

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ ГРУППЫ ТРИАЗОЛОВ НА АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ, БИОХИМИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЯБЛОНИ И СЛИВЫ

Подгорная М.Е., канд. биол. наук, Якуба Г.В., канд. биол. наук,
Мищенко И.Г., Диденко Н.А., Якуба Ю.Ф., д-р хим. наук

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

Реферат. В условиях климатических изменений получены новые знания о биоэкологических особенностях парши яблони *Venturia inaequalis* (Ске.) и клястероспориоза сливы *Clasterosporium carpophilum* Aderh. при применении фунгицидов группы триазолов. Показано их влияние на агробиологические, биохимические и токсикологические показатели растений. Выявлены закономерности трансформации дифеноконазола в почве, плодах яблони и сливы.

Ключевые слова: биоэкологические особенности, парша яблони, клястероспориоз сливы, трансформация, ксенобиотики, многолетние агроценозы, агробиологические и биохимические показатели.

Summary. Under the conditions of climatic changes, new knowledge has been gained on the bioecological features of the scab of the apple tree *Venturia inaequalis* (Ске.) and clasterosporosis of the plum *Clasterosporium carpophilum* Aderh. when using fungicides of the triazole group. Their influence on agrobiological, biochemical and toxicological indicators of plants is shown. The patterns of transformation of diphenconazole in the soil, the fruits of apple and plum have been revealed.

Key words: bioecological features, apple scab, clasterosporosis of the plum, transformation, xenobiotics, perennial agrocenoses, agrobiological and biochemical parameters

Введение. В настоящее время в системах защиты многолетних культур применяются системные фунгициды, основу которых составляет действующее вещество дифеноконазол. Он входит как самостоятельно в фунгициды, так и в готовые формуляции, включающие дифеноконазол. Изучение влияния ксенобиотиков как основного антропогенного воздействия на распределение организмов того или иного вида в пространстве и времени является актуальным, особенно в связи с изменениями климата и сортимента фунгицидов, поскольку позволяет предотвратить или сдержать фитосанитарную дестабилизацию в плодовых агроценозах.

Биоценотическое регулирование функционированием агроэкосистем предполагает разработку мероприятий, направленных на сдерживание и предотвращение возникновения стрессовых реакций агроэкосистем на антропогенное воздействие и недопущение отрицательных экологических последствий от применения средств защиты.

Объекты и методы исследований. Исследования выполнялись на базе лабораторий защиты и токсикологического мониторинга многолетних агроценозов, биотехнологического контроля фитопатогенов и фитофагов; центра коллективного пользования (ЦКП); постановкой длительных стационарных опытов в специализированных садоводческих хо-

зайствах в различных агроэкологических зонах региона с использованием общепринятых и оригинальных методик. Объектами исследований являлись: микопатогенные растения яблони, сливы, земляники садовой, фунгициды.

Исследование влияния фунгицидов группы триазолов на рост, развитие, биохимические показатели и динамику остаточных количеств фунгицидов в почве и плодах яблони и сливы проведены в мелкоделяночных полевых опытах в течение 2017-2019 гг. При проведении опытов использованы общепринятые методики [1-5]. В экспериментах участвовали новые фунгициды: на яблоне и сливе на основе дифеноконазола – Фарди, КЭ (250 г/л).

Триазолы относятся к системным соединениям, ингибируют С-14-деметилазу в синтезе стероидов в грибах, повышают активность НАДН-зависимых цианидчувствительных оксидаз, снижают активность пероксидаз и каталаз, в результате чего накапливаются токсические концентрации перекиси водорода, разрушающие субклеточные структуры.

Основной стерин у многих видов грибов – эргостерин. Эргостерин необходим для образования и функционирования биомембран, клеточного деления, роста и размножения, поэтому ингибирование его синтеза приводит к гибели гриба. Триазолы проявляют системные свойства и способны к быстрому передвижению по ксилеме к верхним листьям, однако они почти не перераспределяются в пределах растения и не поступают в молодые листья, образующиеся после обработки. Эффективность триазолов может зависеть от температурного режима [6].

На яблоне опыты проведены на стационарном участке: ЗАО ОПХ «Центральное», кв. 14 Б. Сорт – Чемпион, подвой М 9, схема посадки 4,5x1,2 м², высота деревьев 2,0-2,5 м. Повторность трехкратная. Определена биологическая эффективность изучаемых фунгицидов в контроле парши *Venturia inaequalis* (Ске.) Wint. Расход рабочей жидкости – 1000 л/га.

На сливе опыты заложены в вегетационном стационаре СКФНЦСВВ. Сорт – Кабардинская ранняя, 2001 г. посадки, Схема посадки 3 x 2 м, высота деревьев 2,5-3,0 м. Расход рабочей жидкости – 1000 л/га. Повторность – трехкратная. Определена биологическая эффективность изучаемых фунгицидов против возбудителей клястероспориоза *Clasterosporium carpophilum* Aderh., монилиоза *Monilia cinerea* Bonord и *Monilia fructigena* Honey., мучнистой росы *Podosphaera tridactyla* de Bary.

После применения химических средств защиты определялась их биологическая эффективность, измерялась площадь листовой пластинки, прирост побегов на яблоне и сливе. В период съема урожая отобраны образцы плодов для определения биохимического состава и содержания остаточных количеств фунгицидов. Основные аналитические работы по биохимическому анализу плодов яблони выполнены в ЦКП СКФНЦСВВ на системе капиллярного электрофореза серии «Капель» и общепринятыми методами (титрование, рефрактометрия и т.д.) [7].

Остаточные количества фунгицидов группы триазолов (д.в. дифеноконазол) определяли по общепринятой методике [8, 9]. Метод основан на извлечении дифеноконазола из анализируемой пробы смесью ацетон: вода (1:1) с последующей экстракцией гексаном. Очистку пробы осуществляли с помощью окиси алюминия и силикагеля (1:1), фунгицид определяли на газожидкостном хроматографе Цвет 500 М с использованием детектора электронного захвата. Время удерживания дифеноконазола – 4. 38 мин.

Обсуждение результатов. Получены новые экспериментальные данные о влиянии фактора химического контроля на формирование функциональной структуры микопатогенных комплексов наземной части яблони и сливы. Установлено, что на эффективность препаратов группы триазолов оказывает влияние температурный фактор [10].

В 2019 году подтверждены результаты 2017-2018 гг.: подавление конидиальной стадии возбудителя парши яблони фунгицидами триазольного ряда не снижается при повышенном температурном режиме, период их защитного действия составляет 6 суток; в условиях сухой погоды при повышенной температуре интервал между обработками триазолами может составлять до 10 суток (рис. 1).

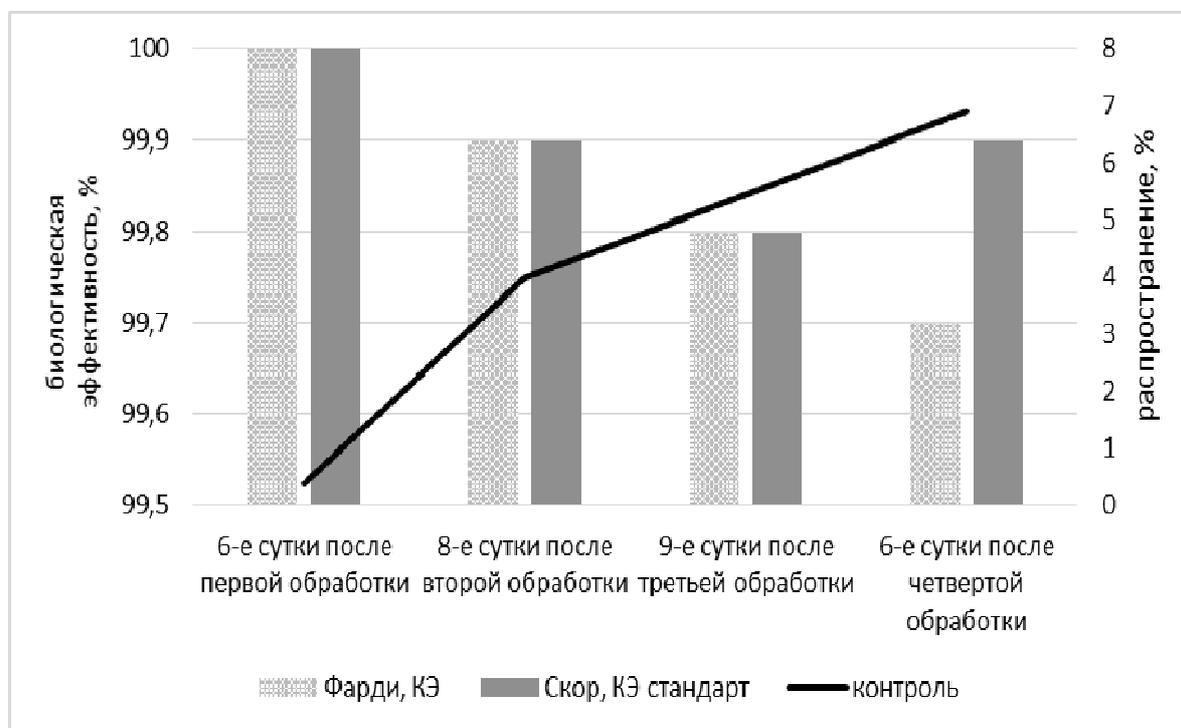


Рис. 1. Биологическая эффективность фунгицидов группы триазолов против парши на листьях яблони сорта Чемпион

На опытном сорте в течение трех лет испытаний отмечалось раннее проявление (в третьей декаде мая) филлостиктоза и альтернариозной пятнистости листьев. Развитие последней, возможно, является проявлением ослабленного состояния деревьев яблони под воздействием погодных стрессов и, как следствие, заражение их факультативным паразитом. В 2019г. перед началом испытаний эти пятнистости не развивались; они были выявлены уже после проведения четвертой обработки триазолами.

Определена биологическая эффективность химической группы триазолов против филлостиктозной и альтернариозной пятнистостей листьев яблони. Подтверждено, что, как и в 2017-2018 гг., эффективность Скора, КЭ и Фарди, КЭ против *Phyllosticta spp.* недостаточная, даже на 6-е сутки после обработки, а затем и на 12-е сутки в условиях нарастания инфекционного фона в контроле. В течение 6-ти суток триазолы обеспечивали полный контроль альтернариозной пятнистости, на 12-е сутки сохраняли высокую биологическую эффективность (табл. 1).

Известно, что ингибиторы биосинтеза стероидов в грибах, к которым относятся триазолы, часто влияют на рост растений [6]. В сравнении с контрольным вариантом, в варианте применения фунгицида Скор, КЭ прирост уменьшился на 13,8 %; при применении фунгицида Фарди, КЭ – на 5,9 % (табл. 2). Соответственно, между собой варианты применения триазолов различались существенно, что может быть связано с влиянием веществ-наполнителей каждого из препаратов.

Таблица 1 – Биологическая эффективность применения в системе защиты яблони сорта Чемпион химической группы триазолов против филлостиктозной и альтернариозной пятнистостей листьев, ЗАО ОПХ «Центральное», кв. 14 Б, 2019 г.

Даты учетов	Филлостиктоз <i>Phyllosticta spp.</i>			Альтернариоз <i>Alternaria spp.</i>		
	Скор стандарт	Фарди	Контроль	Скор стандарт	Фарди	Контроль
24.05 Р, %	0,63	0,75	3,50	0,0	0,0	2,50
R, %	0,18	0,15	1,90	0,0	0,0	1,43
БЭ, %	90,5	92,1	-	100	100	-
30.05 Р, %	0,55	0,75	4,75	0,13	0,13	4,00
R, %	0,24	0,35	2,65	0,03	0,05	1,50
БЭ, %	90,9	86,8	-	98,0	96,7	-

Таблица 2 – Агробиологические показатели яблони сорта Чемпион после применения фунгицидов группы триазолов, вегетационный стационар ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2019 г.

Контроль	Скор, КЭ, стандарт	Фарди, КЭ
Длина однолетнего прироста, см		
40,84±0,35	35,19±0,36	38,45±0,36
Площадь листовой поверхности, см ²		
30,97±0,28	39,42±0,36	36,14±0,36

Определение площади листа в вариантах с обработками триазолами также показало, как и в 2018 г., различия в ее размерах в сравнении с контролем, тогда как в 2017 г. различий не было выявлено. В варианте применения фунгицида Скор, КЭ площадь листа была на 27,3 % больше, чем в контроле, при применении фунгицида Фарди, КЭ – на 16,7 %. Частично уменьшение площади листа в контроле связано с поражением паршой. Между собой варианты применения триазолов различались несущественно.

В среднем за три года исследований показатели длины однолетнего прироста различались по вариантам применения триазолов и контролем несущественно, по площади листовой пластинки в среднем за три года также нет существенных различий между исследуемыми вариантами.

Результаты определения общих показателей биохимического состава плодов показали, что обработки препаратами группы триазолов замедлили, как и в 2017-2018 гг., созревание плодов, о чем свидетельствует содержание яблочной кислоты, её уровень выше, чем в контроле, в 2 раза в варианте применения Скор, КЭ и в 1,8 раза – в варианте применения Фарди, КЭ.

В 2019 году в сливовых агоченозах также подтверждены данные 2017-2018 гг., о том, что обработки фунгицидами триазольной группы, проведенные 22 апреля и 7 мая, не снижают их эффективность в условиях повышенного температурного режима (рис. 2). Полученные результаты имеют важное прикладное значение, так как дифеноконазолы составляют основу систем защиты сливы и, следовательно, могут обеспечивать во второй половине вегетации контроль заболевания на высоком уровне.

Установлено, что применение дифеноконазолов привело к существенному увеличению длины приростов растений. Площадь листовой пластинки в варианте применения Скор, КЭ соответствовала площади листа в контроле. Однако при применении фунгицида Фарди, КЭ площадь листа была больше, чем в стандартном варианте, на 14 % (табл. 3).

Таким образом, между собой варианты применения триазолов различались существенно, что, как и на яблоне, может быть связано с влиянием веществ-наполнителей каждого из препаратов.

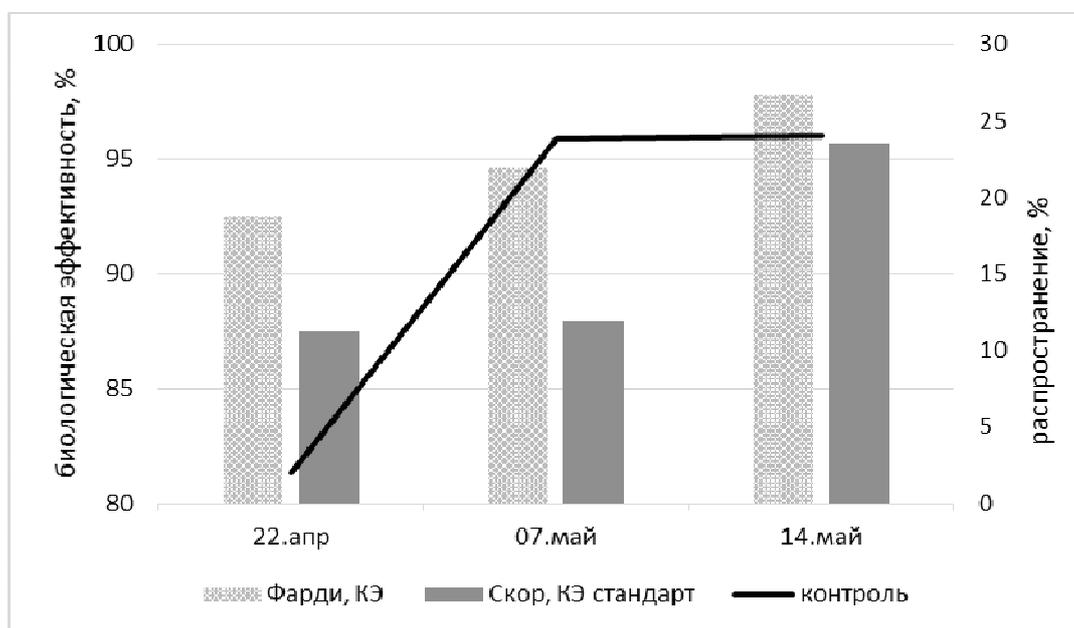


Рис. 2. Биологическая эффективность фунгицидов группы триазолов против клястероспориоза на листьях сливы сорта Кабардинская ранняя

Таблица 3 – Агробиологические показатели сливы сорта Кабардинская ранняя после применения фунгицидов группы триазолов, вегетационный стационар ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2019 г.

Контроль	Скор, КЭ, стандарт	Фарди, КЭ
Длина однолетнего прироста, см		
76,72±2,3	82,96±2,3	97,83±2,6
Площадь листовой поверхности, см ²		
27,72±1,3	27,29±1,2	31,11±1,3

В отчетном году были продолжены исследования динамики остаточных количеств дифеноконазола в почве и плодах яблони, сливы. Для этих целей были отобраны пробы почвы и плодов на 0 сутки (через 3 часа после последней обработки), 7, 14, 21 сутки.

Изучение динамики остаточных количеств дифеноконазола в лаборатории защиты СКФНЦСВВ ведется с 1992 года [11], в 2018 году данные по центральной зоне садоводства края собраны, проанализированы и оформлены в «Базу данных остаточных количеств фунгицида Скор, КЭ (250 г/л дифеноконазола) в почве, открытых водоемах и плодах яблони центральной зоны садоводства Краснодарского края», на которую получено Свидетельство о регистрации базы данных № 2018621448, Заявка №2018621108 от 3.08.2018; дата гос. регистрации в Реестре баз данных 5.09.2018.

В результате исследований установлено, что по окончании «Срока ожидания» содержание дифеноконазола находится на уровне МДУ в плодах сливы, в плодах яблони концентрация ксенобиотика в 5 раз ниже МДУ (рис. 3).

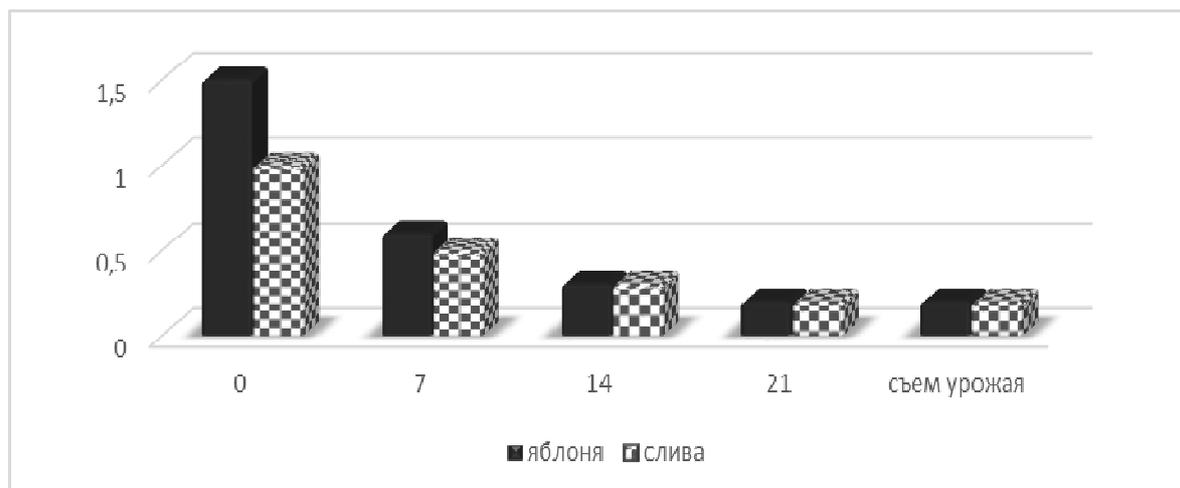


Рис. 3. Динамика разложения дифеноконазола в плодах яблони и сливы, мг/кг, 2019 г.

Согласно «Гигиеническим нормативам содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень)» ГН 1.2.3539-18 от 10 мая 2018г. содержание дифеноконазола в плодовой продукции варьирует от 0,2 до 1,0 мг/кг (табл. 4).

Таблица 4 – Гигиенические нормативы дифеноконазола в почве, воде и плодах яблони, мг/кг

Культура	Срок ожидания	Почва	Плоды
Яблоня	20	0,1	1,0
Слива	21	0,1	0,2

В вегетацию 2019 года установлено, что в почве яблоневых и сливовых агроценозов, после двукратной обработки, содержание дифеноконазола во все сроки отбора, превышало ПДК (рис. 4). Таким образом, применение фунгицидов группы триазолов приводит к накоплению ксенобиотика в почве садовых агроценозов.

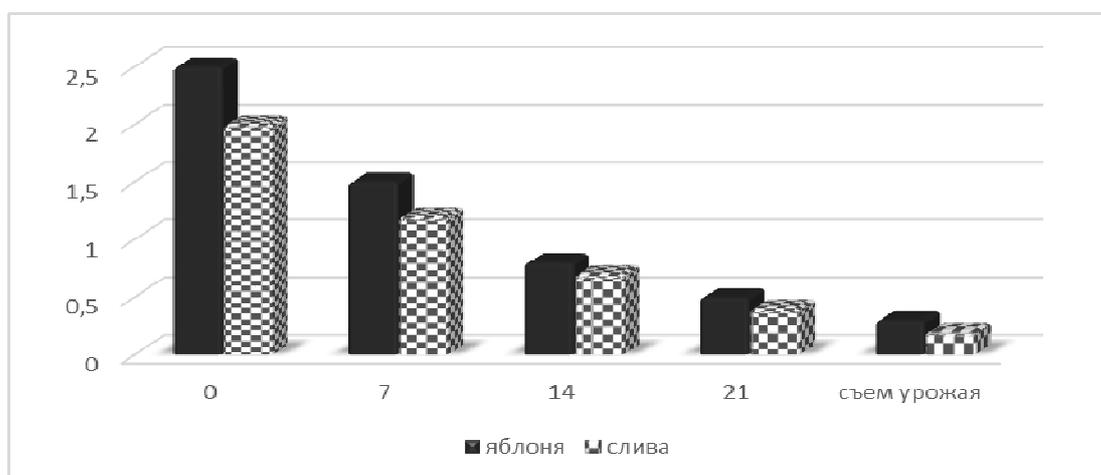


Рис. 4. Динамика разложения дифеноконазола в почве садовых агроценозов, мг/кг, 2019 г.

Выводы. Получены новые экспериментальные данные о влиянии фактора химического контроля на формирование функциональной структуры микопатоксидов наземной части деревьев яблони и сливы. Показано, что на эффективность применения препаратов группы триазолов оказывает влияние температурный фактор. При применении дифеноконазола контроль развития возбудителя парши яблони более эффективно обеспечивается при повышенном температурном режиме, для возбудителя клястероспориоза эффективность при повышенном температурном режиме не снижается.

В течение 2017-2019 гг., в условиях климатических изменений, применение в системах защиты яблони и сливы фунгицидов группы триазолов не ухудшило биохимический состав плодов. Не выявлено закономерности о влиянии триазолов на длину однолетнего прироста деревьев яблони и сливы. В 2018 и 2019 гг. установлены различия в площади листа яблони в вариантах с обработками триазолами, в сравнении с контролем, на сливе такие различия выявлены в 2017 и 2018 гг.

Применение фунгицидов группы триазолов приводит к накоплению ксенобиотика в почве садовых агроценозов в количествах, превышающих ПДК. Превышений МДУ в плодах яблони сорта Чемпион и сливы Кабардинская ранняя не отмечено.

Литература

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
2. Методики опытного дела и методические рекомендации СКЗНИИСИВ. Краснодар, 2002. С. 143-176.
3. Методические указания по государственным испытаниям фунгицидов, антибиотиков и протравителей семян с/х культур. М., 1985. 62 с.
4. Методическое руководство по проведению теплично-полевых испытаний протравителей семян, фунгицидов и бактерицидов / Под ред. В.А. Абеленцева. Черкассы, 1990. 130 с.
5. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2009. 266 с.
6. Тютюрев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. СПб.: ИПК «Нива», 2010. 172 с.
7. Якуба Ю.Ф., Кузнецова А.П., Ложникова М.С. Применения капиллярного электрофареза и экстракции в поле СВЧ для анализа растительного сырья // Разделение и концентрирование в аналитической химии и радиохимии: материалы III Всероссийского симпозиума (2-8 октября 2011 г.). Краснодар: Офис-Альянс, 2011. С. 153.
8. Методические указания определению скора в растительном материале, почве, воде; утверждены 29.07.1991 г., № 6147-91.
9. МУ 2051-79 Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов, утверждены 21.08.1979, № 2051-79.
10. Закономерности трансформации основных ксенобиотиков в объектах экосистемы многолетних агроценозов в зависимости от почвенноклиматических особенностей / М.Е. Подгорная и др. // Научные труды СКФНЦСВВ. Том 23. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2019. С. 181-188.
11. Подгорная М. Е. Особенности динамики разложения скора, КЭ (250 г/л) в садовых агроценозах // Формы и методы повышения экономической эффективности регионального садоводства и виноградарства. Организация исследований и их координация: юбилейный тематич. сб. науч. тр. Ч.1. Садоводство. Краснодар, 2001. С. 302-305.