка двусторонний кордон, почва виноградников, виноград, пестициды и агроприемы содержания почвы в междурядьях виноградников. Исследования этапа настоящего года проводились в условиях лабораторно-производственного полевого опыта, заложенного в 2010 году.

Варианты опытов включали определение следующих показателей:

- агробиологическое состояние виноградных кустов в зависимости от способа содержания почвы междурядий;
- аккумуляция токсичных остатков в объектах экосистемы ампелоценозов;
- интоксикация опасных химикатов в почве при внесении «органики» и агробиологического стимулятора (ЭМ-1);
- физико-химический и структурный состав почвы при использовании в междурядьях винограда биоудобрения («органики» и агробиологического стимулятора);
- биохимические показатели и санитарно-гигиеническая оценка виноградо-винодельческой продукции;
- закономерность обратимости деградиационных изменений почвы ампелоценозов.

Содержание почвы в междурядьях виноградников опытных участков представлено следующими агроприемами:

- 1 вариант (контроль) – содержание почвы под «черным паром»;
- 2 вариант (эталон) – применение в междурядьях биоудобрения «органики» (озимый зернокармликовой тритикале) [5].
- 3 вариант (рабочий) – применение в междурядьях биоудобрения «органики» (озимый зернокармликовой тритикале) и агробиологического стимулятора (ЭМ-1) [6].

Эколого-токсикологический мониторинг почвы виноградных насаждений выполнялся по методике, разработанной и запатентованной (патент № 2380888) токсикологической лабораторией СКЗНИИСиВ. Определение остатков пестицидов в почве и винограде проводилось по утвержденным методикам [7].

Биохимические показатели исследуемого материала определяли методом капиллярного электрофореза, согласно нормативной документации: массовая концентрация катионов (щелочно-земельных металлов) по ГОСТу 31869-2012, фенолкарбоновых кислот по ГОСТу 31483-2012, органических кислот по ГОСТу Р 52841-2007, массовая доля аминокислот по ГОСТу 31840-2012.

Физико-химический и механический состав почвы определяли согласно методикам: pH водной суспензии – по ГОСТу 26423-85, нитратный азот – дисульфифеноловым методом, подвижный фосфор (P_2O_5) и калий (K_2O) – по ГОСТу 26205-91, содержание гумуса – по ГОСТу 26213-91).

Используемые приборы и оборудование – хроматограф жидкостной «KNAUER», газовый хроматограф «Цвет 500М», атомно-абсорбционный спектрофотометр «Квант-АФА» и др. Расчет выходных данных выполнялся с применением специальных компьютерных программ и современной вычислительной техники [8, 9]. В целях удобства интерпретации результатов изучения остатков пестицидов по данным дисперсионного анализа числового экспериментального материала в случаях необходимости вычисляли существенную наименьшую разность.

Обсуждение результатов. Одна из причин снижающейся эффективности восстановления деградированной почвы виноградных насаждений, подверженной постоянной антропогенной нагрузке, – возрастающая агрессивность токсичных органических химикатов по отношению к микробам и растениям в почве; другая – применение тяжелой сельскохозяйственной техники, изменяющей структуру плодородного слоя почвы и микрофлору почвенной биоты [10, 11]. В работах А.А. Жученко (2010); И.А. Тихоновича, Н.А. Проворова (2009) и многих других авторов значительная роль отводится системе содержания почвы и почвенным микроорганизмам [1, 11-13].

Нужно отметить, что в работах современных авторов не находят место исследования, касающиеся преобладающих процессов аккумуляции или инактивации ксенобиотиков в водно-почвенных системах многолетних насаждений. В то время как почвенные токсичные остатки негативно сказываются на многих показателях, в том числе на агробиологическом состоянии кустов винограда, физико-химическом и структурном составе почвы, качестве продукции.

В выполненной работе было изучено влияние биоудобрения («органики» и агробиологического стимулятора) на состояние виноградных кустов, содержание в почве и винограде токсичных химикатов, на физико-химический и структурный состав почвы; определены закономерности обратимости деградации изменений почвы.

По агробиологическим наблюдениям за состоянием опытных участков сорта Каберне-Совиньон в условиях мягкой зимы 2013-2014 гг. перезимовка насаждений проходила благополучно. Сохранность глазков была высокой и отмечалась дружным их распусканием – более 80 % на производственных участках (контроль) и более 85 % на участках с биоудобрениями; нагрузка побегами и соцветиями, соответственно, 40 и 45 %; рост побегов – до 1,5 м (контроль) и более 1,8 м (биоудобрения). Хорошими показателями можно было охарактеризовать виноградники всех вариантов опыта, но отмеченные показатели на участке с биоудобрением (посев тритикале) на 5% и на участке с биоудобрением (посев тритикале + ЭМ-1) на 10 % выше в сравнении с контролем.

Можно отметить, что при двухлетнем применении модифицированного биоудобрения количество неразвившихся глазков составило всего 7 %, что на 2 % больше в сравнении с участком (посев тритикале). Нагрузка кустов глазками была достаточной (в среднем по участкам 53 глазка на куст, соответственно 48 побегов на куст), что приближено к оптимальным величинам (55-60). Кусты имели по 6 побегов с 3 гроздьями, по 35 побегов с двумя гроздьями и по 5 побегов с 1 гроздью. В общем число плодоносных побегов составило 97 %. Большинство побегов имели высокую продуктивность с коэффициентом плодоношения от $K_1 = 1,90$ (посев тритикале) и от $K_1 = 1,95$ (посев тритикале + ЭМ-1).

Физико-химический и структурный состав почвы при различном механизированном воздействии отличался по определяемым показателям. При содержании под «черным паром» (контроль) состояние почвы характеризовалось уплотнением от среднего до сильного (1,2-1,3 г/см³), комковато-зернистой структурой, величиной агрегатов более 10 мм.

Почва при такой характеристике и агрохимическим показателям (табл. 1) пригодна для виноградников [13], но для повышения продуктивности растений и качества продукции, требует изменений агротехники ее содержания.

Применение органического удобрения, позволившее сократить число обработок почвы в междурядьях, улучшило ее физико-химический состав, в большей степени – в варианте с дополнительным внесением агробиологического стимулятора ЭМ-1 (табл. 2).

Таблица 1 – Агрохимическая оценка почвы при содержании по типу «черный пар» (средние данные, 2013-14 гг.)

Показатель	Опытные участки
	величина (оценка)
Содержание, мг/кг: подвижных форм фосфора обменного калия (K_2O) подвижной серы микроэлементов: кобальта марганца цинка	15-28 (ср.) 400-590 (пов.) 62 (низк.) < 0,13 (низк.) 10-22 (ср.) < 1,8 (низк.)
Гумус, %	< 1,6 (очень низк.)
Кислотность, pH	7,6-8,1
Нитрификационная способность (количество $N-NO_3$, мг/кг)	6-8 (пониж.)
Гумус, %	< 1,6 (очень низк.)

Примечание: низк. – низкое; ср. – среднее; пов. – повышенное; выс. – высокое; пониж. – пониженное.

Количество водопрочных почвенных агрегатов составило 62 % (контроль), 78 % биоудобрение (посев тритикале), 80 % биоудобрение (посев тритикале+ ЭМ-1). Полученные экспериментальные данные показывают, что модифицированные биоудобрения улучшают структуру почвы и ее физико-химические показатели.

Таблица 2 – Агрохимическая оценка почвы опытных участков после внесения биоудобрения (2013-2014 гг.)

Показатель	Варианты опытов		
	1	2	3
Содержание, мг/кг: подвижных форм фосфора обменного калия (K_2O) подвижной серы микроэлементов: кобальта марганца цинка	22 480 40 0,10 20 1,3	24 450 35 0,14 15 1,5	25 475 45 0,15 15 1,5
Гумус, %	1,6	1,90	2,10
Кислотность, pH	8,0	8,2	8,4
Нитрификационная способность (кол-во $N-NO_3$, мг/кг)	8,0	10,0	11,0

*Примечание: 1 – «черный пар», 2 – посев тритикале, 3 – посев тритикале и внесение ЭМ-1

При проведении химических обработок виноградного растения наиболее опасны аккумуляруемые в почве различные по происхождению химические соединения «фоновые токсиканты». Изменяющаяся химическая нагрузка, но не снижающаяся, вызывает негативный эффект, приводит к ее деградации почвы и отрицательно влияет на все объекты

экосистемы. Из перечня препаратов, применяемых на виноградниках, следует отметить химикаты, относящиеся к «фоновым» загрязнителям экосистемы «почва-виноград», загрязнение которыми отмечается во всех элементах экосистемы виноградных насаждений.

При внесении удобрений весной второго года после перезимовки основных «фоновых» загрязнителей почвы снизилась: от 7 до 11 % при содержании почвы под «черным паром», от 9 до 30 % (высев тритикале) и от 20 до 40 % (тритикале +ЭМ-1) (табл. 3).

Таблица 3 – Биodeградация почвенных токсикантов, 2013-2014 гг.

Варианты опытов по содержанию почвы виноградников	Содержание пестицидов в почве, мг/кг									
	сорт Каберне-Совиньон									
	весна					осень				
	группы пестицидов									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Вариант 1	2,7	9,5	2,9	1,8	1,5	2,5	7,9	3,6	2,9	1,8
Вариант 2	2,5	4,3	1,3	0,9	1,4	1,5	3,19	2,03	2,15	1,1
Вариант 3	2,0	4,0	1,0	0,6	1,1	1,0	2,1	1,3	1,8	0,09
ПДК, мг/кг	3,0	0,1	0,2	0,1	0,1	3,0	0,1	0,02	0,1	0,1

*Примечание: Группы пестицидов: 1 – медьсодержащие, 2 – ХОС, 3 – ФОС, 4 – дитиокарбаматы, 5 – бензимидазолы. ПДК – предельно допустимое количество. Варианты: 1 – «черный пар»; 2 – высев тритикале; 3 – высев тритикале +ЭМ-1.

К наиболее токсичным химикатам относятся прежде всего пестициды, которыми в течение многих десятилетий обрабатываются сельскохозяйственные культуры. К ним относятся группы препаратов, относящиеся к хлорорганическим и фосфорорганическим соединениям, деструкцию которых до безопасных уровней обеспечивало внесение в почву биоудобрения, повышающего эффективность добавкой ЭМ-1. При посеве тритикале (3 года и более) концентрация токсикантов в почве уменьшается до 76%, а при добавлении ЭМ-1 – до 85 %. Эколого-токсикологический мониторинг содержания токсичных остатков в почве стал проводиться с недавних пор и, к сожалению, не всегда востребован.

Основным из показателей пищевой безопасности продукции многолетних насаждений является концентрация в ней токсичных химикатов, остаточное количество которых составляют неразложившиеся пестициды, применяемые во время обработок и мигрирующие из почвы. В винограде сорта Каберне-Совиньон с опытных участков определялись токсичные остатки некоторых групп пестицидов из числа «фоновых», то есть обнаруживаемых в почве и незначительно применяемых в период вегетации 2014 года (табл. 4).

Избытки почвенных токсикантов содержались в ягодах, отобранных с производственного участка варианта опыта «контроль». На участках, где вносились биоудобрения, остатки пестицидов, содержащихся в почве, в винограде присутствовали и менее всего при внесении агробиологического стимулятора ЭМ-1, но в обоих случаях их количество не превышало допустимые нормы. В варианте посева тритикале коэффициент перехода ($K_{пр}$) токсичных остатков из почвы в виноградные ягоды составил $K_{пр} = 0,40$, а в варианте с добавлением ЭМ-1 – $K_{пр} = 36$.

Пополнение почвы органикой сказалось и на улучшении биохимических показателей виноградного сула: в нём отмечено незначительное увеличение фенолкарбоновых кислот (хлорогеновой), катионов (магния, натрия) и значительное – катионов калия, органических кислот (винной, яблочной, лимонной) и аминокислот (β -фенилаланин, метионин, аргинин, валин, лейцин). Наиболее интересны показатели по аминокислотам (заменимым и незаменимым). Аминокислоты обладают антиоксидатными свойствами, являются эндогенными сорбентами и формируют субстрат, связывающий белки, которые осущест-

ствляют непосредственный транспорт большинства активных соединений, таких как минералы, витамины и т.д. (табл. 5).

Таблица 4 – Почвенные токсичные остатки в винограде опытных участков урожая 2014 г.

Варианты опытов по содержанию почвы виноградников	Содержание пестицидов в винограде, мг/кг				
	сорт Каберне-Совиньон				
	группы пестицидов				
	1	2	3	4	5
Вариант 1 (контроль)	1,55	0,11	0,04	0,44	0,01
Вариант 3 (органика ЭМ-1)	1,12	0,05	0,004	0,002	н/о
МДУ, мг/кг	5,0	0,1	0,02	0,1	н/д

*Примечание: Группы пестицидов: 1 – медьсодержащие, 2 – ХОС, 3 – диметоат, 4 – хлорпирифос, 5-дифеноконозол.
МДУ – максимально допустимый уровень.
Варианты: 1 – «черный пар»; 3 – высев тритикале +ЭМ-1.

Таблица 5 – Содержание аминокислот в сусле и мезге винограда урожая 2014 г.

Аминокислота, мг/дм ³	Виноградное сусло (контроль)	Виноградное сусло (биоудобрения)
Пролин	1391	770,9
β-фенилаланин	Не обн.	432,1
α-аланин	267,5	Не обн.
Серин	39	30,4
Метионин	13	31,5
Аргинин	19,3	26,8
Валин	11,7	18,4
Глицин	2,9	1,7
Лейцин	0,9	2,1
Лизин	Не обн.	Не обн.

Расчеты результативности производства винограда при различных способах содержания почвы показали преимущества применения биоудобрения (сидераты + ЭМ-1) в агробιοтехнологии для снижения техногенной нагрузки в сравнении с традиционными агроприемами.

Эколого-экономическая эффективность отмечается:

- снижением деградиационных процессов в почве на 80%;
- снижением коэффициента перехода ($K_{пр}$) токсичных остатков из почвы в виноград: с высевом тритикале $K_{пр} = 0,40$, с добавлением ЭМ-1 $K_{пр} = 0,36$;
- получением винограда без избытка токсичных включений;
- повышением качества биохимических показателей виноградного сырья;
- увеличением урожайности винограда до 13 %;
- снижением производственных затрат на выращивание винограда применением предлагаемой биотехнологии содержания почвы на виноградниках на 2,6 % и увеличением чистой прибыли на 56,5 %.

Выводы. Экспериментально установлены закономерности агробиологического и эколого-токсикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов при различных агротехнологиях. Для снижения негативного последствие техногенной нагрузки установлена целесообразность и эколого-экономическая эффективность применения на виноградниках модифицированного биоудобрения (сидераты + ЭМ-1).

Агробиологические показатели на участке с биоудобрением (органика) на 5% и на участке с биоудобрением (органика + ЭМ-1) на 10 % лучше в сравнении с производственным участком (контроль). На участках с органикой общее число плодоносных побегов составило 97 %. Большинство из них имели высокую продуктивность с коэффициентом плодоношения от $K_1 = 1,90$ (органика) и от $K_1 = 1,95$ (органика + ЭМ-1). Биоудобрения улучшили физико-химический состав почвы и ее структуру. Количество водопрочных почвенных агрегатов составило 62 % (контроль), 78 % биоудобрение (органика), 80 % биоудобрение (органика + ЭМ-1).

Степень трансформации токсикантов в почве до безопасных уровней весной после перезимовки и осенью по окончании обработок увеличилась в вариантах: посев тритикале – до 45 %, посев тритикале + ЭМ-1 – до 50 %. Пополнение почвы органикой сказалось на улучшении биохимических показателей виноградного сула. Расчеты результативности производства винограда при различных способах содержания почвы показали преимущества применения биоудобрения (сидераты + ЭМ-1) в агробиотехнологии для снижения техногенной нагрузки в сравнении с традиционными агроприемами.

Литература

1. Петров, В.С. Научные основы биологической системы содержания почвы на виноградниках / В.С. Петров. – Новочеркасск, 2003 – 170 с.
2. Егоров, Е.А. Научно-практическое руководство: Повышение продуктивности промышленных виноградников ресурсосберегающими приемами отраслевого производства / Е.А. Егоров, Т.Н. Воробьева, Ю.А. Ветер. – Краснодар, 2007. – 60 с.
3. Жуков, А.И. Система ведения культуры винограда на основе новых агротехнических приемов / А.И. Жуков, Н.Н. Перов. – Анапа, 2001. – 87 с.
4. Воробьева, Т.Н. Продуктивность ампелоценозов и агротехнические новации в виноградарстве (изучение, экологизация производства) / Т.Н. Воробьева, Ю.А. Ветер. – Краснодар: Альфа-полиграф, 2011. – 200 с.
5. Воробьева, Т.Н. Способ содержания почвы виноградников / Т.Н. Воробьева, А.Т. Киян, Г.А. Ломакина // Патент РФ № 2239965. – М.: ФИПС, 2004. – 4 с.
6. Воробьева, Т.Н. Способ содержания почвы виноградников / Т.Н. Воробьева, Ю.А. Ветер, А.А. Волкова // Патент РФ № 2381640. – М.: ФИПС, 2010. – 4 с.
7. Методы контроля. Химические факторы. Определение остаточных количеств пестицидов в пищевых продуктах, с/х сырье и объектах окружающей среды // Сборник методических указаний вып. 4 ч. 1 МУК 4.1.1426 – 4.1.1429-03. – М.: Минздрав России, 2004. – 211 с., ГОСТ 30349-96.
8. Рекомендации по расчету содержания и динамических параметров агрохимических токсикантов в почве и растениях. – М.: ЦИНАО, 1987. – 37 с.
9. Вольф, В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1966. – 259 с.
10. Руи Казар, Д. Внедрение технологии прямого посева / Д. Руи Казар // Аграрный консультант. – 2011. – № 2. – С. 11-14.
11. Тихонович, И.А. Симбиозы растений и микроорганизмов: молекулярная генетика агро-систем / И.А. Тихонович, Н.А. Проворов. – СПб.: Изд-во СПб. университета, 2009. – 210 с.
12. Воробьева, Т.Н. Методы эколого-токсикологической оценки и агробиологической реабилитации промышленных виноградников / Т.Н. Воробьева, А.А. Волкова, Ю.А. Ветер // Методические указания и научно-практическое руководство. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2009. – 71 с.
13. Воробьева, Т.Н. Теоретические аспекты и результаты повышения продуктивности виноградников и качества отраслевой продукции / Т.Н. Воробьева, А.А. Волкова, Ю.А. Ветер // Аграрная Россия. – 2009. – № 2. – С. 21-24.
14. Вальков, В.Ф. Экологическое почвоведение / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель. – Краснодар, 2003. – 385 с.