

УДК 634.8:57:631.5

**ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ
ФИТОБИОРЕМИДАЦИЕЙ ВИНОГРАДНЫХ НАСАЖДЕНИЙ¹****Воробьева Т.Н.**, д-р с.-х. наук, профессор*Государственное научное учреждение Северо-Кавказский
зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства
(Краснодар)***Ветер Ю. А.**, к. с.-х. н.*ООО АФ «Мирный» Темрюкского района Краснодарского края*

Реферат. Определены факторы, влияющие на биологическую активность почвы - техногенная нагрузка, физико-химический состав почвы; содержание ксенобиотиков в экосистеме виноградных насаждений. Установлены корреляционные взаимосвязи между состоянием состав почвы, деградацией пестицидов и техногенной нагрузкой виноградных насаждений. Показаны возможности повышения биологической активности почвы ампелоценозов фитобиоремедиацией.

Ключевые слова: ампелоценоз, ксенобиотики, почва, биологическая активность почвы, фитобиоремедиация почвы, пищевая безопасность продукции.

Summari. The factors affecting the biological activity of the soil - environmental load, physical-to-the chemical composition of the soil; the content of xenobiotics in the ecosystem of vineyards. Set-Lena correlations between the state of the soil, degradation of pesticides and technological capacity of vineyards. The possibilities of increasing the biological activity of soils of Emelianov italianinitaly.

Key words: ampelotsenoz, xenobiotics, soil biological activity of soil, soil fitobioremediatsiya, food safety products.

Введение. Нынешний химический состав поверхности Земли является следствием химической активности живых существ, в первую очередь микроорганизмов. Они в огромном количестве присутствуют в почве. Подсчитано, что в 15-ти сантиметровом поверхностном слое почвы одного гектара находится более 5 т грибов и бактерий. Их «деятельность» характеризуется интенсивным обменом веществ и обеспечивает биологическую активность почвы. Почва – это базис для создания любой агроэкосистемы, в ней сосредоточены процессы видоизменения веществ и трансформации потоков энергии, обеспечивающие ее биологическую активность, где микрофлора почвы - основной фактор почвообразовательного процесса. Так, например, скорость дыхания бактерий в сотни раз превышает скорость дыхания человека относительно 1 г массы организма, в результате чего сравнительное влияние микроорганизмов на почвообразовательные процессы велико. Они своей жизнедеятельностью превращают гумус в высокоэффективные продукты питания растений. Биологическая устойчивость почвы это способность сохранять свое экологически самодостаточное состояние в условиях техногенных воздействий. Нарушение этого состояния при увеличении антропогенных трат энергетических ресурсов на повышение урожая вызывает уменьшение КПД использования фитосинтетической активной радиации, биогенности почвы, а в связи с этим ее плодородие и продуктивность растений.

В области экологии биосистем давно возникла проблема снижения активности и биогенности почвы в результате значительных потерь адекватных антропогенному прессингу природных механизмов по ее восстановлению. Одной из причин является высокая токсичность органических химикатов по отношению к микроорганизмам и растениям,

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ р_юг_a № 13-06-96512

что вызвано загрязненностью почвы, подверженной постоянному техногенезу. Другой причиной можно считать агроприемы сезонного содержания почвы между рядов винограда по способу «черный пар». Многолетнее применение этого классического приема, вызывает минерализацию органического вещества, распыление ее структуры, смыв плодородного слоя ливневыми потоками, что к тому же усугубляется применением химикатов.

Анализ многочисленных литературных источников [1,2,3,4,5,6] показал, что по каждому из обозначенных аспектов выполнено немало работ, заслуживающих исследовательского внимания. Вместе с тем, научно-критическое рассмотрение имеющихся данных подтверждает, что до настоящего времени большая часть современных задач научного обоснования повышения эколого-экономической эффективности отраслевого производства недостаточно рассмотрена.

К недочетам в этой области, в первую очередь, относится недостаток разработок аналитических корреляционных взаимосвязей как инструментария теоретически-практического исследования агробиологических процессов в виноградарстве и необходимости их преобразования. Изучение и установление причинно-следственных связей и корреляционных взаимозависимостей между деструкцией токсичных соединений, трансформацией исходных токсикантов, техногенной нагрузкой и биологической активностью почвы, позволит подойти к решению данной проблемы.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований служили производственные виноградные насаждения столовых и технических сортов, почва виноградников, виноградные ягоды, пестициды и агротехнология содержания почвы в междуrowьях виноградников.

Варианты лабораторно-полевых опытов включали выполнение научно - исследовательских и экспериментальных работ на виноградниках технических и столовых сортов по определению следующих показателей:

- физико-химический состав почвы исследуемых опытных виноградарских участков (гумус, подвижные формы NPK, pH водной и солевой вытяжки, содержание водорастворимых солей количество ионов Cl, SO₄, HCO₃ и катионов Na и Ca, Mg);

- биологическая активность почвы по содержанию полезной почвенной микрофлоры (актиномицеты и бактерии);

- аккумуляция токсичных остатков в зеленой биомассе сидератов;

- деградация органических химикатов в почве исследуемых участков;

- корреляционная зависимость исследуемых показателей.

Эколого-токсикологический мониторинг почвы виноградных насаждений выполнялся по методике разработанной и запатентованной (патент № 2380888) токсикологической лаборатории СКЗНИИСиВ. Определение остатков пестицидов в почве и винограде проводилось по утвержденным методикам (Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде, Справочник. Т.1-2. – М.: Колос, 1992).

Физико-химический и механический состав почвы «Практикум по Почвоведению» Москва «Колос», 1980г (pH водной суспензии по ГОСТ 26423-85, нитратный азот дисульфифеноловым методом, подвижный фосфор (P₂O₅) и калий(K₂O) (по Мачигину) ГОСТ 26205-91, содержание гумуса по ГОСТ 26213-91).

Биологическая активность почвы определялась по методике, изложенной в руководстве к практическим занятиям по сельскохозяйственной микробиологии (Ежов Г.И. Руководство к практическим занятиям по сельскохозяйственной микробиологии – Москва «Высшая школа» 1974г.).

Расчет выходных данных выполнялся с применением специальных компьютерных программ и современной вычислительной техники [7,8]. В целях удобства интерпретации результатов изучения остатков пестицидов по данным дисперсионного анализа числового

экспериментального материала в случаях необходимости вычисляли существенную наименьшую разность.

Обсуждение результатов. Биологическая активность почвы ампелоценозов, а значит продуктивность насаждений, урожайность, качество и пищевая безопасность продукции отрасли находится, прежде всего, в большой зависимости от абиотических и антропогенных факторов. В них включены почвенно-климатические условия, сорт, составные элементы агротехнологии (методы обрезки и формировки кустов, нагрузки глазками, площадь питания растений, тип используемой шпалеры), способы обработки и сезонного содержания почвы междурядий, удобрений, приемов и средств защиты от вредных объектов и ряд других факторов.

Применяемые в отрасли агроприемы выращивания винограда тесно взаимосвязаны между собой. Если один из их комплекса не отвечает биологии возделываемого сорта, то и другие не приведут к достижению планируемой эффективности применяемых технологий. Вместе с тем, технологии включающие обработку и сезонное содержание почвы междурядий виноградников, систему защитных мероприятий в борьбе с вредными объектами и применение других химикатов, являются главными факторами, обуславливающими степень отрицательного антропогенного (техногенного) воздействия на функционирование экосистемы виноградных насаждений. Это подтверждается тем, что в области экологии биосистем, в частности ампелоценозов, существует проблема в связи со снижением активности и биогенности почвы в результате значительных потерь адекватных антропогенному прессингу природных механизмов по ее восстановлению.

Современная традиционная технология возделывания винограда, а именно обработка почвы междурядий приводит к распылению структуры верхних слоев почвы, созданию аэробных условий, способствующих разложению гумусовых веществ и т.д. Поэтому отвальная вспашка на глубину более 8-10 см пагубна для почвенного плодородия, т.к. погибают существенные части биоценозов и должны образовываться новые. Если образование новых сообществ продолжается дольше, чем вегетационный период, то почва «мертва» и не представляет ценности для развития растений. Таким образом, чем больше масса корней, тем больше численность почвенных организмов, чем многообразнее виды корней, тем богаче виды почвенных организмов.

Очевидно, что значительная часть агротехнических приемов по содержанию почвы междурядий и обработке виноградников пестицидами и прочими химикатами, негативно сказывается на плодородии почвы, а в связи, с чем и на продуктивности растений, и качестве выращиваемой продукции.

Решение этих проблем возможно при содержании почвы по принципу фитобиоремедиации, основанному применением «зеленого удобрения» в междурядьях виноградников. В нашем случае в качестве «зеленого удобрения» использовали культуру озимого зернокормового тритикале. Выбор этой сидеральной культуры был обоснован многолетней техногенной нагрузкой, что привело к значительной деградации почвы, восстановление которой возможно внесением органического удобрения, что обеспечивала биомасса этой культуры.

Весной следующего года после осеннего высева сидерата в междурядьях виноградных кустов растения сформировали мощный листостебельный массив, который защищал почву от смыва плодородного слоя потоками весенних (особенно ливневых) дождей, а за счет листостебельного покрова обеспечивалось накопление и сохранение влаги в почве виноградников. По биологическим фазам развития растения сидератов и винограда не составляли конкуренцию по влагообеспечению. Тем более, что в фазе выхода растения в трубку проводилось подкашивание зеленой массы, которая в скошенном состоянии выполняла роль мульчи. Далее растения сформировали умеренный стеблестой с озерненными колосьями, в то время виноград только вступал в фазу налива ягод и тритикале не был кон-

курентом для винограда в потреблении влаги и питательных веществ. Растения в это время задисковывались и заделывались вместе с озерненными колосьями сидератов в почву.

Механическая нагрузка на почву под виноградниками опытных участков при применении классических агроприемов была отмечена ее уплотнением от среднего до сильного (1,55-1,7 г/см³), комковато-зернистой структурой, величиной агрегатов до 10 мм и содержанием гумуса до 1,7 %.

Известно, что накопление гумусного вещества в почве происходит длительно, но произрастающие на ней высшие растения совместно с повышением активности эффективных микроорганизмов способны реанимировать биохимические функции почвенной полезной биоты.

Использование фитобиоремедиационных агроприемов на четвертый год показало незначительное повышение гумуса, нитрификационной способности, подвижной серы, микроэлементов (таблица 1).

Таблица 1 - Агрохимическая оценка почвы опытного участка после применения элементов агробиотехнологии, сорт Каберне-Совиньон, осень 2013г.

Показатели	Варианты опытов		
	1	2	3
Содержание, мг/кг:			
подвижных форм фосфора	25	22	24
обменного калия (K ₂ O)	450	480	475
подвижной серы	35	40	45
микроэлементов:			
кобальта	0,15	0,10	0,14
марганца	15	20	15
цинка	1,5	1,3	1,5
Гумус, %	2,0	1,75	2,0
Кислотность, pH	8,2	8,0	7,9
Нитрификационная способность (количество N-NO ₃ , мг/кг)	6,0	11,5	12,0

*Примечание: 1 – контроль (почва без обработок), 2 – эталон (традиционные обработки), 3 – посев тритикале

Наряду с этим эколого-агротехнически положительным эффектом, были отмечены позитивные изменения структурно-агрегатного состава почвы, а значит и ее биологическая активность. Отмечалось увеличение водопрочных агрегатов на 5%. Этому способствовали растительные остатки, оказавшиеся в междурядьях виноградников, характеризующиеся высоким содержанием целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, что повышало скорость разложения и дальнейшую гумификации растений.

Скорость разложения и полноценность этого процесса во многом зависит от различных групп микроорганизмов. Основными представителями почвенных микроорганизмов являются бактерии, включая актиномицеты, микроскопические грибы и водоросли.

Степень микробиологической эффективности после трехлетнего применения тритикале и разложения его биомассы определялась в почве опытных участков по количеству бактерий и актиномицетов (таблица 2). Численность колоний количества микроорганизмов увеличилось (актиномицетов на 2 %, бактерий на 7%).

Таблица 2 – Количество колоний микроорганизмов (КОЕ / г почвы) после внесения «зеленого» удобрения (лабораторно-полевой опыт, апрель 2013 г)

Варианты опыта (сорт Каберне-Совиньон)	Количество микроорганизмов в 10 г почвы	
	актиномицеты	бактерии
1. Эталон (почва с участка вне виноградников)	6600	39660
2. Контроль (производственный виноградный участок)	500	19830
3. Высев в междурядья тритикале и заделка зеленых удобрений в почву виноградников (июнь 2012-2013гг.)	510	46900

Количество бактерий и актиномицетов в почве с «зелеными удобрениями» увеличилось в сравнении с производственным участком (контроль), что подтверждает ингибирующее действие химикатов на почвенную микрофлору.

При этом необходимо учесть, что помимо текущих химических обработок виноградного растения, не менее опасны «фоновые» токсиканты, накапливающиеся в почве. Результаты мониторинга в период 2012г по окончании сезонных обработок показали наличие в почве сохранившихся «фоновых» токсикантов и дополнивших их «сезонных» пестицидов в большей степени на опытных участках с производственной системой защитных мероприятий (таблица 3).

Таблица 3 – Токсичные остатки в почве при применении тритикале, 2013 год (средние данные)

Варианты опытов	Содержание пестицидов в почве, мг/кг									
	сорт Каберне-Совиньон									
	весна					осень				
	группы пестицидов									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Контроль	2,7	0,04	0,04	-	-	2,09	0,03	0,02	-	-
Эталон	3,6	0,25	0,015	0,2	0,15	4,9	0,45	0,18	0,35	0,25
Зеленые удобрения	2,9	0,02	0,01	0,07	0,02	3,5	0,09	0,05	0,12	0,06
ПДК, мг/кг	3,0	0,1	0,02	0,1	0,1	3,0	0,1	0,02	0,1	0,1

*Примечания: а. Группы пестицидов: 1 – медьсодержащие, 2 – ХОС, 3 – ФОС, 4 – дитиокарбаматы, 5 – бензимидазолы.
ПДК – предельно допустимое количество.

Поглотительная способность сидератами почвенных токсичных остатков на этих участках подтвердилась наличием их в зеленой массе: - подвижно-активная медь до 4,2 мг/кг; ХОСы до 1,3 мг/кг; ФОСы до 0,19 мг/кг; дитиокарбаматы до 0,15 мг/кг. Зеленое удобрение в виде растений тритикале способствовали ускорению процесса деструкции токсичных остатков «фоновых» опасных химикатов, аккумулированных в почве.

Посев и культивирование на почве, загрязненной токсичными остатками, высших растений является важным фактором формирования микрофлоры, что повышает скорость перехода растений в органическое удобрение и численность полезной микрофлоры. Об-

ладая сильной сорбционной способностью, органические удобрения и микроорганизмы являются источником ростовых субстратов и ферментов, катализирующих процессы трансформации и детоксикации пестицидов [9, 10].

Эффективность использования растений, пополняющих почву органикой и полезной микрофлорой, для детоксикации пестицидов обоснована экспериментально (рисунок 3). Отмечено, что содержание токсичных остатков в почве уменьшилось от 76,9 до 90,3 % и биodeградация почвенных токсичных соединений (хлор и фосфорорганических, дитиокарбаматов, стробилуринов, карбендазима) оценена ускорением процесса их детоксикации на 12%, что позволило снизить техногенную нагрузку на 30%.

В винограде с опытных участков сорта Каберне-Совиньон почвенные токсичные остатки в избытке обнаруживались на производственном участке (эталон), без применения «зеленого удобрения» (таблица 4).

Таблица 4 – Почвенные токсичные остатки в винограде сорта Каберне-Совиньон, 2012 г.

Варианты опытов	Содержание пестицидов в винограде, мг/кг				
	сорт Каберне-Совиньон				
	группы пестицидов				
	1	2	3	4	5
Эталон	2,25	0,15	0,05	0,17	0,08
Зеленые удобрения	2,12	0,08	-	0,04	-
МДУ, мг/кг	5,0	0,4	0,02	0,1	0,05

*Примечания: а. Группы пестицидов: 1 – медьсодержащие, 2 – ХОС, 3 – ФОС, 4 – дитиокарбаматы, 5 – бензимидазолы.
МДУ – максимально допустимый уровень.

Пополнение почвы органикой сказалось не только на повышении численности микроорганизмов, деструкции токсичных почвенных остатков, но и на улучшении биохимических показателей виноградного суслу.

На участках с зелеными удобрениями содержание сахара (от 0,5% до 0,6%) и биохимических показателей (витамин С, бактерицидных кислот, аминокислот) было большим, чем в виноградном сусле с производственного участка (эталон).

Выводы. Установлены корреляционные взаимосвязи между биологической активностью почвы, деградацией пестицидов и техногенной нагрузки при содержании почвы по принципу фитобиоремедиации на четвертый год после одного трехгодичного цикла:

- биологическая активность почвы оценена увеличением водopрочных агрегатов на 5%;
- численность колоний количества микроорганизмов увеличилось (актиномицетов на 2 %, бактерий на 7%);
- биodeградация почвенных токсичных соединений (хлор и фосфорорганических, дитиокарбаматов, стробилуринов, карбендазима) оценена ускорением процесса их детоксикации на 12%; техногенная нагрузка снижена на 30%.

Достоверность принципиальной основы фитобиоремедиации виноградников для оздоровления почвы и очищения продукции от ксенобиотиков подтверждена результатами математического анализа экспериментальных данных и апробацией в промышленных насаждениях винограда:

- отрицательной корреляцией между увеличением одних переменных величин (внесение в почву органики) и уменьшением других переменных величин (рН почвы и техногенной нагрузки);

- положительной корреляцией между увеличением одних переменных величин (внесение в почву органики) и увеличением других переменных величин (водопрочных агрегатов, почвенных микроорганизмов, процесса деградации пестицидов);

- обоснованием параметрических зависимостей релаксации ампелоценозов в условиях механической и химической нагрузок.

Биологизированные агроприемы отвечают принципам фитобиоремедиации виноградных насаждений. Расчеты их результативности производства винограда при различных способах содержания почвы в исследуемый период показали явные преимущества нового способа. Отмечалось:

- увеличение урожайности винограда в среднем на 9,4 ц/га (13,3 %);
- снижение производственных затрат на 1,0 тыс. руб./га (2,6 %);
- прибавка чистой прибыли 1040,7 руб./га (56,5 %);
- очищение почвы от токсичного состава на 15%;
- уменьшение токсичных остатков в продукции в 2 раза.

Литература

1. Воробьева, Т.Н. Продуктивность ампелоценозов и агротехнические новации в виноградарстве (изучение, экологизация производства) / Т.Н. Воробьева, Ю.А. Ветер. – Краснодар: ООО «Альфа-полиграф+», 2011. – 200 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. Петров, В.С. Научные основы биологической системы содержания почвы на виноградниках / В.С. Петров. – Новочеркасск, 2003 – 170 с.

4. Жуков, А.И. Система ведения культуры винограда на основе новых агротехнических приемов / А.И. Жуков, Н.Н. Перов. – Анапа, 2001. – 87 с.

5. Руи Казар, Д. Внедрение технологии прямого посева / Д. Руи Казар // Аграрный консультант, №2, 2011. – С.11-14.

6. Воробьева, Т.Н. Оздоровление почвы высевом тритикале в междурядья кустов промышленных виноградников / Т.Н. Воробьева, А.Т. Киян, А.А. Волкова, А.Н. Макеева, Ю.А. Ветер // Сельскохозяйственная биология, №3. 2009. - С. 110-113.

7. Рекомендации по расчету содержания и динамических параметров агрохимических токсикантов в почве и растениях. – М.: ЦИНАО, 1987. – 37 с.

8. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. – М.: «Колос», 1966. – 259 с.

9. Круглов, Ю.В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю.В. Круглов. М.: ВО «Агропромиздат», 1991. – 128 с.

10. Воробьева Т.Н. Обеспечение экологической и пищевой безопасности в виноградарстве / Т.Н. Воробьева, А.А. Волкова // научно-практические рекомендации. – Краснодар: ООО «Промсвещение - Юг», 2009. – 19 с.