

УДК 632.913:574

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ПЕРСИКА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОСИСТЕМ К НЕГАТИВНЫМ ЭКОФАКТОРАМ

Янушевская Э.Б., канд. биол. наук

Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур Россельхозакадемии (Сочи)

Подгорная М.Е., канд. биол. наук

Государственное научное учреждение Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства Россельхозакадемии (Краснодар)

Реферат. По результатам биотестирования определен ассортимент пестицидов, интенсивность токсического действия которых в пределах экологической устойчивости биотического компонента почвы. С целью улучшения функционального состояния почвенного микробиоценоза сформированы и апробированы модели систем защиты, соответствующие его адаптивному потенциалу. Рекомендовано применение адаптогенов для активации защитных механизмов почвенной микрофлоры и снижения негативного последствие пестицидов.

Ключевые слова: агроэкосистемы, биоиндикация, микробиоценоз, пестициды, адаптация

Summary. According to the results of biological testing the pesticides assortment is defined, the intensity of their toxic effect founded within ecological stability of soil biotic component. For improvement of function condition of soil microbocenosis the models of protective systems according to adaptive potential are formed and approved. The use of adaptogens for activation of protect mechanisms of soil microorganisms and reduce the negative later effect of pesticides is recommended.

Key words: agric, bioindication, ecosystems, microbocenosis, pesticides, adaptation

Введение. Среди основных негативных последствий интенсивного применения пестицидов в системах защиты плодовых культур особо выделяется их отрицательное влияние на функциональное состояние почвенного микробиоценоза. Литературные данные свидетельствуют об угнетающем действии пестицидов на жизнедеятельность биоценоза, ингибировании основных ферментативных систем и метаболических процессов, участвующих в почвообразовании и питании растений [1, 2].

В результате наших многолетних исследований установлен широкий диапазон ответных реакций на пестицидные нагрузки биотического компонента почвы от незначительных адаптивных изменений до нарушения естественных природных механизмов саморегуляции [3, 4]. При этом выявленные сдвиги в значительной мере определяются уровнем экологической устойчивости микробиоценоза, подвергающегося пестицидному прессингу. Однако, эта, столь существенная, сторона отрицательного действия пестицидов на агроценоз практически не учитывается при их применении.

Отсутствуют методы адекватной оценки влияния химических веществ на почвенную биоту, а также приемы формирования их ассортимента с учетом экологической устойчивости биотического компонента почвенной биосреды. Аналогичные исследования актуальны для агроценозов с низким уровнем биологической активности почв и высоким прессингом пестицидов, что характерно для садовых насаждений персика в субтропической зоне Черноморского побережья.

Целью настоящих исследований является разработка методов снижения негативных последствий применения пестицидов и конструирования систем защиты персика, соответствующих адаптивным возможностям агроценоза.

Объекты и методы исследований. Проводимые исследования посвящены разработке методов сохранения почвенных биотических ресурсов, обеспечивающих стабилизацию агроэкосистем при пестицидных нагрузках. В качестве критериев оценки экотоксического действия пестицидов использовали показатели общей биологической активности почвы. Определяли актуальную (базальную) дыхательную активность почвы, которая, являясь основным звеном внутриклеточных метаболических процессов, свидетельствует об уровне жизнедеятельности почвенной микрофлоры. При определении потенциальной биологической активности микробоценоза в почву вносили 5 % раствор глюкозы как основного субстрата митохондриального дыхания [5]. Такой подход позволяет определить общетоксическое влияние пестицидов на интенсивность внутриклеточных биоэнергетических процессов, протекающих в почвенной микрофлоре. Указанные показатели определяли газометрическим методом [6]. Устойчивость биотического компонента почвы к действию экотоксикантов оценивали по величине коэффициента микробного дыхания (КМД), который рассчитывали по формуле:

$$\text{КМД} = \frac{\text{потенциальная дыхательная активность (мг CO}_2\text{/кг почвы/сутки)}}{\text{актуальная дыхательная активность (мг CO}_2\text{/кг почвы/сутки)}}$$

Все полученные данные представлены на рисунках, в % относительно контрольных значений. Контроль – почва участка персикового сада без обработки пестицидами.

Биоиндикацию пестицидов проводили в условиях модельного эксперимента, который обеспечивает оптимальные условия не только для определения зависимости «пестицид – почвенная биосреда», но и активную жизнедеятельность микрофлоры. Образцы бурой лесной слабонасыщенной почвы персикового сада (горизонт 0-20 см) обрабатывали пестицидами (золон, нурелл-Д, делан, байлетон, фастак, децис, каратэ, скор, хорус, фундазол, медный купорос) в дозе, соответствующей 5 ПДК. Данный уровень воздействия является оптимальным для установления характера и степени влияния экотоксикантов. Комплекс показателей общей биологической активности почвы определяли в динамике. Результаты модельного эксперимента апробированы в натуральных условиях и послужили основанием для формирования экологизированных систем защиты персика. Полученные экспериментальные данные обрабатывались по методу Стьюдента [7].

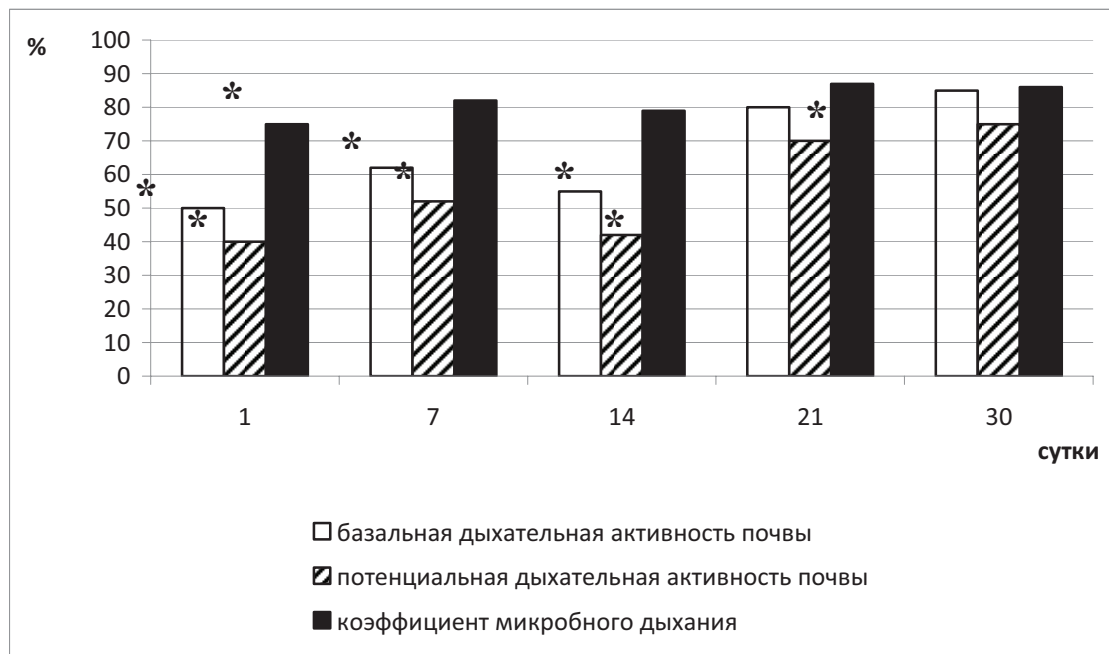
Обсуждение результатов. Изучение закономерностей влияния пестицидов на функциональное состояние почвенной биосреды позволило классифицировать их по степени экотоксического действия, а также определить оптимальные условия применения. Крайне отрицательное воздействие на биологический компонент почвы оказывали золон и нурелл-Д (рис.1). Оно выражалось в продолжительном угнетении всех изучаемых показателей, что указывает на существенное снижение жизнедеятельности микробоценоза и нарушение процессов почвенного самовосстановления.

К среднетоксичным препаратам относятся делан и байлетон. Они оказывают интенсивное угнетающее действие (в течение одной недели) на актуальную и потенциальную биологическую активность почвы (рис. 2).

В этот же период снижается устойчивость микробоценоза к действию экотоксикантов, определяемая по величине КМД. Однако, в отличие от высокотоксичных золона и нурелла, эти пестициды не нарушают природных процессов почвенного самовосстановления. В отличие от вышепредставленных пестицидов, при применении пиретроидов (децис, фастак, каратэ) ответная реакция почвенного микробоценоза носит выраженный адаптивный характер (рис. 3). Выявленные изменения кратковременны, а восстановительные процессы отличаются значительной интенсивностью. Положительным фактом является сохранение КМД в пределах контрольных значений, что указывает на высокую устойчивость биотического компонента почвы к воздействию этих пестицидов.

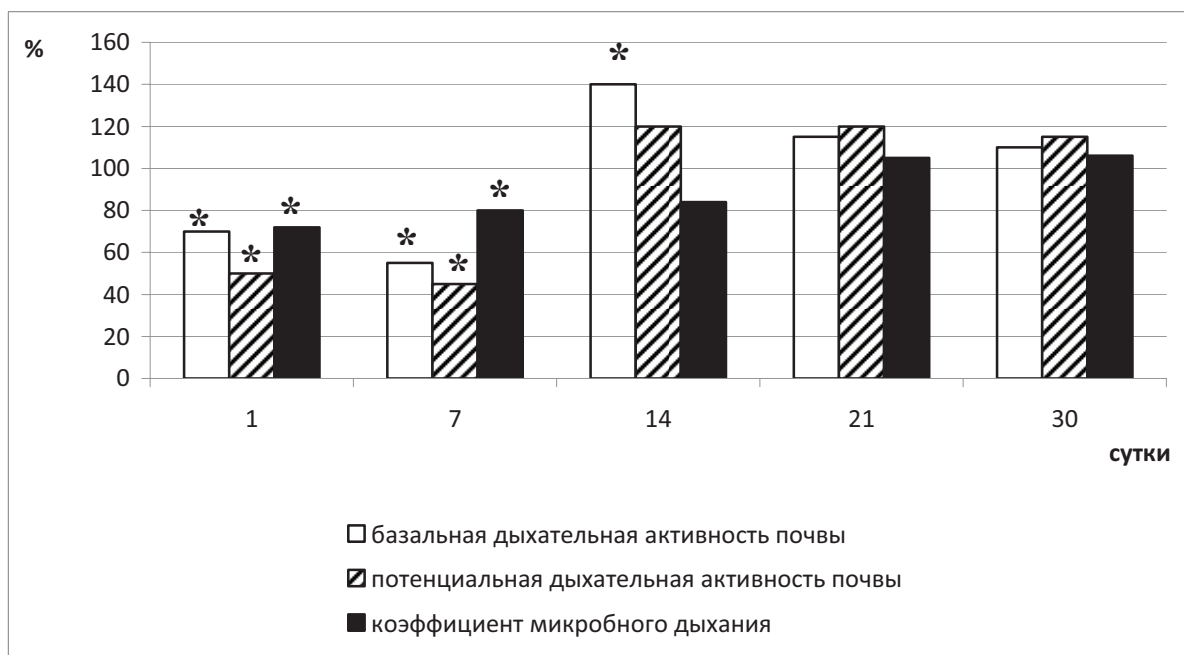
Комплекс полученных данных свидетельствует о том, что фастак, децис и каратэ малотоксичны для почвенной микрофлоры.

Скор, хорус, фундазол, медный купорос, топсин-М и актеллик не приводили к негативным изменениям функционального состояния почвенной биоты (рис. 4). Динамика изменений КМД свидетельствует об устойчивости микрофлоры к действию этих препаратов.



* – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 1. Динамика общей биологической активности почвы, обработанной золоном (5 ПДК)

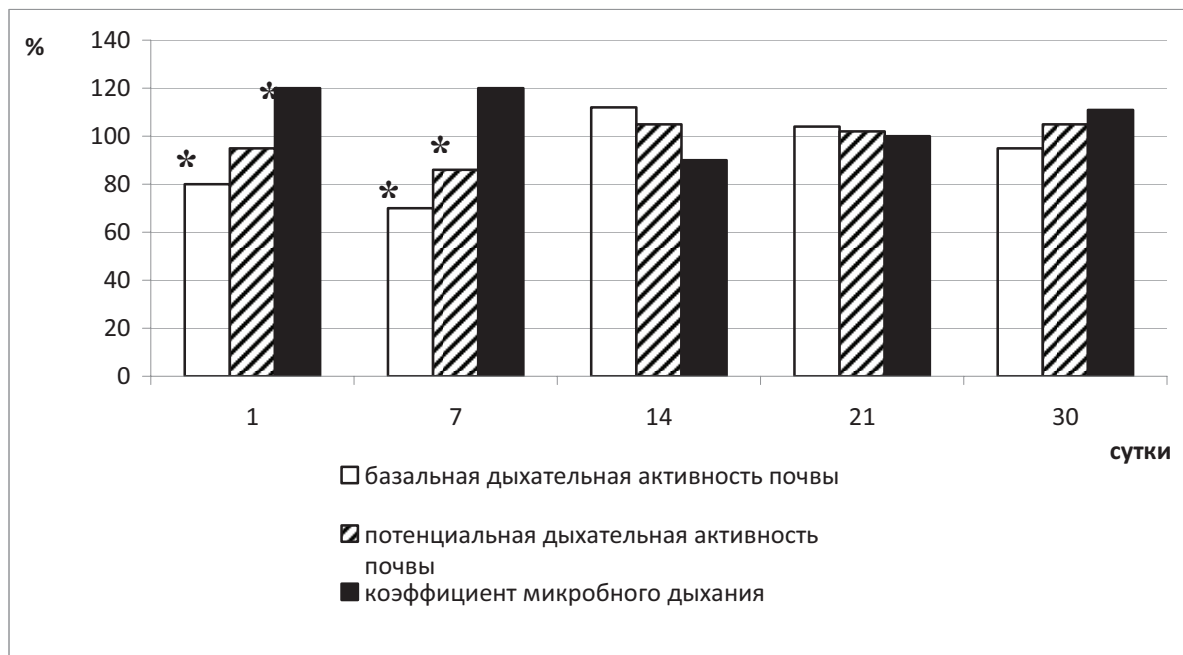


* – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 2. Динамика общей биологической активности почвы, обработанной деланом (5 ПДК)

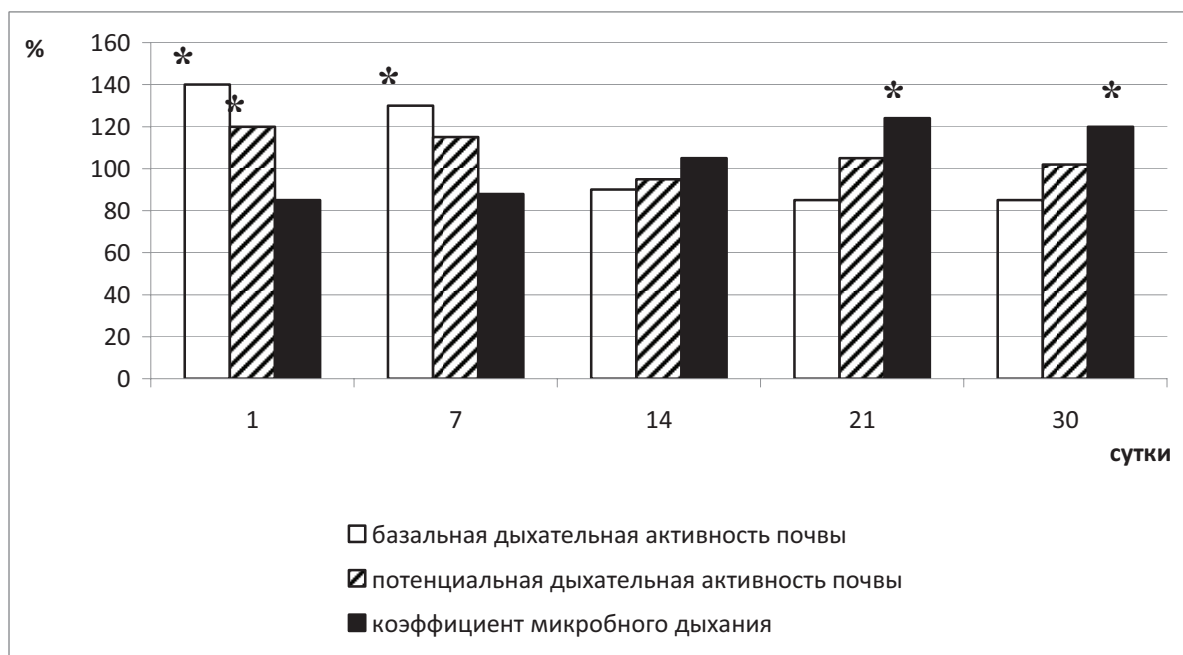
Указанные пестициды являются не токсичными для микробиоценоза в условиях модельного эксперимента, обеспечивающего его активную жизнедеятельность.

Установленные закономерности воздействия пестицидов на почвенный биоценоз приняты за основу формирования экологически обоснованных систем защиты персика. Были исключены из ассортимента применяемых препаратов золон и нурелл-Д, оказывающие выраженное экотоксическое действие.



* – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 3. Динамика общей биологической активности почвы, обработанной каратэ (5 ПДК)



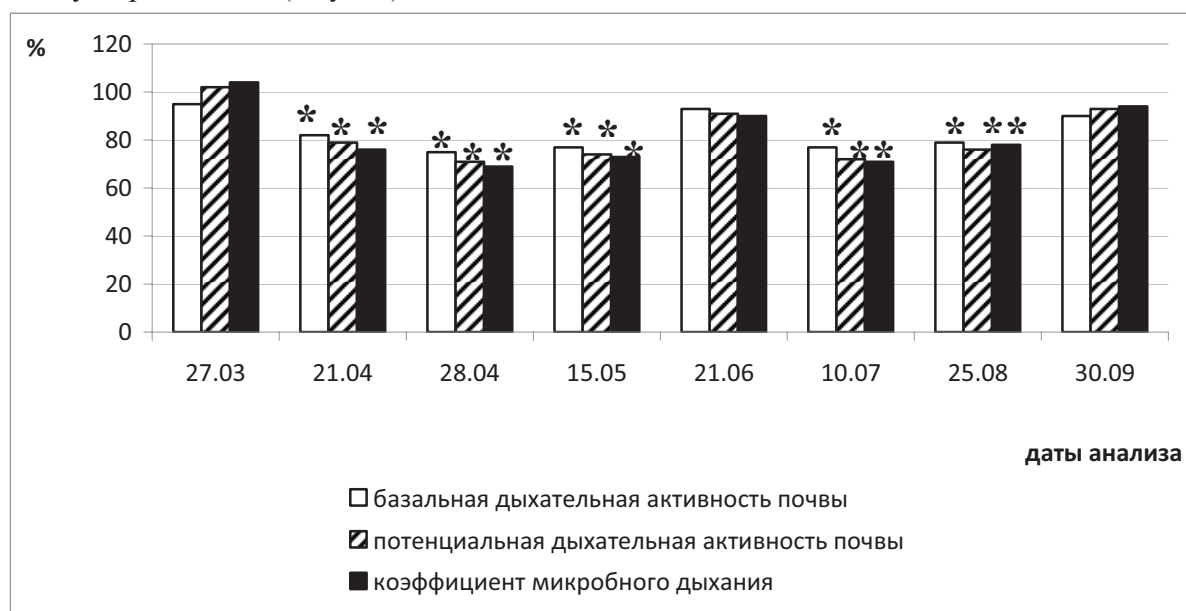
* – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 4. Динамика общей биологической активности почвы, обработанной скором (5 ПДК)

При апробации разных моделей систем защиты установлено, что токсикодинамика комбинированного действия зависит от ассортимента пестицидов, кратности и последовательности обработок. При этом интенсивность экотоксического действия химических средств защиты существенно зависит от метаболической активности биоценоза, которая в значительной мере определяется состоянием гидротермического режима почвы.

В результате многолетней апробации систем защиты установлено отсутствие негативного воздействия на почвенную биоту 3% бордоской смеси, обработка которой в борьбе с курчавостью персика, как правило, проводится в первой половине марта. Из используемого ассортимента фунгицидов основным негативным экофактором является делан.

Несмотря на то, что этот пестицид применяется в весенний период (в апреле), когда в результате благоприятных природных условий повышается интенсивность почвенных метаболических процессов, активизируется жизнедеятельность микробиоценоза, фиксировалось выраженное ингибирующее действие делана (рис. 5). Повторное использование этого препарата ухудшало экологическую ситуацию, что обусловлено не только проявлением экотоксического действия делана, но и незначительным временным промежутком между обработками (7 суток).



Система защиты персика: 3% бордоская смесь 5.03; делан 15.04, 22.04; децис 29.04, 22.06; скор 16.06.

- – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 5. Характер влияния системы защиты персика, включающей двукратное применение делана и дециса, на общую биологическую активность почвенного микробиоценоза

Использование в системе защиты персика дециса в период низкой метаболической активности микробиоценоза вследствие негативного действия делана приводило к значительному росту отрицательных последствий химических воздействий. Угнетение всех изучаемых показателей общей биологической активности почвы, свидетельствующих о снижении ее экологической устойчивости, наблюдалось даже через месяц после прекращения обработок.

В летний период (июнь) применялся фунгицид скор, а также проводилась повторная обработка пиретроидом децис. Эти пестициды использовались во время существенного снижения уровня метаболической активности почвенной микрофлоры вследствие низкой увлажненности почвы (рис. 6).

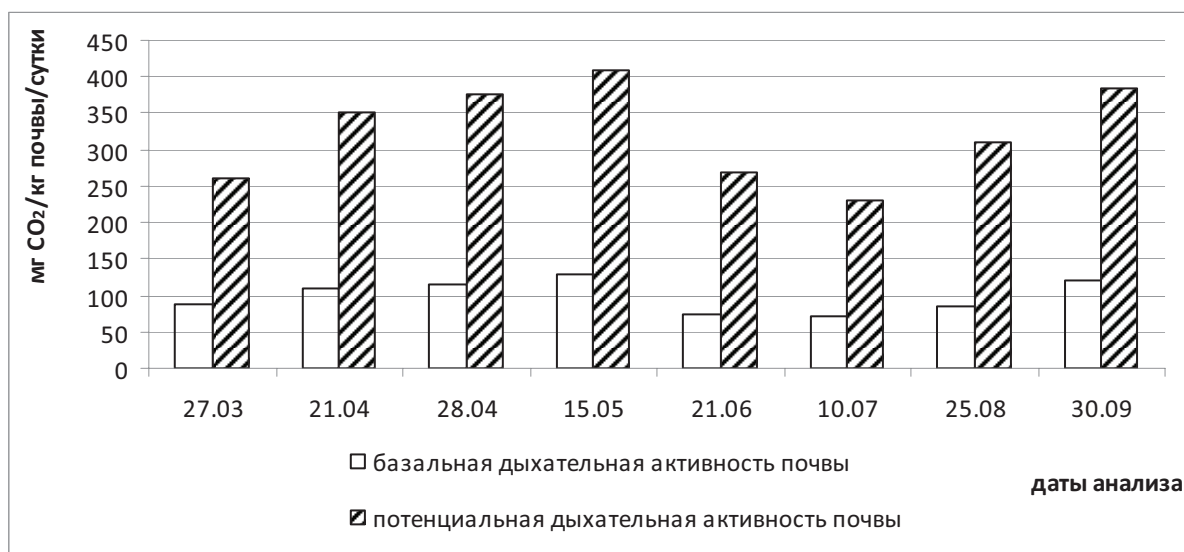


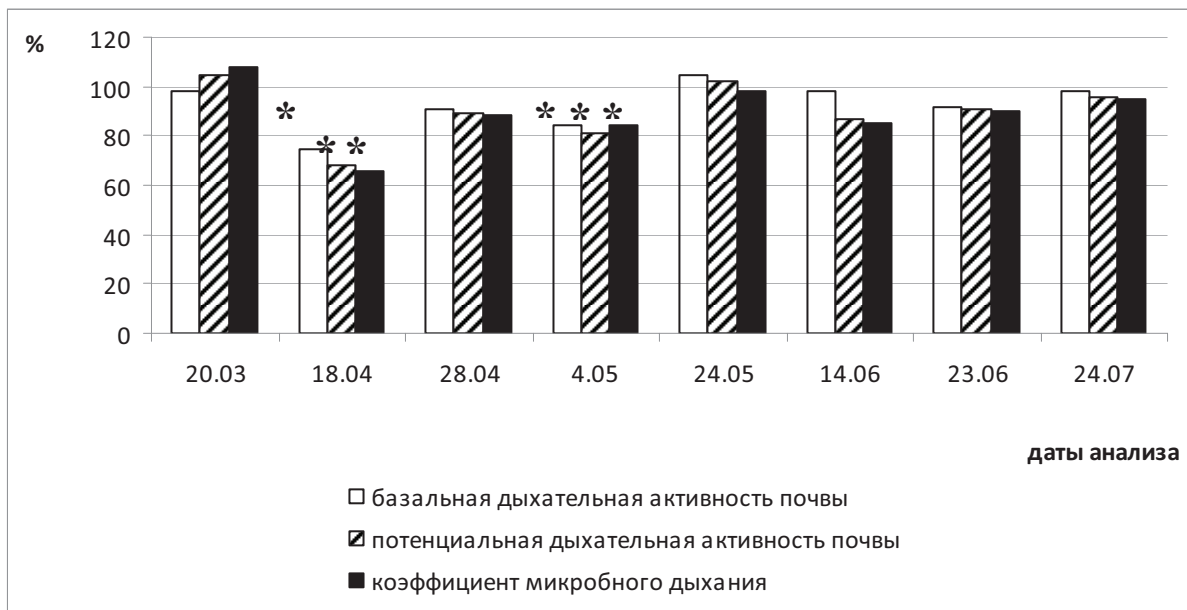
Рис. 6. Динамика общей биологической активности контрольных образцов почвы персикового сада, система защиты которого включала двукратное применение делана и дециса

Скор, применяемый на фоне существенного природного стресс-фактора (засуха) не оказывал негативного действия на состояние почвенного микробиоценоза. Экоотоксическое действие пиретроида децис значительно усилилось по сравнению с результатами модельного опыта, в котором поддерживались благоприятные гидротермические условия. Указанное привело к продолжительному угнетению общей биологической активности почвы (более двух месяцев).

Анализ полученных данных показал, что интенсивная пестицидная нагрузка в апреле, а также обработка персика децисом в период неблагоприятных климатических условий приводит к существенному напряжению защитно-приспособительных реакций почвенного микробиоценоза. В то же время природные способности почвы к самовосстановлению не нарушались, о чем свидетельствует восстановление уровня ее биологической активности при нормализации гидротермического режима осенью.

Улучшение экологической обстановки в экосистеме персика достигнуто за счет существенного снижения пестицидной нагрузки в весенний период (рис. 7).

Делан применялся однократно, вторая обработка этим фунгицидом, усиливающая негативное влияние на функциональное состояние почвенного микробиоценоза, заменена на малоопасный для биосреды препарат скор. Такой подход позволил не только снизить уровень экологической нагрузки на агроценоз, но и увеличить временной промежуток между обработками деланом и децисом. В связи с тем, что децис применялся на фоне высокого уровня метаболической активности микробиоценоза, негативные последствия были незначительны и быстро нормализовались. Положительную экологическую роль сыграло повторное применение дециса при благоприятных почвенных условиях в первой половине июля. Этот период характеризуется значительной интенсивностью метаболических процессов, о чем свидетельствует существенный рост не только актуальной и потенциальной дыхательной активности почвы, но и коэффициента микробного дыхания (рис. 8). Вследствие высокой экологической устойчивости биотического компонента почвы проявление экотоксических свойств дециса было незначительным. Восстановительные процессы отличались выраженной активностью, и уже в июле изучаемые показатели не отличались от контрольных значений.



Система защиты персика: 3% бордоская смесь 6.03; делан 11.04; скор 25.04, 15.06; децис 29.04, 6.06.

• – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 7. Характер влияния системы защиты персика, включающей двукратное применение сора и дециса, на общую биологическую активность почвенного микробоценоза

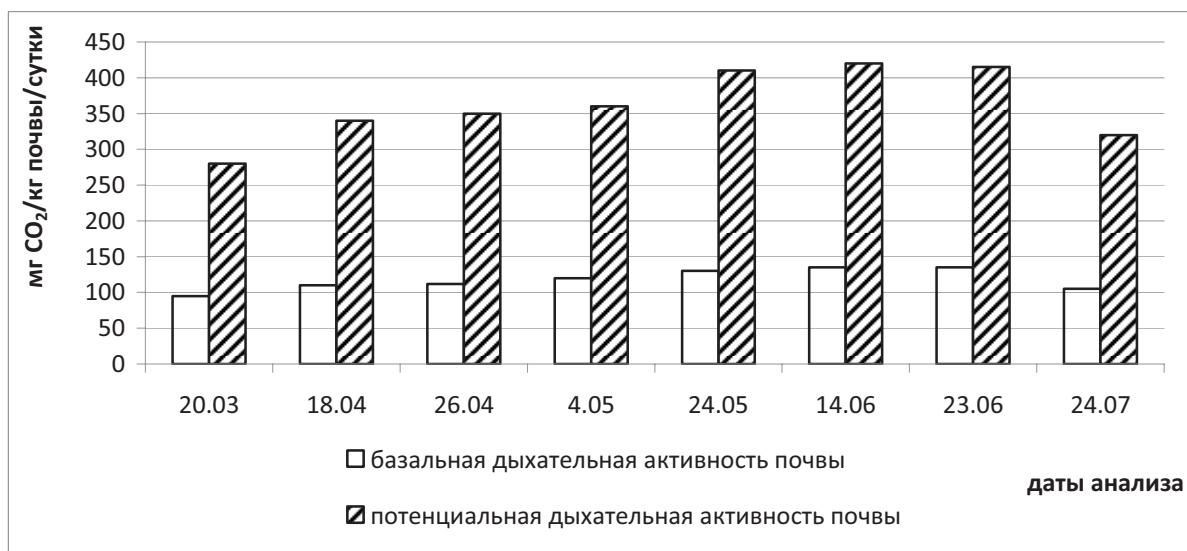
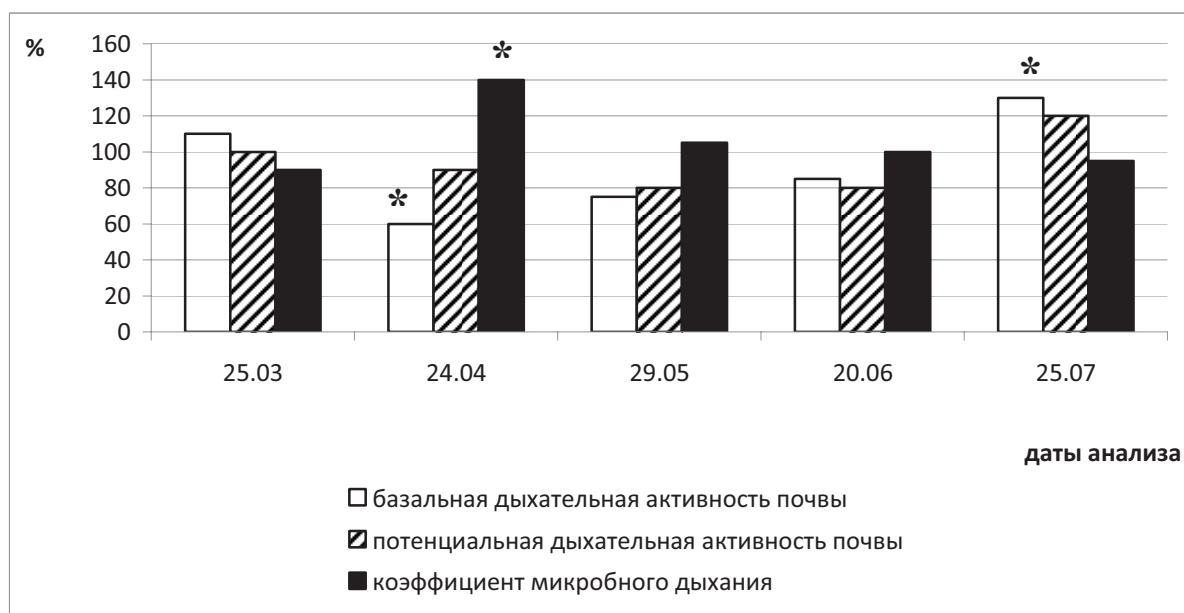


Рис. 8. Динамика общей биологической активности контрольных образцов почвы персикового сада, система защиты которого включала двукратное применение сора и дециса

Наилучший с экологической точки зрения результат получен при применении системы защиты, представленной на (рис. 9). Положительный эффект достигнут за счет ис-

ключения обработок инсектицидами в летний период и использования феромонных ловушек. Однократное применение делана и каратэ приводило к незначительному угнетению показателей общей биологической активности почвенного микробоценоза. Полное восстановление функционального состояния микрофлоры наблюдалось уже в июне. Этому способствовала обработка скором, относящимся к классу нетоксичных веществ. Общая пестицидная нагрузка находилась в пределах адаптивного потенциала агроценоза, об этом свидетельствует стабилизация биоэнергетических процессов.



Система защиты персика: 3% бордоская смесь; делан 31.03; скор 14.04, 14.06; каратэ 21.04.

- – $P < 0,05$ (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 9. Характер влияния системы защиты персика, включающей двукратное применение сора, на общую биологическую активность почвенного микробоценоза

Положительное значение использования в агроценозах персика систем защиты, адаптированных к почвенным условиям, подтверждается данными трехлетнего производственного эксперимента. Основным позитивным результатом является сохранение природных механизмов почвенного самовосстановления. Уровень биологической активности почвы в ранний весенний период до проведения обработок экотоксикантами приближался к естественному ценозу (рис. 10). Следует отметить, что улучшение экологической ситуации достигнуто в агроэкосистеме сада, которая до 2008 года испытывала интенсивные пестицидные нагрузки, угнетающие метаболическую активность почвенного ценоза и процессы его самовосстановления.

Однако, вышепредставленные экологизированные системы защиты персика не являются полностью безопасными для почвенной биосреды, так как при их использовании наблюдается снижение ее естественной устойчивости к природным стресс-факторам в засушливый период года.

В реальных условиях применения химических средств защиты, отличающихся низким уровнем биогенности агроценозов, актуальным является мобилизация естественных механизмов адаптации. Вследствие этого в экологизированные системы защиты, помимо пестицидов, целесообразно включать препараты, повышающие устойчивость агроценозов к действию абиотических и биотических стресс-факторов. По результатам наших иссле-

дований, обработки насаждений персика биологически активными препаратами (агропоном и альбитом) позволяют снизить нормы расхода делана и угнетающее действие экотоксикантов на почвенную биоту (рис. 11). Важно отметить существенную роль альбита в сокращении восстановительного периода.

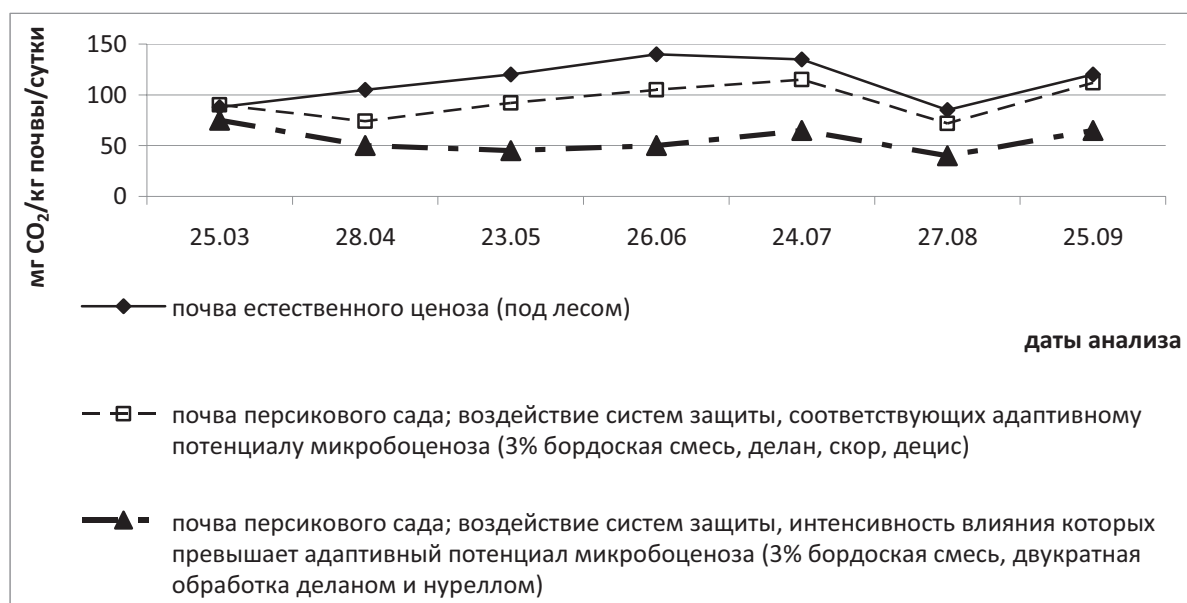
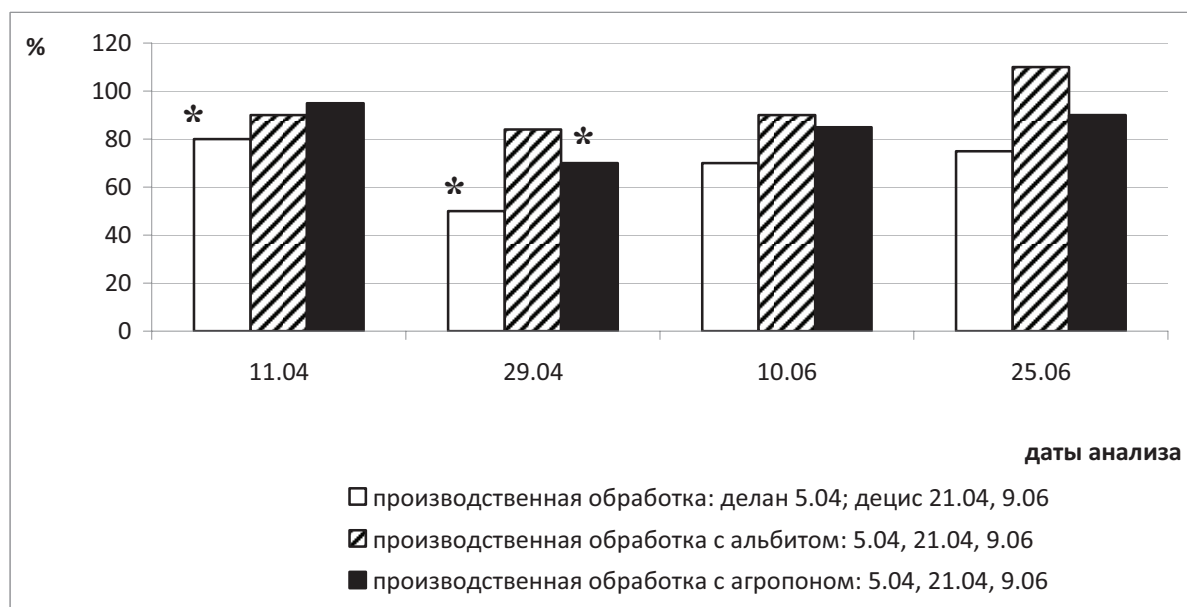


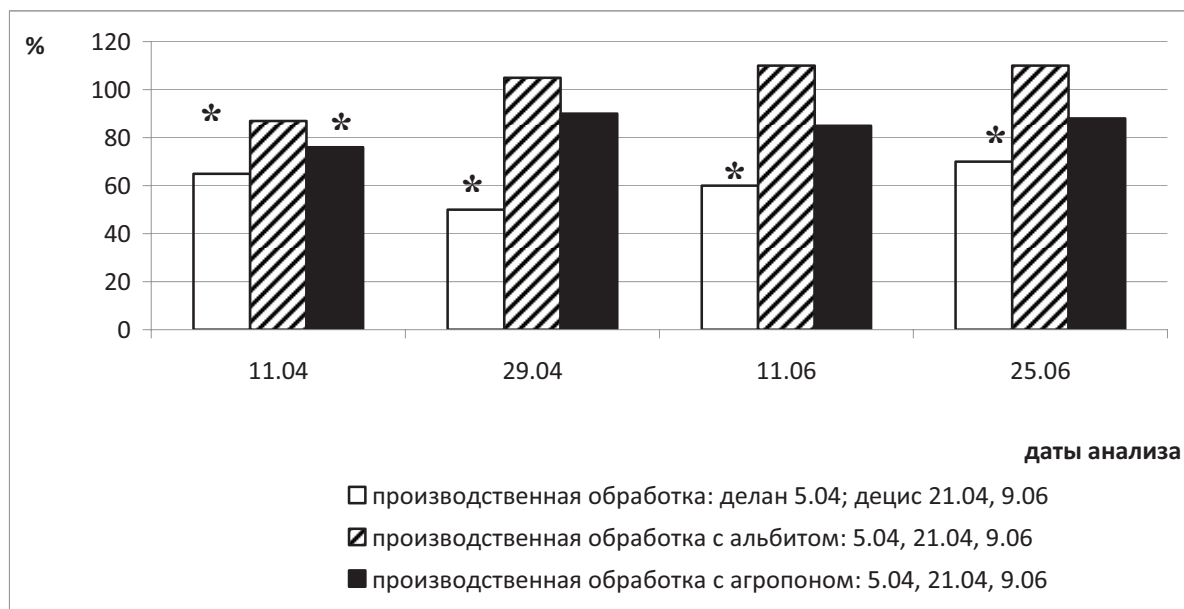
Рис. 10. Динамика базальной дыхательной активности бурой лесной слабонасыщенной почвы естественного ценоза и персикового сада



* – P < 0,05 (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 11. Характер влияния систем защиты персика, включающих применение адаптогенов, на базальную дыхательную активность почвы

Основной механизм адаптогенного действия биопрепаратов заключается в активации субстрат-индуцируемого дыхания, являющегося ключевым звеном биоэнергетических процессов, лежащих в основе формирования адаптивных реакций микробоценоза (рис. 12). Результаты проведенных исследований свидетельствуют от том, что альбит и агропон являются выраженными адаптогенами, повышающими устойчивость почвенного микробоценоза к стресс-факторам химической природы.



* – $P < 0,05$ (уровень достоверности относительно контроля)

Рис. 12. Характер влияния систем защиты персика, включающих применение адаптогенов, на потенциальную дыхательную активность почвы

Выводы. По результатам биотестирования пестицидов (доза 5 ПДК) в модельных условиях установлено, что выраженное экотоксическое действие на почвенный микробоценоз оказывают нурелл-Д и золон; среднетоксичными являются делан и байлетон; малотоксичными – децис, каратэ, фастак; не оказывают токсического действия скор, хорус, фундазол, медный купорос, топсин-М.

По многолетним данным натурного эксперимента доказано сохранение природной способности почвы к самовосстановлению. Обязательным условием формирования экологизированных систем защиты персика является адекватность пестицидных нагрузок уровню адаптивного потенциала микробоценоза.

Интенсивность экотоксического действия пестицидов на почвенную микрофлору в существенной степени зависит от их ассортимента, последовательности применения и времени между обработками. Длительное угнетение общей биологической активности почвы вызывает двукратное применение делана с семидневным промежутком. Использование на этом фоне дециса ухудшало экологическую ситуацию. Замена в системе защиты персика второй обработки деланом на неопасный для почвенной биоты фунгицид скор существенно снижала негативные последствия пестицидной нагрузки.

Значительную роль в проявлении экотоксического действия пестицидов играет уровень биологической активности микробоценоза. Интенсивность их негативного действия возрастает при применении в период снижения метаболических процессов в результате засухи.

Включение в систему защиты персика адаптогенов (альбита и агропона) повышает устойчивость микробиоценоза к экотоксическому действию пестицидов. Максимальный положительный эффект оказывал альбит.

Литература

1. Жученко, А.А. Адаптивная стратегия устойчивости развития сельского хозяйства России в XXI столетии. Теория и практика. В двух томах /А.А. Жученко. – М.: Агрорус, 2009-2011. – 1440 с.
2. Соколов, М.С. Экологизация защиты растений / М.С. Соколов, О.А. Монастырский, Э.А. Пикушова. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994. – 462 с.
3. Подгорная, М.Е. Значение биоиндикации пестицидов для формирования экологически безопасных систем защиты персика / М.Е. Подгорная, Э.Б. Янушевская // Защита и карантин растений. – 2009. – № 11 – С. 27–30.
4. Янушевская, Э.Б. Основные этапы развития экотоксикологических исследований в садовых агроценозах Черноморского побережья России / Э.Б. Янушевская, Н.Н. Карпун // Научные труды «Субтропическое и декоративное садоводство». – Сочи, 2012. – С. 194–200.
5. Демкина, Т.С. Влияние длительного применения удобрений на дыхательную активность и устойчивость микробных сообществ почвы / Т.С. Демкина, Н.Д. Ананьева // Почвоведение. – 1998. – № 11. – С. 1382–1389.
6. Янушевская, Э.Б. Методические указания по определению биологической активности почв при пестицидных нагрузках / Э.Б. Янушевская, В.А. Фогель, В.Н. Аверьянов. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2005. – 42 с.
7. Венчиков, А.И. Основные приемы статистической обработки результатов наблюдений в области физиологии / А.И. Венчиков, В.А. Венчиков. – М.: Медицина, 1974. – 152 с.