

ном группы экспертов из Бельгии – Патриком Де Клерком. Согласно литературным данным, этот палеарктический вид широко распространен в странах ЕОКЗР, производится для коммерческих целей бельгийской компанией ViobestNV. Этот активный хищник используется для биологической борьбы с трипсами, а также несколькими видами двукрылых вредителей, тлей, клещей в теплицах таких стран, как Бельгия, Франция, Нидерланды, Германия, Польша, Испания, Швейцария и Великобритания. Для Республики Беларусь эта информация представляет интерес, так как сотрудниками РУП «Институт защиты растений» личинки и имаго *Atheta coriaria* были выявлены на посадках огурца в теплицах комбината «ДОР ОРС».

Учитывая, что одной из главных проблем в современном биологическом контроле остаётся отсутствие международной гармонизации работ по применению АББ, Группа экспертов ЕОКЗР/МОББ ставит перед собой задачу способствовать унификации подходов, регламентаций и процедур, связанных с интродукцией и использованием АББ в разных странах. Для решения этой задачи требуется активное сотрудничество как национальных экспертов, так и специалистов таких международных организаций, как МОББ и Международная ассоциация предприятий по биологической борьбе (International Biocontrol Manufacturers Association). Западно-палеарктическая региональная

секция МОББ уже активно участвует в работах ЕОКЗР. Остаётся надеяться, что Восточно-палеарктическая региональная секция МОББ, представители которой обладают ценным опытом в области биометода, также активизирует своё участие.

Литература

1. Ижевский, С.С. Интродукция и применение энтомофагов / С.С. Ижевский // Москва: Агропромиздат. – 1990. – 223 с.
2. Orłinski, A.D. Precautions for and experiences with introduced insects of exotic biological control agent into the former USSR / A.D. Orłinski // Bulletin EPPO. – 1997. – № 27 (1) – P. 61–68.
3. Арнитис, Р. На страже экономической и экологической безопасности / Р. Арнитис, А. Орлинский // Защита и карантин растений. – 2012. – № 4. – С. 3–8.
4. IPPC (2011) ISPM No 3 Guidelines for the export shipment, import and release of biological control agents and other beneficial organisms / IPPC Secretariat, FAO, Rome IT.
5. Зайцев, В.Ф. Биометод и биоразнообразие / В.Ф. Зайцев, С.Я. Резник // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах // Москва: КМК. – 2004. – С. 44–53.
6. The global spread of *Harmonia axyridis*: distribution, dispersal and routes of invasion / P.M. J. Brown [et al.] // Biocontrol. – 2011. – Vol. 56 (4). – P. 623–641.
7. Орлова-Беньковская, М.Я. Инвазия божьей коровки *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) в юго-восточный Казахстан / М.Я. Орлова-Беньковская // Зоологический журнал. – 2015. – № 3. – С. 1–6.
8. Орлинский, А.Д. Биологическая защита растений – залог гармонии? / А.Д. Орлинский // Защита и карантин растений. – 2016. – № 5. – С. 14–17.

УДК 632.954

Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (обзор публикаций за 2011–2013 гг.)

Ю.Я. Спиридонов, С.Г. Жемчужин

Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Россия

(Дата поступления статьи в редакцию 22.06.2015 г.)

В обзор включена текущая отечественная и зарубежная информация о различных направлениях исследовательской и практической гербологии (публикации за 2011–2013 гг.). В связи с ежегодным перманентным возрастанием числа публикаций по различным проблемам научной и прикладной гербологии существует необходимость постоянного и оперативного мониторинга публикуемых в мире сообщений с целью обеспечения их доступности широкому кругу научных работников и практиков.

В научном мире продолжается поиск и изучение соединений с гербицидной активностью как среди традиционных гербицидных структур, так и в новых классах химических веществ. Представляемая работа является естественным продолжением предыдущей публикации авторов [1].

Поиск новых химических и биологических веществ с гербицидной активностью. Новые гербициды

Продолжают публиковаться работы, посвященные традиционным гербицидным структурам. Изучено образование комплексов включения типа «хозяин-гость» между гербицидом 2М-4Х и β-циклодестрином [2]. Образование комплексов включения повышает растворимость 2М-4Х в воде, что расширяет возможности применения гербицида. С целью изучения связи структура-гербицидная активность получено 16 производных 4-фенилпиримидинсульфонилмочевины, сконструированных на основе моносурфурона в качестве прототипа. Соединения обладали гербицидной активностью [3]. Описаны дизайн и синтез новых производных 2-(феноксиацетокси) алкил-5,5-диметил-1,3,2-диоксафосфинан-2-она, содер-

Presented review included current Russian and foreign information about different directions scientific and practical herbology (publications 2011–2013 years). In connection with every year permanent growth of number publications about different problems scientific and applied herbology now exist necessity for permanent and operative monitoring published in world communications with aim to provide their accessibility for wide circle of scientists and practical workers.

жащих фтор. Ряд соединений проявили хорошую гербицидную активность против *Abutilon theophrasti*, *Brassica juncea* и др. сорняков [4]. Реакцией 3-фенакроилхлорида с α-гидроксиал-килфосфонатом получены новые обладающие гербицидной активностью О,О-диметил-(3-фенакроилокси)алкил-фосфонаты [5]. Запатентованы N-замещенные никотиноилмочевины с рострегулирующей активностью [6]. Синтезированы и охарактеризованы гербицидные ионные жидкости на основе 2,4-Д. Полученные соли устойчивы химически и термически и обладают более высокой биологической активностью в сравнении с обычно применяемыми солями 2,4-Д [7]. Для повышения эффективности гербицида 2,4-Д разработаны новые препараты с контролируемым выделением действующего вещества, основанные на образовании химических комплексов 2,4-Д с флуоресцентными производными кумарина. Контролируемое высвобождение 2,4-Д имеет место при облучении УФ- и видимым светом [8].

Проведены исследования по получению микроэмульсионных наноразмерных препаратов на примере изооктилового эфира 2-метокси-3,6-дихлорбензойной кислоты. Установлено, что смесь гербицида с неолоном при приготовлении рабочих растворов образует наноразмерные микроэмульсии, стабильные в течение 2.5 часов [9]. Со-

общены результаты изучения ингибирования *in vitro* активности ацетогидроксисинтазы *Arabidopsis thaliana* известными и вновь синтезированными производными изатина. Оценена гербицидная активность соединений [10]. Синтезированы производные N-нитромочевины, содержащие различные циклоалкильные заместители. Выявлена умеренная гербицидная активность против *Amaranthus altus* и *Sorghum sudanense* [11]. Синтезированы новые производные 2-гетероцикло-1,3,4-оксидиазин-5-онов, ряд из которых угнетали *Digitaria sanguinalis* и *Ambrosia tricolor* на 90 % при концентрации 200 мг/л [12]. Получена новая серия сульфона-нилидов, имеющих пиримидинил-содержащую группу в 2'-положении. Изучена гербицидная активность соединений против сорняков риса [13].

Разработан новый ферментативный способ синтеза 2-амино-2,3-бутирамида, полупродукта получения имидазолиновых гербицидов, при участии нитрилгидратазы клеток *Rhodococcus boritolerans* [14]. Запатентовано и предложено в качестве ингредиента гербицидной композиции новое производное пиридазинона [15]. Описаны методы синтеза и гербицидная активность N-[2-(4,6-диметоксипиримидин-2-илокси)бензильден]-замещенных аминных производных [16]. Синтезированы и оценены на гербицидную активность новые дигидроксипентильные производные хлорфенолов с различными заместителями [17]. Осуществлены дизайн и синтез новых N-(бензотиазол-5-ил)-4,5,6,7-тетрагидро-14-изоиндол-1,3(24)-диона и N-(бензотиазол-5-ил)-изоиндолин-1,3-диона в качестве потенциальных ингибиторов протопорфириногеноксидазы [18]. Осуществлен синтез и изучена гербицидная активность 2-циано-3-бензил-аминоакрилатов, содержащих тиазольный фрагмент. Соединения являются ингибиторами фотосистемы II электронного переноса в растениях [19].

Описан синтез и изучена гербицидная активность диалкилдидегидроабизтил-бис-оксадиазолов алифатических дикарбоновых кислот [20], а также производных 5-арилметоксифенил-пиразола [21]. Выявлена гербицидная активность антрахинонового пигмента из фитопатогенного гриба *Phoma herbarum* [22]. В качестве антидотов гербицида 2,4-Д запатентованы N-замещенные нафтил-2-сульфониламиды [23]. Из морского изолята гриба *Aspergillus fumigatus* выделен новый алкалоид спиротрипростатин с рострегулирующей активностью [24]. Разработан новый метод получения гербицида глифосата без использования триэтиламина. Выход продукта с чистотой 86,3 % составляет 80,1 % [25]. Описан синтез иминодиуксусной кислоты, исходного реагента для получения глифосата, в микроканальном реакторе [26]. Оптимизированы условия каталитического (10 % Pd/C) окисления N-фосфометил-иминодиуксусной кислоты в синтезе глифосата. Выход глифосата составил 94,6 % при чистоте 95,6 % [27].

Применение гербицидов

В монографии «Развитие отечественной гербологии на современном этапе» [28] на основе большого фактического материала, включающего результаты многолетних исследований отдела гербологии ВНИИФ, представлена единая концептуальная система создания новых гербицидов, отвечающих современным требованиям к их эффективности и экологической безопасности при использовании в практическом растениеводстве или для контроля нежелательной растительности на землях несельскохозяйственного пользования на индустриальных объектах. Приведен список 7 патентов на гербицидные композиции, которые разработаны авторами по предлагаемой концептуальной схеме за период 2006–2010 гг. Авторами также разработаны и рекомендованы для практического применения интегрированные системы комплексной защи-

ты посевов зерновых и технических культур от сорняков, болезней и вредителей с помощью оптимизированных схем применения гербицидов, фунгицидов (в том числе протравителей) и инсектицидов с высокой биологической и хозяйственной эффективностью применения.

Приведены данные о действии новых гербицидов для борьбы с однолетними и многолетними двудольными и злаковыми сорняками в посевах подсолнечника и кукурузы на урожайность и качество выращиваемой продукции [29]. Усовершенствована технология возделывания яровой пшеницы в условиях юга средней Сибири с применением гербицидов топик и логран [30]. В Краснодарском крае для борьбы с сорной растительностью в посевах кукурузы использовали гербициды ООО НПО «Росагрохим» [31]. В Индии соляризация почвы с последующим применением глифосата и имазетапира обеспечивали эффективное подавление сыти круглой в посевах сои [32]. Совместное применение органических кислот одновременно с гербицидами разных классов в сверхмалых концентрациях показало повышение фитотоксичности рабочих растворов примерно в 2 раза [33]. В Саратовской обл. выявлено, что в борьбе с падалицей проса наиболее эффективно применение гербицидов фюзилад-супер (4–6 л/га) и зеллек-супер (1 л/га) [34]. Для борьбы со сложным ценозом двудольных видов сорняков в посевах озимых культур, как при осеннем, так и весеннем применении, разработан высокоэффективный комплексный гербицид ДФЗсупер, ВГР, содержащий в своем составе дикамбу и метсульфурон-метил в научно обоснованном синергетическом соотношении [35]. Проведены полевые испытания применения гербицидов раундап, арсенал и анкор-85 в различных сочетаниях и дозах для борьбы и нежелательной травянистой растительностью перед созданием культур сосны и ели на невозделываемых землях. Показана высокая эффективность использования смесей гербицидов [36]. Определен эффект синергизма комбинаций ПАВ различного химического строения на активность препаративных форм гербицидов на основе изооктиловых эфиров 2,4-Д, дикамбы и клопиралаида. Выявлено повышение гербицидной активности модифицированных препаратов и увеличение урожайности пшеницы и ячменя при их применении [37]. Установлено, что опрыскивание вегетирующих растений яровой пшеницы в фазе кущения баковой смесью мочевины и гербицида снижает гербицидную нагрузку на посев на 25 % и обеспечивает урожайность зерна на уровне 2,6–3,1 т/га [38]. Выявлено, что гербицид мерлин эффективно снижает в Приморье засоренность посевов кукурузы двудольными сорняками, а в баковой смеси с трофи-90 – и злаковыми. При этом повышается урожайность зерна кукурузы и последующей культуры – сои [39]. Изучена фотоустойчивость препаратов инкапсулированного с этилцеллюлозой гербицида норфлуразона в водных растворах, содержащих элементы почвы. Инкапсулирование гербицида позволяет снизить дозу и минимизировать фотолит [40]. Выяснено, что самым эффективным вариантом защиты озимого трикале от сорняков стало осеннее применение гербицида марфон в дозе 4 л/га [41]. Представлены результаты оценки биологической и хозяйственной эффективности нового отечественного комплексного трехкомпонентного гербицида трифезана на зерновых культурах [42].

Поведение гербицидов в окружающей среде

Проведено исследование по определению характеристик сорбции почвами гербицида моносульфурана. Анализ проб 8 типов сельскохозяйственных почв показал, что величина адсорбции гербицида менялась в интервале 0,417–3,523 в зависимости от типа почвы, что свидетельствовало о слабой или умеренной адсорбционной способности гербицида и снижении ее с увеличением pH

почвы [43]. Исследовано поведение гербицидов в окружающей среде. Констатировано, что поведение агрохимикатов определяется 3-мя процессами: адсорбцией, переносом в пространстве и деградацией (микробной, химической и фотолитической) [44]. Взаимодействие атразина с почвенными катионами Na^+ и Ca^{2+} изучали теоретически в рамках теории функционала плотности, теории возмущений Меллера-Плессета и теории связанных кластеров. Образование связей между гербицидом и почвенными катионами определялось преимущественно электростатическими силами [45]. Оценивали сорбцию и вымываемость гербицидов флуометурина и 2М-4Х в почве, удобренной 6 видами биоуглей и сорбентом из отходов производства оливкового масла. Показано, что состав растворимой части органического вещества в сорбентах существенно влиял на сорбцию и вымываемость гербицидов [46]. Изучены факторы, влияющие на биодеградацию гербицида флуороксипира в почве [47]. Изучено влияние температуры и влажности почвы на минерализацию 2,4-Д в культивируемых почвах Манитобы [48]. Разработан и прошел широкомасштабные испытания в различных почвенно-климатических регионах России способ защиты почв от остатков гербицидов с помощью специальной марки активного угля [49].

Деградация гербицидов

Можно утверждать, что разложение гербицидов осуществляется тремя процессами: химической или электрохимической деградацией, биологической (микробной) деградацией и фотолизом. В ряде случаев для повышения эффективности используются различные комбинации этих процессов.

Описано индуцированное переносом электрона восстановительное расщепление гербицидных арилоксиалканкарбоновых кислот [50]. Изучена активность Al_2O_3 как катализатора деградации 2,4-Д озонированием в присутствии трет-БуОН в качестве носителя радикалов [51]. Разработан новый окислительный процесс для деградации 2,4,5-Т с Fe-пластиной в качестве разрушающегося анода и графитового стержня в качестве катода. Для генерирования свободных радикалов в реактор вводят оксон (натриевую или калиевую соль надсерной кислоты (H_2SO_5), хороший окислитель и эпексидирующий агент). Степень деградации 2,4,5-Т составила 90 % за 10 мин [52]. Оценивали возможность деградации метрибузина в загрязненной грунтовой воде в электрохимическом реакторе с железными цилиндрическими концентрическими биполярными электродами. Одновременное воздействие УФ-света повышало степень деградации гербицида до 95 % [53]. Изучали окисление гербицидов бромоксилина и трифлуралина в природной воде с помощью O_3 и системы $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$. Степень деградации гербицидов при озонировании составляла ~58 %; в системе $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ деградация ускориалась [54].

Оценивали реакционную способность 62 пестицидов в процессах окисления свободным хлором, монохлораминном, диоксидом хлора, H_2O_2 , O_3 и перманганатом, а также возможности УФ-фотолиза и гидролиза при pH 2,0; 7,0, и 12,0 [55]. Исследовали химическую деградацию атразина пероксидисульфатом, активированным железом нулевой валентности. При обработке 100 мл 0,1 мМ раствора гербицида 1 мл 2 мМ раствора пероксидисульфата и 28 мг Fe^0 в течение 60 мин при pH 6,5 степень деградации составила 99 % [56]. Для минерализации персистентного имазетапира использовали ряд новых окислительных процессов. Наиболее эффективными оказались фотолиз с озонированием ($\text{TiO}_2/\text{УФ} + \text{O}_3$) и фотолиз в присутствии H_2O_2 ($\text{TiO}_2/\text{УФ} + \text{H}_2\text{O}_2$) [57]. Окислительную деградацию диурона в водной среде проводили реакцией с радикалами HO^\bullet , интенсифицированной фотохимически (фото-Фентон) или электрохимически (электро-Фентон) [58].

Изучали деградацию трифлуралина, адсорбированного на силикагеле гетерогенным озонированием. Кинетика озонирования согласовывалась с моделями Лэнгмюра-Хиншельвуда и Эляя-Ридеала [59]. Проводили гидролиз и фотолиз гербицида моносульфурон-эфира в воде. Время полуисчезновения гербицида при гидролизе при 50 °С и pH 7,0 составляло 4,6 ч, при фотолизе – 4,9 ч [60]. Исследовали фотолиз гербицидов из класса холинкарбоновых кислот в водных системах. Фотолиз солнечным светом в присутствии TiO_2 приводил к полной минерализации гербицидов [61]. Исследована фотокаталитическая деградация 5 сульфонилмочевинных гербицидов в водных полупроводящих суспензиях при облучении природным солнечным светом [62]. При фотодegradации 2,4-Д оценивали фотокаталическую октвность с 1 % PdO на бинарных оксидах $\text{Al}_5\text{O}_5\text{-Nd}_2\text{O}_3$, полученных зольгелевым методом. 2,4-Д полностью деградировал через 6 ч облучения над катализатором [63]. Методами стационарного и наносекундного лазерного импульсного фотолиза исследована фотодegradация гербицида 2,4,5-Т и его комплексов с β - и γ -циклодекстринами [64]. Теоретически и экспериментально изучена деградация 2,4-Д в водном растворе в процессе фото-Фентона и в пилотном солнечном реакторе. В реакторе 2,4-Д полностью деградировала за 60 мин [65]. Проведены исследования по уничтожению изофена и 2,4-Д в плазменном реакторе с трехструйной камерой смешивания. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [66]. Обобщен многолетний опыт работы отдела гербологии ВНИИФ, касающийся методических и организационных основ экологического мониторинга химических средств защиты и реабилитации почв, загрязненных гербицидами [67].

Ряд работ посвящен биологической деградации гербицидов. Из ПВА- H_3BO_3 и минерализирующих гербицид атразин бактерий *Pseudomonas* готовили биогранулы, способные деградировать атразин. Гранулы оказались более эффективными, чем препарат на основе свободных бактерий [68]. Изучены условия для получения и сохранения активной биомассы бактерий-деструкторов гербицида глифосата: *Ochrobactrum anthropi* GPK3 и *Achromobacter* sp. Kgl6 [69]. Изучали биодеградацию смеси атразина и симазина в реакторе с неподвижным слоем прикрепленного к пористому носителю микробного сообщества, включающего *Stenotrophomonas maltophilia* и *Aerobacter* sp. [70]. Установлено, что выделенный из сточных вод штамм *Sphingomonas* sp. Y57 способен деградировать пропанит. Кодированный пропанитгидролаза ген *prg* pH клонируется из Y57, экспрессируется в *Escherichia coli* BL21 и очищается аффинной хроматографией [71]. Описана роль микроорганизмов в деградации и детоксикации в почве устойчивых и токсичных пестицидов в частности гербицидных хлорфеноксикалькановых кислот [72].

Токсикология гербицидов

Продолжают публиковать работы по токсикологии гербицидов, и это естественно, ибо ежегодно расширяется спектр гербицидов и объем их применения в сельском хозяйстве и других областях деятельности человека.

Опубликован обзор по сравнительной биохимии и молекулярной токсикологии ~700 пестицидов, включая гербициды [73]. Оценивали риск применения гербицидов 2,4-Д и параквата фермерами на затопляемых полях в Малайзии [74]. Описано непреднамеренное нелетальное отравление 7 подростков, использовавших метанар-сонат натрия как масло при жаренье рыбы [75]. Сообщение о случае асептического менингита, связанного с отравлением глифосат-сурфактантным гербицидом [76]. Выяснено, что атразин снижает репродуктивную функцию у крыс-самцов [77]. Изучен окислительный стресс в листьях злаковых культур при обработке гербицидом гранстар [78]. Изучено

подавление почвенных бактерий, расщепляющих целлюлозу и целлобиозу, гербицидами бентазоном и 2М-4Х [79].

В Польше оценено воздействие гербицидов 2,4-Д и 2М-4Х и выявлены предикторы воздействия у фермеров, применявших гербициды [80]. Исследовано содержание гербицида тербутилазина в волосах кукурузоводов и сельских жителей. Во всех образцах волос кукурузоводов обнаружен гербицид в средней концентрации 0,67 нг/мг [81]. Определяли содержание 50 пестицидов в 62 пробах волос, срезанных у 18 сельскохозяйственных работников. Чаще других обнаруживали гербициды дифлуфеникан и пириметанил [82]. Отмечен прогресс в оценке экологического риска для водной среды на затопляемых рисовых полях в США, Японии и Евросоюзе [83]. Сообщено, что комбинированное воздействие на рабочем месте параквата, цирама и манеба повышает риск развития болезни Паркинсона в 3 раза [84]. Изучены 3 случая гипераммониемии при отравлении гербицидом глюфосинат-аммонием [85]. Изданы методические рекомендации «Профилактика, клиника, диагностика и лечение острых отравлений гербицидами на основе 2,4-дихлорфен-оксиуксусной кислоты у работников сельского хозяйства» [86].

Изучено влияние пестицидов, в т. ч. аминной соли 2,4-Д на почвенные микроорганизмы [87]. Оценена токсичность четырех глифосатсодержащих гербицидов для головастиков *Rhinella arenarum*. Выявлено ингибирующее гербицидами активности β-эстеразы и глутатион-S-трансферазы [88]. Выявлено вредное влияние комплекса глифосата с азотными удобрениями на эмбрионы саламандры *Chiglossa lusitanica* [89]. Доказана токсичность моносульфурана для связывающих азот цианобактерий при обычных послевсходовых применениях гербицида на рисовых полях [90]. Установлено, что ряд применяемых в рисовниках амидных, триазиновых и сульфонилмочевинных гербицидов представляют относительно высокий экологический риск для водных экосистем Японии [91].

Анализ гербицидов

Мониторинг публикуемых в научных журналах работ показал, что аналитика гербицидов успешно развивается. Универсальным и надежным методом определения остатков гербицидов продолжает оставаться приборная комбинация газожидкостной хроматографии и масс-спектрометрии или тандемной масс-спектрометрии (ГЖХ-МС или ГЖХ-МС/МС), а также комбинация высокоэффективной жидкостной хроматографии-масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС) или ВЭЖХ-МС/МС. Опубликованы методы, позволяющие идентифицировать и определять одновременно остатки десятков и даже сотен пестицидов из различных химических классов. Новым в аналитической химии пестицидов явилась разработка принцепов и оборудования для сверхэффективной жидкостной хроматографии с последующим сочетанием ее с МС. Сообщено об одновременном определении остатков 346 пестицидов в винограде [92]. Описан метод определения остатков 67 пестицидов в эфирном масле лаванды ВЭЖХ-МС/МС [93], и мультиостаточный метод определения 150 пестицидов в овощах [94]. Анализ остатков 112 пестицидов в овощах осуществлен с использованием дисперсивной твердофазной экстракции и ГЖХ-триплетной квадрупольной МС [95]. Для определения остатков 50 пестицидов в овощах использовали ГЖХ-МС/МС [96]. Разработан и валидирован метод одновременного определения 6 сульфонилмочевинных гербицидов в пшенице, рисе и кукурузе ВЭЖХ-МС/МС [97]. Разработан метод определения остатков 185 пестицидов в орехах с помощью ГЖХ-МС/МС [98]. Разработан новый метод газовой хроматографии низкого давления – тандемной МС для определения остатков 150 пестицидов в овощах и фруктах. Пробоподготовку проводили стандартным методом QuEChERS

(быстрый, простой, дешевый, эффективный, надежный, безопасный) [99]. Остатки 19 пестицидов в чае определяли экстракцией по методу QuEChERS с последующей ВЭЖХ-МС/МС [100]. Для одновременного определения остатков 46 пестицидов в женьшене разработан метод, включающий матричную твердофазную дисперсию в сочетании со сверхэффективной ЖХ и МС/МС [101]. Набор из 6 сульфонилмочевинных гербицидов анализировали времяпролетной МС вторичных ионов на спектрометре с ⁶⁹Ga-пушкой (TOF-SIMS) [102]. Для анализа гербицидов продолжают применять методы без дорогостоящей МС. Сульфонилмочевинные гербициды определяли в коровьем молоке градиентной ВЭЖХ с УФ-детектором [103]. Разработан метод определения остатков 41 пестицида в вареных продуктах ГХ с электрозахватным микродетектором [104]. ГЖХ с электрозахватным детектором использовали при определении гербицидов алахлора, ацетохлора, претихлора и бутахлора в воде [105]. Для одновременного прямого определения феноксилированных гербицидов в природной воде разработан новый метод спектрометрии ионной подвижности с отрицательной электроспреевой ионизацией [106]. 12 сульфонилмочевинных гербицидов и 6 полярных гербицидов из других химических классов в питьевой воде определяли ВЭЖХ [107]. Триазиновые гербициды в злаках определяли ВЭЖХ после динамической экстракции с солидификацией плавающей органической капли [108]. При определении фенолмочевинных гербицидов в твердых пищевых продуктах использовали ВЭЖХ с обращением фаз [109].

Опубликованы и электрохимические методы анализа гербицидов. Для одновременного определения пенициллина, диносеба и нитрогваяколата предложен метод дифференциальной импульсной вольтамперометрии [ГПО]. Предложен новый электрохимический сенсор на трифлуралин, включающий композит из углеродной пасты и медных нанотрубок [111]. Описана технология детектирования гербицидов диурона, флуамитурона и хлортолуруна терагерцевой спектроскопией с разрешением во времени [112]. Для обнаружения и определения амитрола и триазиновых гербицидов в образцах воды из окружающей среды использовали капиллярный зонный электрофорез [113]. Разработан метод иммуносорбентного анализа для мониторинга кломазона в почве рисового поля [114]. Предложены новые функционирующие в органической среде иммуносенсоры для определения триазиновых гербицидов в оливковом масле [115].

Заключение

Таким образом, обзор литературных источников убедительно свидетельствует о том, что исследования по теоретической и прикладной гербологии проводится во всем мире широким фронтом:

- продолжается активный поиск химических соединений, обладающих гербицидной активностью;
- предложены новые концептуальные подходы в создании оригинальных комплексных препаративных форм гербицидов, изучаются сроки и способы их эффективного применения;
- продолжают исследования по оценке негативных экологических последствий при использовании гербицидных препаратов нового поколения и способов их практического устранения;
- проводится оценка токсических свойств гербицидов и продуктов их деструкции для различных видов биоты;
- совершенствуются методы анализа гербицидов в различных матрицах.

Литература

1. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (обзор публикаций за 2009–2011 гг.) // Агрехимия. 2013. № 5. С. 105–161.

2. Garrido E., Santos M., Silda P., Cagide F., Garrido J., Borges F. Host-guest complexes of phenoxy alkyl acid herbicides and cyclodextrins. MCPA and β -cyclodextrin // *J. Eviron. Sci. Health. B.* 2012. V. 47. № 9. P. 869-875.
3. Zheng Z., Chen J., Liu G., Li Y., Li Z. Синтез и гербицидная активность новых 4-замещенных тримидинил-фенилсульфонилмочевин // *Chin. J. Pest. Sci.* 2012. V. 14. №6. P. 607-611.
4. Wang W., He H., Zuo N., Zhang X. Synthesis and herbicide activity of 2-(substituted phenoxyacetoxy)alkyl-5,5-dimethyl-1,3,2-dioxaphosphinan-2-one containing fluorine // *J. Fluor. Chem.* 2012. № 142. P. 24-28.
5. Yang T., Huang H., Luo J., Yu D. Synthesis and herbicidal activity of OO-dimethyl-(3-phenacroyloxy) alkyl phosphonates // *Phosph. Silicon Relat. Elem.* 2012. V. 187. № 1-3. P. 135-141.
6. Дмитриева И.Г., Дядюченко Л.В., Стрелков В.Д., Исакова Л.И., Чубенко Т.И. Куб. ГАУ. N-замещенные никотиноилмочевины, проявляющие рострегулирующую активность на подсолнечнике: Пат. 2432742. РФ. 2011.
7. Pernak J., Syguda A., Mater na K., Janus E. 2,4-D based herbicidal ionic liquids // *Tetrahedron.* 2012. V. 68. № 22. P. 4267-4273.
8. Atta S., Jana A., Ananthakrishnan R., Dhuleep P., Singh N. Fluorescent caged compounds of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D): photorelease technology for controlled release of 2,4-D // *J. Agr. Food Chem.* 2010. V. 58. № 22. P. 11844-11851.
9. Галиахметов Р.Н., Морозов А.Б., Кузнецова Г.И. Ультрадисперсный препарат на основе изоктилового эфира 2-метокси-3,6-дихлорбензойной кислоты // *Башкир. хим. журн.* 2012. Т. 19. № 1. С. 120-123.
10. Wang J., Tan H., Li Y., Ma Y., Li Zh., Guddat L. Chemical synthesis in vitro acetoxyhydroxyacid synthase (AHAS) inhibition herbicidal activity and computational studies of isatin derivatives // *J. Agr. Food Chem.* 2011. V. 59. № 18. P. 9892-9900.
11. Bai Zh., Wei Z., Wang Y., Xu Sh., Li X. Cycloalicyl substituted N-nitrourea derivatives: a convenient synthesis and biological evaluation // *Res. Chem. Intermed.* 2011. V. 37. № 8. P. 859-868.
12. Pan L., Shen X., Cao J., Chen L., Shen Zh. Синтез и гербицидная активность 2-ретероцикло-1,3,4-оксадиазин-5-онов // *Chin. J. Pestic. Sci.* 2011. V. 13. № 3. P. 239-244.
13. Yoshimura T., Nakatani M., Asakura S., Hanai R., Hiraoka M. Synthesis and herbicidal activity of sulfonanilides having a pyrimidinyl-containing group at the 2-position // *J. Pestic. Sci.* 2011. V. 36. № 2. P. 212-220.
14. Lin Zh., Zheng R., Wang Y., Zeng Y., Shen Y. Enzymatic production of 2-amino-2,3-dimethyl-butylamide by cyanide-resistant nitrile hydratase // *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2012. V. 39. № 1. P. 133-141.
15. Кидзи Т., Фусака Т. Пиримидиноновое производное и его применение в качестве гербицида. Пат. 2440990. РФ. 2012.
16. Lu Y. Синтез и гербицидная активность N-[2-(4,6-диметоксипиримидин-2-илокси)бензилден]-замещенных аминных производных // *Chin. J. Pestic. Sci.* 2011. V. 13. № 6. P. 645-648.
17. Хуснидинов К.Р., Кузнецов В.М., Мрясова Л.М., Крутьков В.М., Муштафин А.Г. Синтез и исследование гербицидной активности новых дигидроксипентильных производных хлорфенолов // *Вести. Башкир. ун-та.* 2012. Т. 17. № 4. С. 1735-1738.
18. Jiang L., Zuo Y., Wang Z., Tan Y., Wu Q. Desing and Synthesis of novel N-(benzothiazol-5-yl)-4,5,6-tetrahydro-1H-isoindole-1,3(2H)-dione and N-(benzothiazol-5-yl) isoindoline-1,3-dione as potent protoporphynogen oxidase inhibitors // *J. Agr. Food Chem.* 2011. V. 59. № 11. P. 6172-6179.
19. Wang T., Bing G., Zhang X., Qin Zh., Yu H., Qun X., Dai H. Synthesis and herbicidal activities of 2-cyano-3-benzylaminoacrylates containing thiazole moiety // *Bioorg. and Med. Chem. Lett.* 2010. V. 20. № 11. P. 3348-3351.
20. Ma X., Chen L., Duan W., Cen B., Dong Sh. Синтез и гербицидная активность диалкилдидегидроабетил-бис-оксадиазолов алифатических дикарбоновых кислот // *Chin. J. Org. Chem.* 2011. V. 31. № 7. P. 1069-1075.
21. Dong X., Zhon Y., Xu Sh., Qu J. Синтез и гербицидная активность производных 5-арил-метоксибензил-пиразола // *Chin. J. Org. Chem.* 2011. V. 31. № 7. P. 1020-1026.
22. Qureshi S., Khan N., Pandey A. Anthraquinone pigment with herbicidal potential from *Phoma herbar-um* // *Химия природ, соед.* 2011. № 4. С. 465-467.
23. Стрелков В.Д., Исакова Л.И., Дядюченко Л.В., Чубенко Т.И., Назаренко Д.Ю. Антидоты гербицида 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты. Пат. 2430915. РФ. 2011.
24. Афиятуллов Ш., Журавлева О.И., Чайкина Е.Л., Анисимов М. Новый спитротрипростатин из морского изолята гриба *Aspergillus fumigatus* // *Химия природ, соед.* 2012. № 1. С. 90-92.
25. Zhon J., An R., Yu F. Study of a new synthesis approach to glyphosate // *J. Agr. and Food Chem.* 2012. V. 60. № 25. P. 6279-6285.
26. Андреев Д.В., Грибовский А.Г., Макашкин Л.Л., Адонин Н.Ю., Приходько С.А. Синтез иминодиуксусной кислоты в микроканальном реакторе // *Катализ в пром-ти.* 2012. № 6. С. 23-31.
27. Lai H., Liu F., Cai P., Zhou Y., Ding Ch. Исследование технологического процесса в синтезе глифосата окислением кислородом // *J. Zhejiang Univ. Technol.* 2011. V. 39. № 2. P. 151-153.
28. Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе. М.: Печатный город, 2013. 426 с.
29. Шаповал О.Д. Новые гербициды в технологиях защиты посевов кукурузы и подсолнечника // *Плодородие.* 2011. № 2. С. 16-17.
30. Кадоркина В.Ф. Усовершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в условиях юга средней Сибири // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2011. № 4. С. 42-43.
31. Шиндин А.П., Безе И.А., Рожнецова О.В. Гербициды ООО НПО «Росагрохим» для борьбы с сорняками в посевах кукурузы // *Кукуруза и сорго.* 2011. № 2. С. 12-15.
32. Kumar M., Das T., Yaduraju N. An integrated approach for management of *Cyperus rotundus* (purple nutsedge) in soybean-wheat cropping system // *Crop Prot.* 2012. V. 33. № 1. P. 74-81.
33. Захарьева Ю.И., Верещагин А.Л., Еремина В.В., Овчеренко В.В., Рыбников В.Г., Теплое В.В. Повышение фитотоксичности ряда гербицидов // *Хранение и перераб. зерна.* 2012. № 12. С. 42-45.
34. Стрижков Н., Даулетов М. Гербициды в борьбе с падалицей проса // *Гл. агроном.* 2012. № 10. С. 62-63.
35. Гарипов Ю.А., Киселева Н.Н., Спиридонов Ю.Я., Флягин А.И. Водно-гликолевый раствор гербицидной композиции (ДФЗсупер, ВГР). Евраз. пат. № 017932. 2013.
36. Постников А.М. Эффективные гербициды для облесения невозделываемых сельскохозяйственных земель // *Вестн. защиты раст.* 2012. № 2. С. 58-61.
37. Кузнецов В.М. Синергизм комбинаций ПАВ и его определение на основе показателя дисперсии гербицидной эмульсии // *Башкир. хим. журн.* 2012. Т. 19. № 1. С. 61-64.
38. Зубарев Ю.Н. Эффективность влияния баковой смеси гербицида и мочевины на урожайность зерна яровой пшеницы в Предуралье // *Аграр. наука Евро-Северо-Востока.* 2012. № 3. С. 31-35.
39. Костюк А.В., Алтухова Т.В. Мерлин на кукурузе в Приморье // *Земледелие.* 2011. № 2. С. 35-37.
40. Sopena F., Villaverde J., Maqueda C., Morillo E. Photostabilization of the herbicide norflurazon microencapsulated with ethylcellulose in the soil-water system // *J. Hazard. Mater.* 2011. V. 195. P. 298-305.
41. Шако И., Одинцова А., Козлов С. Биологическая эффективность применения гербицидов марафон и серто плюс и их баковых смесей в посевах озимого тритикале // *Гл. агроном.* 2011. № 9. С. 38-41.
42. Спиридонов Ю.Я., Демидов Н.С., Кольцов Н.С., Никитин Н.В., Абубикеров В.А., Протасова Л.Д. Эффективность трифезана в посевах колосовых культур в условиях Центральной части европейского Нечерноземья // *Агрохимия.* 2011. № 5. С. 35-45.
43. Xhang W., Wang W., Jin J., Li G. Исследование характеристик адсорбции моносulfурона в почве // *Univ. Natur. Sci.* 2010. V. 33. № 3. P. 366-371.
44. Bansal O.P. Fate of pesticides in the environment // *J. Ind. Chem. Soc.* 2011. V. 88. № 10. P. 1525-1532.
45. Bessac F., Hoyan S. Pesticide interaction with environment tall by caions: a theoretical study of atrazine // *Comput. Theor. Chem.* 2011. V. 966. № 1-3. P. 284-298.
46. Colbreta A., Cox L., Spokas K., Celis R., Hermosin M., Comejo J., Koskinen B. Comparative sorption and leaching study of the herbicides fluometuron and MCPA in a soil amended with biochars and other sorbents // *J. Agr. Food Chem.* 2011. V. 59. № 23. С. 12550-12560.
47. Tao L., Yang H. Fluroхуыр biodegradation in soils by multiple factors // *Environ. Monit. Ass.* 2011. V. 175. № 1-4. P. 227-238.
48. Shymko J., Farenhorst A., Zyomuya F. Polynomial response of 2,4-D mineralization to temperature in soils at varying soil moisture contents, slope positions and depths // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2011. V. 46. № 4. P. 301-312.
49. Мухин В.М., Спиридонов Ю.Я., Глебова О.А., Барышникова Е.А. Способ защиты почв от остатков гербицидов. Пат. 2476277. РФ. 2013.
50. Azzena U., Pittalis M. Electron-transfer induced reductive cleavage of chlorinated aryloxyalkanoic acids // *Tetrahedron.* 2011. V. 67. № 19. P. 3360-3362.
51. Guzman-Perez C., Soltan J., Robertson J. Catalytic ozonation of 2,4-D using alumina in the presence of a radical scavenger // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2012. V. 47. № 6. P. 544-552.
52. Wang J., Cka W. Degradation of 2,5-T-acid by novel Electro-Fe(II)/Oxon process using iron sheet as the sacrificial electrode // *Water Res.* 2011. V. 45. № 13. P. 3883-3889.
53. Yahiaou O., Aizel., Louniei H., Goosen M. Evaluating removal of metribuzin from contaminated groundwater using an electrochemical reactor combined with ultraviolet oxidation // *Desalination.* 2011. V. 270. № 1-3. P. 84-89.
54. Chelme-Ayala P., El-Din M., Smith D., Adams C. Oxidation kinetics of two pesticides in natural waters by ozonation and ozone combined with hydrogen peroxide // *Water Res.* 2011. V. 45. № 8. P. 2517-2526.
55. Chamberlain E., Shi H., Wang T., Ma Y., Fulmer A., Adams C. Comprehensive screening study of pesticide degradation via oxidation and hydrolysis // *J. Agr. Food Chem.* 2012. V. 60. № 1. P. 354-363.
56. Cai T., Zhang L., Hu L., Dong H., Li Y. Деградация атразина пероксидсульфатом, активированным железом нулевой валентности // *Chin. J. Appl. Chem.* 2013. V. 30. № 1. P. 114-119.
57. Stathis L., Hela D., Serano L., Lelario F., Emanuele L. Novel imazethapyr detoxification applied advanced oxidation processes // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2011. V. 46. № 6. P. 449-453.
58. Oturan M., Oturan N., Edelahli M., Podvorica F., Kacemi K. Oxidative degradation of herbicide diuron in aqueous medium by Fentons reaction based advanced oxidation processes // *Chem. Eng. J.* 2011. V. 171. № 1. P. 127-135.
59. Pfliger M., Grgic L., Kitanovski Z., Nieto L., Wortham H. The heterogeneous ozonation of pesticides adsorbed on mineral particles: validation of experimental setup with trifluralin // *Atmos. Environ.* 2011. V. 45. № 39. P. 7127-7134.
60. Piao X., Jiang H., Nao Ch., Wang X., Guo Z., Fan W. Изучение гидролиза и фотолитиза моносulfурон-эфира в воде // *Chin. J. Pest. Sci.* 2012. V. 14. № 3. P. 315-320.
61. Pinna M., Pusino A. Direct and indirect photolysis of two quinolinecarboxylic herbicides in aqueous systems // *Chemosphere.* 2012. V. 86. № 6. P. 655-658.

62. Fenoll J., Hellin P., Flares P., Martinez C., Navarro S. Photocatalytic degradation of five sulfonylurea herbicides in aqueous semiconductor suspensions under natural sunlight // *Chemosphere*. 2012. V. 87. № 8. P. 954-961.
63. Barrera A., Tzompantzi F., Lara V., Gamez R. Photogradation of 2,4-D over PdO/Al₂O₃-Nd₂O₃ photocatalysts prepared by the sol-gel method // *J. Photochem. Photobiol. A*. 2012. V. 227. № 1. P. 45-50.
64. Юркова М.П., Поздняков И.П., Гриван В.П., Плюсин В.Ф. Фотохимия гербицида 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты в водных растворах в присутствии циклодекстринов // *Химия в интересах устойчив. развития*. 2011. Т. 19. № 6. С. 705-710.
65. Conte L., Farias J., Albizzati E. Photo-Fenton degradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in laboratory and solar pilot-plant reactors // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2012. V. 51. № 11. P. 4181-4191.
66. Ложечник А.В., Моссэ А.Л., Савнин В.В., Скоморохов Д.С., Хведгин И.В. Утилизация непригодных пестицидов в плазменном реакторе // *Инж.-физ. журн.* 2011. Т. 34. № 5. С. 1034-1039.
67. Спиридонов Ю.Я. Реабилитация земель, загрязненных пестицидами // *Практика рекультивации загрязненных и нарушенных земель / Под ред. Мажайского Ю.А. Рязань*, 2013. С. 147-170.
68. Bi H., Zhang L., Liu Na., Zhu B. Preparation of biobeads and their atrazine degradation characteristics // *Chem. Res. Chin. Univ.* 2011. V. 27. № 3. P. 407-412.
69. Шушкова Т.Е., Ермакова И.Т., Свиридов А.В., Леонтьевский А.А. Биодеструкция глифосата почвенными бактериями: оптимизация процесса культивирования и способ сохранения активной биомассы // *Микробиология*. 2012. Т. 81. № 1. С. 48-55.
70. Galindez-Najera S., Ramos-Monroy O., Ruiz-Ordaz N., Salmeron-Alcocer A., Juarez-Ramirez C., Ahuatzil C. Simultaneous degradation of atrazine and simazine by a binary culture of *Stenotrophomonas maltophilia* and *Arthrobacter* sp. in two stage biofilm reactor // *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2011. V. 86. № 4. P. 554-561.
71. Zhang J., SanJ., Yuan Q., Li Ch., Yan X. Characterization of propanil biodegradation pathway in *Sphin-gomonas* sp. Y57 and cloning of the propanil hydro-lase gene pr pH // *J. Hazard. Mater.* 2011. V. 196. P. 412-419.
72. Головлева Л.А. Биоремедиация почв, загрязненных поллютантами // *Изв. аграр. науки*. 2012. Т. 10. № 2. С. 57-61.
73. Casida J. Pest toxicology: The primary mechanisms of pesticide action // *Chem. Res. Toxicol.* 2009. V. 22. № 4. P. 609-619.
74. Baharuddin M., Sahid I., Noor M., Sulaiman N., Othman F. Pesticide risk assessment: A study on inhalation and dermal exposure to 2,4-D and paraquat among Malaysian paddy farmers // *J. Environ. Sci. Health. B*. 2011. V. 46. № 7. P. 600-607.
75. Cox R., Orledge J. Inadvertent poisoning of seven teenagers with monosodium methanearsonate // *Clinic. Toxicol.* 2011. V. 49. № 3. P. 167-170.
76. Sato Ch., Kamijo Y., Yoshimura K., Ide T. Aseptic meningitis in association with glyphosate-surfactant poisoning // *Clinic. Toxicol.* 2011. V. 49. № 2. P. 118-120.
77. Stosic M., Veselic S., Stegic M., Milosevic M., Dragin S. Is atrazine a potential risk on mammalian diversity // *Acta Vet.* 2012. V. 62. № 2-3. P. 193-205.
78. Гарькова А.Н. Обработка гербицидом гранстар вызывает окислительный стресс в листьях злаков // *Физиология растений*. 2011. Т. 58. № 6. С. 935-943.
79. Schellenberger S., Drake H., Kolb S. Impairment of cellulose - and cellobiose - degrading soil Bacteria by two acidic herbicides // *FEMS Microbiol. Lett.* 2012. V. 327. № 1. P. 60-65.
80. Jurewicz J., Hanke W., Sobala W., Ligocka D. Exposure to phenoxyacetic acid herbicides and predictors of exposure among spouses of farmers // *AAEM: Ann. Agr. Environ. Med.* 2012. V. 19. № 1. P. 51-56.
81. Markadante R., Polledri E., Giavini E., Menegla E., Bertazzi P. Terbutazine in hair as biomarker of exposure // *Toxicol. Lett.* 2012. V. 210. № 2. P. 169-173.
82. Schummer C., Salquebre G., Briand O., Millet M., Ap-penzeller B. Determination of farm workers exposure to pesticides by hair analysis // *Toxicol. Lett.* 2012. V. 210. № 2. P. 203-210.
83. Cheng Y., Zhou J., Shan Zh. Прогресс в оценке экориска для водной среды для затопляемых рисовых полей // *Chin. J. Pest. Sci.* 2012. V. 14. № 3. P. 242-252.
84. Wang A., Costello S., Cockburn M., Zhang X., Bronstein J. Parkinson disease risk from ambient exposure to pesticides // *Eur. J. Epidemiol.* 2011. V. 26. № 7. P. 547-555.
85. Mao Y., Wang J., Hang S., Deng J., Yang Ch. Hyperammonemia following glufosinate-containing herbicide poisoning // *Clin. Toxicol.* 2011. V. 49. № 1. P. 48-52.
86. Балан Г., Вознюк В., Митренко Т., Бабич В., Лепюшкин И., Сергеев С., Черемных Н. Методичні рекомендації «Профілактика, клініка, діагностика та лікування Гострих отруєнь гербицидами на основі 2,4-D у робітників сільськогосподарства» // *Соврем. пробл. токсикол.* 2011. № 1-2. С. 70-79.
87. Ксенофонтова О.Ю., Иванова Е.В. Влияние пестицидов на микроорганизмы почв Саратовской области // *Изв. Саратов. гос. ун-та. Сер. химия, биол., экол.* 2012. Т. 12. № 1. С. 75-81.
88. Lajmanovich R., Attademo A., Pelzer P., Junges C., Cabagna M. Toxicity of four herbicide formulations with glyphosate on *Rhinella arenaram* tadpoles // *Arch. Environ. Contam. and Toxicol.* 2011. V. 60. № 4. P. 681-689.
89. Ortiz-Santaliest M., Fernandez-Beneitez M., Lizana M., Marco A. Influence of a combination of agricultural chemicals on embryos of endangered gold striped salamander (*Chiglossa lusitanica*) // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2011. V. 60. № 4. С. 672-680.
90. Shen J., Luo W. Effects of monosulfuron on growth, photosynthesis and nitrogenase activity of three nitrogen-fixing cyanobacteria // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2011. V. 34. № 3. P. 184-186.
91. Ishihara S. Studies on risk assessment procedure of rice herbicides for microalgae in river ecosystem // *J. Pest. Sci.* 2009. V. 34. № 3. P. 184-186.
92. Lian Y., Pang G., Shu H., Fan Ch., Liu Y. Simultaneous determination of 346 multiresidue pesticides in grapes by PSA-MSPD and GC-MS-SIM // *J. Agr. Food Chem.* 2010. V. 58. № 17. P. 9428-9453.
93. Fillatre Y., Rondean D., Bonnet B., Daguin A. Multiresidue analysis of multiclass pesticides in lavender essential oil by LC/MS/MS // *Anal. Chem.* 2011. V. 83. № 1. P. 109-117.
94. Kmellar B., Pareja L., Ferrer C., Fodor P. Study of effects of operational parameters on multiresidue analysis by LC-MS/MS // *Talanta*. 2011. V. 84. № 2. P. 262-273.
95. Shi J., Li J., Wang Y., Fan J. Анализ остатков 112 пестицидов в овощах с использованием дисперсивной твердофазной экстракции и газовой хроматографии – триплетной квадрупольной масс-спектрометрии // *Chin. J. Chromatogr.* 2012. V. 30. № 6. P. 602-612.
96. Cao H., Lin Zh., Chen X., Li Z. Определение остатков пятидесяти пестицидов в овощах с использованием твердофазной экстракции – тандемной масс-спектрометрии // *J. Zhejiang. Univ. Technol.* 2012. V. 40. № 3. P. 279-283.
97. Kang Sh., Chang N., Zhao Y., Pan C. Development of a method for the simultaneous determination of six-sulfonylurea herbicides in wheat, rice, and corn by-liquid chromatography-tandem mass-spectrometry // *J. Agr. Food. Chem.* 2011. V. 59. № 18. P. 9776-9781.
98. Li N., Shi Zh., Pang G., Fan Ch. Определение остатков 185 пестицидов в орехах газовой хроматографией – тандемной масс-спектрометрией // *J. Instrum. Anal.* 2011. V. 30. № 5. P. 513-521.
99. Koesukwiwat U., Lehotay S., Leepipatiboon N. Fast, low-pressure gas chromatography triple quadrupole tandem mass spectrometry for analysis of 150 pesticide residues in fruits and vegetables // *J. Chromatogr. A*. 2011. V. 1218. № 39. P. 7039-7050.
100. Xu J., Chen J., Ye H., Wang L., Sun L. Определение остатков 19 пестицидов в час с использованием экстракции методом QuEChERS и высокоэффективной жидкостной хроматографии – электро-спреевой тандемной масс-спектрометрии // *J. Instrum. Anal.* 2011. V. 30. № 9. P. 990-995.
101. Chen L., Song F., Zheng Zh., Xing J., Liu Zh. Изучение метода определения остатков многих пестицидов в женьшене сверхэффективной жидкостной хроматографией и тандемной масс-спектрометрией // *Acto. Chin. Sin.* 2012. V. 70. № 7. P. 843-851.
102. LuD., Liang H., Wang K., Sheng Sh. TOF-SIMS анализ сульфониломочевинных гербицидов // *J. Chin. Mass. Spectrom.* 2011. V. 32. № 32. P. 86-94.
103. Se S., Albrizio S., Fidente P., Montesano D. Development and validation of solid-phase extraction method coupled to high-performance liquid chromatography with ultraviolet diode array detection for the determination of sulfonylurea herbicide residues in bovine milk samples // *J. Chromatogr. A*. 2011. V. 1218. № 9. P. 1253-1259.
104. Park J., El-Aty A., Kim B., Oh J., Do J. Simultaneous multiresidue analysis of 41 pesticide residues in cooked foodstuff using QuEChERS // *Food Chem.* 2011. V. 128. № 1. P. 241-253.
105. Wang H., Chen Zh., Shen J., Xiang F. Быстрое определение четырех ацетанилидных гербицидов в воде жидкостно-жидкостной микроэкстракцией и газовой хроматографией // *China Water Wasterwater.* 2011. V. 27. № 12. P. 90-93.
106. Jafari M., Saraji M., Yousefi Sh. Negative electrospray ionization ion mobility spectrometry combined with microextraction in packed syringe for direct analysis of phenoxyacid herbicides in environmental waters // *J. Chromatogr. A*. 2012. V. 1249. № 1. P. 41-47.
107. Gallitzendörfer R., Timm Th., Koch D., Küsters M., Gerhartz M. Simultaneous determination of 12 sulfonylurea herbicides in drinking water after SPE by LC-DAD // *Chromatograph.* 2011. V. 73. № 7-8. P. 813-816.
108. Wang H., Li G., Zhang Y., Chen H., Zhao Q. Determination of triazine herbicides in cereals using dynamic microwave-assisted extraction with solidification of floating organic drop followed by HPLC // *J. Chromatogr. A*. 2012. V. 1233. № 1. P. 36-43.
109. Wang Y., Cai Ch., Wu Q., Cheng G. Determination of phenylureas herbicides in foodstuffs based on matrix solid-phase dispersion extraction and RP-LC with UV detection // *Chromatogr.* 2011. V. 73. № 3-4. P. 403-406.
110. Mi Y., Lang L., Kokot S. Simultaneous determination of three herbicides by differential pulse voltammetry and chemometrics // *J. Environ. Sci. Health B*. 2011. V. 46. № 4. P. 328-335.
111. Mirabi-Semnakolai A., Daneshgar P., Moosavi-Movahedi A., Rezaayat M. Sensitive determination of herbicide trifluralin on the surface of copper nano-wire electrochemical sensor // *J. Solid State Electrochem.* 2011. V. 15. № 9. P. 1953-1961.
112. Wang H., Wang Q., Wang X. Технология детектирования трех типов ферилмочевинных гербицидов терагерцевой спектроскопией с разделением во времени // *J. Chinf Univ. Metrol.* 2011. V. 22. № 2. P. 189-193.
113. Arribas A., Moreno M., Bermejo E., Zapardiel A., Chicharro V. CZE separation of amitrol and triazine herbicides in environmental water samples with acid-assisted on-column preconcentration // *Electrophoresis*. 2011. V. 32. № 2. P. 275-283.
114. Carlomagna M., Canton G., Sanborn J., Last J. A clomazone immunoassay to study the environmental fate of the herbicide in rice (*Oryza sativa*) agriculture // *J. Agr. Food. Chem.* 2010. V. 58. № 7. P. 4367-4371.
115. Tomassetti M., Martini E., Campanella L. New immunosensors operating in organic phase for analysis of of triazinic pesticides in olive oil // *Electroanalysis*. 2012. V. 24. № 4. P. 842-856.