

УДК 631.954

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ (дайджест публикаций за 2014–2017 гг.)

© 2019 г. Ю. Я. Спиридонов<sup>1,\*</sup>, С. Г. Жемчужин<sup>1</sup>, И. Ю. Клейменова<sup>2</sup>, Г. С. Босак<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
143050 р.п. Большие Вяземы, Московская обл., ул. Институт, влад. 5, Россия*

<sup>2</sup> *Всероссийский институт научной и технической информации  
125315 Москва, ул. Усиевича, 20, Россия*

\*E-mail: spiridonov@vniif.ru

Поступила в редакцию 18.08.2018 г.

После доработки 15.09.2018 г.

Принята к публикации 12.03.2019 г.

В связи с ежегодным перманентным возрастанием числа публикаций по различным проблемам научной и прикладной гербологии существует необходимость постоянного мониторинга публикуемых в мире сообщений с целью обеспечения их доступности для широкого круга научных работников и практиков. В дайджест включена текущая отечественная и зарубежная информация о различных направлениях исследовательской и практической гербологии (публикации за 2014–2017 гг.).

*Ключевые слова:* изучение и применение гербицидов, публикации за 2014–2017 гг.

DOI: 10.1134/S0002188119060103

### ПОИСК И ИЗУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ С ГЕРБИЦИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

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

Продолжают появляться работы, посвященные традиционным гербицидным структурам. Разработан новый простой метод, основанный на дисперсионной жидкостно-жидкостной микроэкстракции и дериватизации для выделения гербицидов группы хлорфеноксикарбоновых кислот из водной среды с последующим определением ГХ-МС [2]. Разработан новый сульфониломочевинный гербицид метазосульфурон, показавший отличную гербицидную активность в отношении куриного проса (*Echinochloa crusgalli*), однолетних и многолетних сорняков, резистентных биотипов в рисовых чеках в нормах 60–120 г/га с хорошей безопасностью для риса. Гербицид (торговое название Altair) запущен в производство в Японии в 2013 г., а с 2016 г. его используют в Корее и Китае [3].

Синтезированы две серии гербицидов, содержащих замещенную фенокси группу [4]. Синтезированы 17 производных 2-(4-арилорксифенокси)пропионамида, проявивших умеренную гербицидную активность в отношении африканского проса в

норме 1.5 кг/га [5]. Спроектирована, синтезирована и оценена на гербицидную активность новая серия N-(2,2-диметил-2-алкокси-2,3-дигидробензофуран-5-ил)-2-(4-арилорксифенокси)пропионамидов. Достигнуто 100%-ное уничтожение 3-х видов однодольных сорняков в норме 2250 г/га [6].

Разработаны ионные жидкие препараты на основе гербицида бентазона, применяемого для контроля осоки и широколиственных сорняков. Применение ионных жидкостей снижает риск воздействия бентазона на окружающую среду при сохранении высокой гербицидной активности [7]. Синтезирован предвсходный гербицид 3-([S-(дифторметокси)-1-метил-3-(трифторметил)-1Н-пиразол-4-ил]метансульфонил)-5,5-диметил-4,5-дигидро-1,2-оксазол(пироксасульффон), обладающий отличной гербицидной активностью в отношении злаковых и широколистных сорняков в условиях высокогорья и заливных полей, не повреждающий зерновые культуры [8].

Проведены синтез и оценка гербицидной активности новых производных урацила, содержащих бензотиазол-2-ильный фрагмент [9]. Синтезирована серия новых производных 3-(замещенный фенокси)-6-метил-4-(3-фторметил)фенилпиридазина, обладающих гербицидной и инсектицидной активностью [10]. Синтезированы 9 новых производных 2-[1-(3-хлорпиридин-2-ил)-3,5-диметил-1Н-пиразол-4-ил]уксусной кислоты, имеющих

гербицидную активность против различных видов сорняков [11]. Синтезированы 13 новых производных диацилгидразина, содержащих пиразолилный фрагмент и показавших существенное ингибирование роста корней и стеблей мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*), капусты (*Brassica campestris*) и других видов сорняков [12]. С использованием 9 дериватирующих превращений 3-хлор-2-метиланилена синтезированы пиразольные соединения на основе структуры темботриона, показавшие гербицидную активность в отношении мокричника, лисохвоста, мари белой и многобородника [13]. Проведен синтез гербицидоактивных новых 1,2,4-триазолтионов и бис(1,2,4-триазол тионов), содержащих фенилпирозольный и разиновый фрагменты [14].

Получен новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков сульфонилмочевинных гербицидов в почве [15a]. Технология приготовления препарата включала механохимические процессы [15b]. Осуществлен многокомпонентный синтез водорастворимых гидрохлоридов сульфонилзамещенных азолов и оценена их ростстимулирующая активность в отношении *Saccharomyces cerevisiae* [16]. Спроектирована и синтезирована новая серия фторсодержащих фосфонатов и проведена оценка их гербицидной активности. Выявлено соединение с 85%-ным эффектом против канатника Теофраста (*Abutilon theophrastii*) в дозе 150 г/га [17]. Получена серия трикетонов, содержащих бициклические простые эфиры и проявивших гербицидную активность на различных злаковых культурах и широколистных сорняках [18]. Проведен синтез и изучена гербицидная активность 2-этоксиэтил 2-циано-3-(замещенных) актилатов как гербицидных ингибиторов электронного транспорта фотосистемы II [19].

Установлено, что новый гербицид из класса триазинонов ипфенкарбазон эффективен при довсходовой и ранней послевсходовой обработке при контроле злаковых и некоторых широколистных однолетних видов сорняков в дозе 250 г/га. Два препарата, содержащих ипфенкарбазон, Winner и Fighter, зарегистрированы в Японии и запущены в производство [20]. Разработан новый гербицид пироксисульфон для предвсходовой обработки посевов пшеницы, кукурузы и сои. Гербицид зарегистрирован в Японии, Австралии, США, Канаде, Саудовской Аравии, Южной Африке [21].

С целью поиска новых гербицидов синтезирована серия производных N-(4-хлор-2-фтор-5-замещенный фенил)изоиндол-1,3-диона. Определены наиболее активные соединения против канатника Теофраста и щирицы запрокинутой [22].

В качестве новых регуляторов роста растений получены производные алкеновой кислоты [23]. Разработаны два новых ауксиновых гербицида Argylex актив и Rinskor актив для использования на зерновых культурах соответственно [24]. Разработаны гербицидные ионные жидкости с 2-(2,4-дихлорфенокси)пропионатным анионом для снижения эффективной дозы различных гербицидов: дикамбы, сульфонилмочевин, глифосата и др. [25]. Обладающие гербицидной активностью новые фторированные 1,2,4-триазоловые производные синтезировали при воздействии микроволнового излучения [26].

В качестве потенциальных гербицидов для контроля двудольных сорняков синтезированы аминзамещенные пара-бензокиноны [27]. Сообщено о новом гербициде Du Pont Pinter Plus широкого спектра действия на сорняки для зерновых культур [28]. Для селективного контроля широко распространенных сорных растений в посевах озимого масличного рапса предложен новый гербицид Милестон [29]. Сообщено о применении нового гербицида Пермита для контроля сыти съедобной (*Cyperus esculentus*) на кукурузе [30]. Рекомендовано применение новых эффективных гербицидов Zupar ТМ и Rexhago ЕС для контроля широколистных сорняков на посевах зерновых культур в Европе [31]. В качестве представителя нового поколения жидких гербицидов описан препарат Du Pont Ompera LQM для зерновых культур [32].

Опубликован ряд работ по изучению и применению гербицидов биологического происхождения. Изучена биогербицидная активность гермакранолидного сесквитерпенового дилактона из амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia*) [33]. Установлено, что грибной патоген *Phoma exigua* выделяет фитотоксические метаболиты, перспективные в качестве гербицидов против многолетних сорняков [34]. Установлено, что *Pseudomonas fluorescens* BRG 100 продуцирует вторичные метаболиты с гербицидной активностью против щетинника зеленого. Рекомендовано применение BRG 100 в сельском хозяйстве Канады [35]. Проведена оценка аллелопатического эффекта экстрактов листьев и семян канавалии мечевидной против всходов сорняков ипомеи и коммелины [36]. Из культурального фильтрата фитопатогенного гриба *Phoma herbarium* выделено биоактивное соединение, идентифицированное как 1-гидрокси-4(3,5-диметил-4-гидрокси-фенил)пентан-3-он, обладающее гербицидной активностью против ряда видов сорняков [37]. Установлено, что спиростафиллотрихин W, спирициклический  $\gamma$ -лактам, выделенный из культуральной жидкости *Phirenophora seminiperds*, является

ся потенциальным микогербицидом для биоконтроля костра кровельного (*Anisantha tectorum*) [38].

Показано, что вторичные соединения лекарственных растений могут являться потенциальной основой для создания биогербицидов [39, 40]. Выяснено, что эндофитные бактерии, населяющие семена пшеницы, являются перспективными продуцентами микробных препаратов, в частности, регуляторов роста растений для использования в сельском хозяйстве [41]. Продолжены исследования по разработке комбинированных гербицидных препаратов с синергетически активным содержанием нескольких действующих веществ с различным механизмом действия. Такие композиции обладают высокой селективной активностью против различных видов сорной растительности в посевах изучаемых культур, в то же время из-за низкой дозы каждого действующего вещества в препаративной форме, демонстрируют пониженные экологические последствия от их применения. Примером таких композиций являются следующие Евразийские патенты: 1) синергетическая композиция дикамбы, клопиралида и пиклорама для борьбы со злостным карантинным сорняком горчаком ползучим (розовым) (*Acroptilon repens*) [42]; 2) композиция этаметсульфурон-метила и пиклорама для борьбы с сорняками в посевах ярового и озимого рапса [43]; 3) синергетическая композиция хлоримурон-этила, имазамокса и арабиногалактана для борьбы с сорняками в посевах сои [44].

### ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ

Выявлены основные тенденции в применении пестицидов, в т.ч. гербицидов, на современном этапе. Показано, что внедрение обработки пашни по минимальной технологии привело к росту доли гербицидов до 86.2% и существенно изменило их спектр. Основным из гербицидов оказался глифосат [45]. Исследованы экологические аспекты применения органических кислот цикла Кребса в сверхмалых концентрациях для снижения норм внесения гербицида раундап в лабораторных и полевых опытах. Показано, что использование интермедиатов цикла Кребса позволяет снизить норму внесения гербицидов сплошного действия в 2–5 раз в зависимости от вида сорного растения [46]. Приведены результаты оценки эффективности баковых смесей почвенных гербицидов в посадках капусты белокочанной. Максимальное уничтожение сорняков (82–92%) через 2 мес. после высадки рассады достигнуто при применении смеси препаратов бутизан и комманд (1.5 + 0.15 л/га) [47].

Оценена эффективность гербицидов из класса сульфонилмочевин на озимой пшенице [48]. Изу-

чена стабильность эмульсий на основе фенокси-пропэтила и клоквинтосет-мексила разного состава. Динамика эмульсий исследована оптическими методами. Определены рецептуры с наибольшей устойчивостью [49]. Оценено влияние возраста сорных растений, в частности, мелколестника буэносайресского (*Conyza bonariensis*) на эффективность химической борьбы в парах [50]. Изучали рост семян разных клонов эвкалипта под воздействием специально нанесенных гербицидов. Наиболее целесообразным для выращивания эвкалипта признано применение темботриона [51]. Выясняли влияние противосорняковой полосы на первоначальный рост эвкалипта большого (*Eucalyptus grandis*). Полосы делали с помощью гербицидов [52]. Испытана устойчивость декоративного растения молодила горного (*Sempervivum montanum*) к гербицидам фузилад, селек, пантера, гоул, афалон, премиант [53]. Запатентован состав гербицида, содержащий глифосат и алкоксилированные глицериды и способ борьбы с нежелательной растительностью [54]. Проанализирована эффективность комбинированных гербицидов на основе 2,4-Д в разных условиях зонального применения [55]. Изучено влияние сроков применения и композиций гербицидов для рапса масличного на их эффективность и урожай озимого рапса [56]. Описано применение гербицидов в посевах сои [57]. Изучена эффективность применения гербицидов в посевах сои в условиях Рязанской обл. [58]. Описана система защиты посевов сахарной свеклы от злостных сорняков, обеспечивающая максимальную урожайность 36.6 т/га. Использовали смеси гербицидов бицепс, миура, лонтрел 300, трицепс и прилипатель адью [59]. Запатентована композиция концентрата, содержащая сафлуфенацил и глифосат, ее применение и способ борьбы с нежелательной растительностью [60].

Обобщены современные проблемы гербологии и оздоровления почв в российском сельскохозяйственном производстве [61]. Показана эффективность гербицидов в зависимости от погодных условий вегетационных сезонов при многолетнем систематическом использовании, а также от технологии их применения [62–65].

### ПОВЕДЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Изучен профиль адсорбции и выщелачивания гербицида флорасулама в различных почвах [66]. Изучали генетический механизм толерантности кукурузы к гербициду никосульфурону в полевых условиях [67]. Обсуждены особенности поведения 2,4-Д и основных ее производных (солей, эфиров) в окружающей среде. Акцент сделан на

их поведении в системе почва–вода [68]. Изучена устойчивость сульфонилмочевинных гербицидов сульфосульфурона, римсульфуруна и никосульфурона в фермерских прудах. Установлен порядок персистентности в ряду никосульфурон > сульфосульфурон > римсульфурун [69]. Составлен исчерпывающий обзор работ по адсорбции и деградации гербицидов из класса феноксиалановых кислот в почве [70]. Изучена адсорбция 2,4-Д на компонентах почвы в окислительных и неокислительных условиях. Показано, что 2,4-Д предпочтительно сорбируется в окислительных условиях и сорбция интенсивнее в почвах с высоким содержанием железа [71].

### ДЕГРАДАЦИЯ ГЕРБИЦИДОВ

Достаточно широко освещена в литературе проблема деградации гербицидов: химической, фотолитической (с катализом и без катализа), микробиологической. Для деградации гербицидов применяли активацию молекулярного  $O_2$  наночастицами Fe нулевой валентности ( $nZVI$ ). Предложена новая стратегия минерализации гербицидов с *симм*-триазиновым кольцом с использованием  $nZVI$  при комнатной температуре и нормальном давлении [72]. Изучена деградация гербицида алахлора в воде при воздействии УЗ с частотой 575 кГц. Разложение алахлора заканчивалось через 30 мин при мощности УЗ 90 Вт [73]. При изучении процесса окисления нового гербицида ZY0777 реагентом Фентона оценивали влияние на кинетику деградации начальных концентраций гербицида,  $H_2O_2$  и  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ . Более 90% деградировало за 32 ч при начальной концентрации алахлора 0.12 мМ [74].

Проведено сравнение современных процессов окисления для деградации фенолмочевинных гербицидов феноурина, монурона и диурона с использованием методов УФ-фотолиза, озонирования, гетерогенного катализа и их комбинаций. Озон и суспензии  $TiO_2$  при УФ-фотолизе значительно повышают скорость деградации [75]. Изучена фототрансформация гербицида оризалина в водном изопропанол и ацетонитриле в присутствии  $TiO_2$  в качестве сенсibilизатора при облучении УФ-светом и солнечным светом. Идентифицировано 12 фотопродуктов [76].

Исследована фотодеградация гербицида диметенамида-Р в деионизированной и грунтовой воде с  $TiO_2$  в качестве катализатора при УФ-облучении. Деградация гербицида протекает быстрее в грунтовой воде [77]. Изучали фотолиз 4-х природных  $\beta$ -трикетонных гербицидов в воде при искусственном солнечном облучении. Анионные формы гербицидов при фотолизе подвергаются

окислению [78]. Изучен распад темботриона и сулкотриона в процессе хлорирования. Хлор вначале реагирует с атомом  $\alpha$ -карбонильных групп, что инициирует галоформную реакцию с образованием  $CHCl_3$  [79]. Проведено сравнение различных образцов  $TiO_2$  как фотокатализаторов для деградации смеси 4-х пестицидов [80]. Описана инновационная технология фотокаталитической деградации гербицида тербутилазина на иммобилизованном тонком слое  $TiO_2$ /хитозан [81]. Приведен обзор фотодеградируемости и продуктов превращения фармацевтиков и пестицидов при облучении солнечным светом сточных вод [82]. Декавольфрамат-анион предложен как эффективный фотокатализатор при фотодеградации регулятора роста растений 2-(1-нафтил)ацетамида в водных растворах [83]. Изучена деградация озонированием 2,4-Д и 2М-4Х в фотореакторе с неподвижным слоем сенсibilизатора  $TiO_2$ . Установлено, что фотокаталитическое озонирование является эффективным способом минерализации гербицидов [84]. Изучена гомогенная деградация 2,4-Д по фото-Фентону в присутствии различных солей Fe (сульфата, оксалата). Наибольшая эффективность процесса достигалась в присутствии цитрата Fe (II) (55% за 180 мин) [85].

Одним из важных путей деградации гербицидов является их разложение при микробиологическом воздействии. Опубликован обзор по микробиологической деградации гербицидов в почве местными микроорганизмами [86]. Отечественные ученые опубликовали обзор по микробной деградации глифосата [87]. Изучена деградация глифосата бактериями родов *Pseudomonas* и *Proteus* [88]. Исследована возможность совместного использования новых бактериальных деструкторов хлорфеноксиалкановых кислот [89]. Оценена способность эндофитных бактерий, выделенных из корней и клубеньков фасоли и гороха, к биоконверсии гербицида 2,4-Д [90]. Описан новый деструктор хлорфеноксиалкановых кислот *Serratia marcescens* MT9, деградирующий гербициды 2,4-Д, 2,4,5-Т и 4-хлорфеноксиуксусную кислоту [91]. Также выделен новый штамм-деструктор хлорфеноксиалкановых гербицидов *Rhodococcus* sp. MT10, деградирующий 2,4-Д, 2,4,5-Т и 2,4-дихлорфенол [92]. Изучено влияние микробных и синтетических ПАВ на биодеградацию атразина штаммом *Acinetobacter* A6, деградирующим гербицид на 80% за 6 сут [93]. Изучена деградация атразина в промышленных сточных водах бактериальными культурами *Pseudomonas* и *Buzkholdenia* [94]. Выделен штамм бактерии *Serratia marcescens* N80 высокоэффективно деградирующий сульфонилмочевинный гербицид никосульфурон [95]. Описаны успехи в изучении микробной деграда-

ции никосульфурона [96]. Выделен и идентифицирован новый штамм *Rhodococcus* sp. MZ-3, полностью деградирующий ацетохлор в концентрации 200 мг/л за 12 ч [97]. Изучена биодеградация предвсходового гербицида пендиметалина жидкой культурой *Bacillus subtilis* [98].

Широкомасштабное применение гербицидных препаратов нового поколения из производных сульфонилмочевины и имидазолинонов в сельскохозяйственном производстве РФ в южных районах ЦФО и Поволжья привело к ежегодной регистрации фактов отрицательного последствия через год после их применения в нейтральных черноземных и щелочных каштановых почвах на чувствительные культуры севооборотов (сахарную свеклу, картофель, подсолнечник, рапс, гречиху и даже кукурузу). По уровню опасности отрицательного фитотоксического последствия действующие вещества из производных этих химических классов ранжируются в следующем понижающем порядке: просульфурон > > хлорсульфурон метсульфурон-метил ≥ амидосульфурон ≥ имазапир > триасульфурон ≥ микосульфурон ≥ имазамокс > римсульфурон ≥ трибенулон-метил > тифенсульфурон. При этом исследованиями показано, что метод биотестирования является наиболее объективным показателем уровня загрязнения почв остатками фитотоксикантов [99].

### ТОКСИКОЛОГИЯ ГЕРБИЦИДОВ

В связи с расширением спектра гербицидов и увеличением объема их применения в сельском хозяйстве и других областях публикуются работы по токсикологии гербицидов.

Исследовали клинические характеристики больных после приема внутрь гербицида дикамбы. Наблюдали повышение содержания лактата, активность линазы и креатинкиназы и другие отклонения [100]. Анализировали данные клинических наблюдений отравлений после употребления внутрь глифосата и его производных [101]. Исследовали генотоксичность соли глифосата изопропиламила на лимфоцитах человека и других организмов [102]. Изучено взаимодействие между глифосатом и митохондриальной сукцинатдегидрогеназой. Показано, что воздействие глифосата вредно для здоровья человека [103]. Оценено влияние длительности применения глифосата на потомство медоносной пчелы [104]. Оценены повреждения ДНК и хромосом в рыбе, вызванные основным продуктом деградации глифосата — аминокетилфосфоновой кислотой [105]. Исследовано влияние гербицида раундап на активности амилаз и сахарозы в дафнии и моллюды плотвы. Установлен факт токсического воз-

действия раундапа на карбогидразы плотвы [106]. Рассмотрены симптомы токсикозов картофеля, вызываемые остатками в почве гербицидов, содержащих сульфонилмочевины, имидазолиноны, дикамбу, пиклорам и клопиралид [107]. Исследовано влияние пестицидов на почвенное микробное сообщество. Глифосат и метамидофос стимулировали рост почвенных микроорганизмов [108]. Приведен обзор результатов за 10 лет исследований по влиянию хиральных гербицидов и инсектицидов на живую биоту в окружающей среде [109]. Оценено влияние сульфонилмочевинного гербицида шевалье на почвенное бактериальное сообщество [110]. Оценены эффекты гербицидов фомесафена, имазапика лактофена, прометрина и тифенсульфурон-метила на активность инвертазы и уреазы в почве. После обработки гербицидами активность ферментов снижалась [111]. Разработан метод оценки распределения видовой чувствительности водорослей к 20 гербицидам различного механизма действия [112]. Обнаружено, что широкое применение гербицида раундап приводит к изменению генетических ресурсов сои [103]. Оценены токсические эффекты глюфосината аммония на эмбрионы и личинки зебрафии. При воздействии гербицида в концентрации 1.6 мкг/л смертность эмбрионов повышалась [114].

С целью снижения токсичности для зерновых культур 2,4-Д и других гербицидных феноксикилот получены соли гербицидных кислот с алкилтриметиламмоний галогенидом с улучшенной смачиваемостью, что позволяет снижать дозы препаратов при обработке [115]. Показано, что гербицид глюфосинат нарушает метаболизм азота и разрушающе действует на активные формы кислорода и ультраструктуру хлоропластов водоросли *Phacodactylum tricorutum* [116]. Исследовали генотоксические эффекты гербицида диурона на первое поколение японских устриц и возможность трансмиссии поврежденной ДНК потомству [117]. Изучено токсическое действие 4-х гербицидов, включая диурон и изопротурон, на прибрежные и эстуарные микроводоросли [118].

### АНАЛИЗ ГЕРБИЦИДОВ

Анализ публикуемых в мировой литературе работ свидетельствует о том, что аналитика пестицидов, в частности гербицидов, продолжает развиваться и совершенствоваться. При анализе почти не используют классические химические и инструментальные методы. Современными универсальными и надежными методами являются различные приборные комбинации: газожижкостная хроматография (ГЖХ) в сочетании с масс-спектрометрией (ГЖХ-МС) и тандемной

масс-спектрометрией (ГЖХ-МС/МС), высокоэффективная и сверхэффективная жидкостная хроматография в сочетании с МС (ВЭЖХ/МС и ВЭЖХ/МС/МС) и другие современные методы. Современная аппаратура позволяет одновременно идентифицировать и определять в различных матрицах десятки и сотни пестицидов из различных химических классов. Разработан метод ГЖХ с электрозахватным детектором (ЭЗД) для одновременного определения 15 гербицидов в образцах тыквенных и пасленовых овощей. Разделение аналитов проводили на капиллярной колонке [119]. Триазиновые гербициды (атразин, пропазин, симазин, прометрин, симетрин) определяли в воде мицеллярной электрокинетической хроматографией [120]. Описано одновременное определение остатков пирасосульфурон-этила и мифенацета в рисе ВЭЖХ-МС/МС [121]. Для определения остатков 60 пестицидов в овощах и фруктах предложен метод, включающий твердофазную экстракцию и анализ сочетанием сверхэффективной жидкостной хроматографии и времяпролетной МС [122]. Остатки глюфосината- $\text{NH}_4$  в кофейных зернах определяли сверхэффективной ЖХ-МС/МС [123]. Предложен быстрый метод определения регуляторов роста хлормекват-хлорида и мепикват-хлорида в томатах, томатной пасте и грушах сочетанием ультраэффективной ЖХ с тандемной МС [124]. Метод QiEChERS использован при определении в кукурузе остатков 22 триазиновых гербицидов. Анализ завершали сверхэффективной ЖХ-МС/МС [125]. Сочетание ВЭЖХ-МС/МС предложено для определения тидиазурина в овощах и фруктах [126]. Разработан метод ГЖХ-МС для мультиостаточного определения 162 пестицидов в чае. Открываемость аналитов в чае составляла в основном 95–98% [127]. Матричную твердофазную дисперсию и ВЭЖХ использовали для определения остатков 2,4-дихлорфенола и 4-хлор-2-метилфенола (продуктов деградации гербицидов 2,4-Д и 2М-4Х) в 3-х образцах почвы [128]. Разработан и валидирован мультиостаточный метод идентификации и определения 210 пестицидов из различных химических классов в овощах и фруктах [129]. Проведено сравнение эффективности методов ГЖХ-квадрупольной времяпролетной МС и ГЖХ-тандемной МС при скрининге и подтверждении остатков 208 пестицидов в овощах и фруктах [130]. Для одновременного определения в куриных яйцах 42 пестицидов и гербицидов использовали методы сверхэффективной ЖХ-МС/МС и ГЖХ-МС [131]. Разработан метод одновременного определения в оливковом масле остатков 72 пестицидов с помощью *on line* гельпроникающей хроматографии (ГПХ) и ГЖХ-МС/МС [132]. Сочетание ГЖХ с квадрупольной МС применяли для определения

остатков пестицидов в детском питании [133]. Для обнаружения в питьевой воде следовых концентраций атразина использовали усиленную поверхность Раман-спектроскопию (SARS) в сочетании с техникой информационной визуализации посредством картирования Сэмпсона [134].

В качестве альтернативы ГЖХ, ВЭЖХ и ГЖХ-МС разработан новый метод одновременного определения в воде атразина, симазина, пропазина и тербутилазина дифференциальной импульсной вольтамперометрией [135]. Осуществлен электроанализ триазиновых гербицидов на основе микроигольного капиллярного электрофореза [136]. Проведен вольтамперометрический анализ гербицида пиклорама на модифицированном ртутью серебряном твердом электроде.

Анализировали образцы воды из окружающей среды [137]. Для анализа речной воды разработан новый неконкурентный электрохимический магнито-иммуносенсор на атразин [138]. Для определения гербицида квинмерака в поверхностных и грунтовых водах предложен новый метод, основанный на фотоиндуцируемой хемилюминесценции. Предел обнаружения гербицида – 0.6 нг/мл [139]. Проведены исследования по применению сенсора на основе молекулярно импринтированного полимера при определении остаточных количеств пестицидов [140].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, информация, отраженная в предлагаемом дайджесте, позволяет утверждать, что исследования по научной и прикладной гербологии продолжают проводиться во всем мире в широком масштабе:

- продолжается активный поиск химических и биологических соединений, обладающих гербицидной активностью;
- предложены новые подходы для разработки оригинальных комплексных препаративных форм гербицидов, изучают сроки и способы их эффективного применения;
- продолжают исследования по оценке негативных экологических последствий при использовании гербицидных традиционных и новых препаратов и способов их практического устранения;
- проводится оценка токсических свойств гербицидов и продуктов их деградации для различных видов биоты;
- совершенствуются методы индикации и анализа остаточных количеств гербицидов в различных матрицах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (обзор публикаций за 2011–2013 гг.) // *Агрохимия*. 2016. № 5. С. 76–85.
2. Ebrahimi R., Feizbakhsh A., Eshaghi A. Extraction and derivatization of chlorophenoxy acid pesticides: Performing two DLLME with one extracting phase // *Chromatographia*. 2016. V. 79. № 7–8. P. 515–520.
3. Sacki M., Yano T., Nakaya Y., Tamada Y. Development of the novel herbicide metazosulfuron // *J. Pest. Sci.* 2016. V. 41. № 3. P. 102–106.
4. Wang X., Wang Ch., Fu C., Zou X. Synthesis and herbicidal activity of 2-суано-3-(2-замещенных феноксипиридин-5-ил)аминоакрилатов содержащих замещенную феноксил группу // *Chin. J. Org. Chem.* 2015. V. 35. № 1. P. 92–99.
5. Yang Z., Li B., Ye J., Hu A. Synthesis and herbicidal activity of 2-(4-арилоксифеноксипропионамид) полученный из бензофуранола // *Chem. J. Chin. Univ.* 2016. V. 37. № 8. P. 1442–1450.
6. Lin G., Xino M., Yang Z., Li B. Synthesis and herbicidal activity of N-(2,2-диметил-7-алкокси-2,3-дигидробензофуран-5-ил)-2-(4-арилоксифеноксипропионамиды // *Chem. Res. Chin. Univ.* 2017. V. 33. № 1. P. 74–79.
7. Wang B., Ding G., Zhu J., Zhang W. Development of novel ionic liquids based on bentazone // *Tetrahedron*. 2015. V. 71. № 41. P. 7860–7864.
8. Nakatani M., Ito M., Yoskimizu T., Miyazaki M. Synthesis and herbicidal activity of 3-[(hetero)aryl]метансульфонил-4,5-дигидро-1,2-оксазол производные; открытие нового преэмергентного гербицида пироксазулона // *J. Pest. Sci.* 2016. V. 41. № 4. P. 133–144.
9. Che J., Meng X., Xu X., Jiang Sh. Synthesis and herbicidal evaluation of novel uracil производные containing benzothiazol-2-yl moiety // *J. Heterocycl. Chem.* 2016. V. 53. № 5. P. 1494–1498.
10. Zou X., Fu C., Wang X., Shan P. Design, synthesis and bioactivity evaluation of novel 3-(замещенных феноксипиридин-6-метил-4-(3-трифлуорометилфенил)пиридин-2-ил) производные // *J. Heterocycl. Chem.* 2017. V. 54. № 1. P. 670–676.
11. Hu Y., He H., Lin X., Weng J. Synthesis and herbicidal activity of substituted 2-(1-(3-хлоропиридин-2-ил)-3,5-диметил-1H-пиразол-4-ил)уксусной кислоты производные containing 1,3,4-thia-diazole // *Chin. J. Pest. Sci.* 2017. V. 19. № 1. P. 114–118.
12. He H., Dai Zh., Xie X., Lia X. Synthesis and herbicidal activity evaluation of novel diacylhydrazine производные containing pyrazolyl moiety // *Chin. J. Pest. Sci.* 2016. V. 18. № 1. P. 113–118.
13. Wen Y., Zhang Sh., Yu Y. Synthesis and herbicidal activity of new methylsulfonyl compounds with pyrazol group // *Chin. J. Org. Chem.* 2016. V. 36. № 3. P. 642–647.
14. Wang B., Zhang L., Zhan Y., Zhang Y. Synthesis and biological activity of novel 1,2,4-triazole thiones and bis(1,2,4-triazole thiones) containing phenylpyrazole and piperazine moieties // *J. Fluor. Chem.* 2016. V. 184. P. 36–44.
15. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Композиция для предпосевной обработки семян. Пат. РФ № 258558 от 11.05.2016 г.
16. Халиков С.С., Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Новый препарат для предпосевной обработки семян с комплексной защитой от болезней и остатков гербицидов в почве // *Агрохимия*. 2016. № 6. С. 39–45.
17. Ахметова В.Р., Зайнуллин Р.А., Ахмадиев Н.С., Хуснутдинова Э.К. Мультикомпонентный синтез водорастворимых гидрохлоридов сульфонилазамещенных азолов и их ростстимулирующая активность в отношении *Saccharomyces cerevisiae* // *Башкир. хим. журн.* 2016. Т. 23. № 3. С. 28–34.
18. Wang W., Zhong Y., Peng H., He H. Synthesis and herbicidal activity of  $\alpha$ -[(substituted phenoxybutyryloxy or valeryoxy)] alkylphosphonates and 2-(substituted phenoxybutyryloxy)alkyl-5,5-dimethyl-1,3,2-dioxaphosphinan-2-one containing fluorine // *J. Fluor. Chem.* 2017. V. 193. P. 8–16.
19. Sehaetzer J., Edmunds A., Gaus K., Rendine S. Efficient synthesis of fused bicyclic ethers and their application in herbicide chemistry // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2014. V. 24. № 19. P. 4643–4649.
20. Zhong Sh., Wang Ch., Song Q., Fan M. Synthesis and herbicidal activity of 2-этоксиэтил 2-суано-3-(замещенных)акрилатов // *Chin. J. Org. Chem.* 2014. № 11. P. 2324–2330.
21. Kido T., Okita H., Okamura M., Tareuchi T. Development of a rice herbicide, ipfencarbazone // *J. Pestic. Dci.* 2016. V. 41. № 3. P. 43–119.
22. Nakatani M., Yamaji Y., Honda H., Uchida Y. Development of the novel pre-emergence herbicide pyroxasulfone // *J. Pestic. Sci.* 2016. V. 41. № 3. P. 107–112.
23. Zhang H., Li Q., Liu K., Liu R. Synthesis and herbicidal activity of N-(4-хлоро-2-флуоро-5-замещенных фенил)изоиндол-1,3-дионе производные // *Chin. J. Org. Chem.* 2015. V. 35. № 1. P. 159–166.
24. Abu S., Hasan A., Ayoub M., Mubarak M. Preparation of some alkenoic acid derivatives as new plant growth regulators // *Res. Chem. Intermed.* 2015. V. 41. № 4. P. 1863–1872.
25. Epp J., Alexander A., Balko T., Buysse A. The discovery of Arylex active and Rinskor active: two novel auxin herbicides // *Bioorg. Med. Chem.* 2016. V. 24. № 3. P. 362–371.
26. Niemczak M., Kedziu I., Bartoswska Z., Marcinkowska K. Herbicidal ionic liquids with 2-(2,4-дихлорофеноксипропионат)анион // *Chemik.* 2016. V. 70. № 9. P. 555–563.
27. Liu X., Weng J., Wang B., Li Y. Microwave-assisted synthesis of novel fluorinated 1,2,4-triazole производные, and study of their biological activity // *Res. Chem. Intermed.* 2014. V. 40. № 8. P. 2605–2612.
28. Nain-Pere A., Barbosa L., Picfndo M., Giberti S. Amino-substituted para-benzoquinones as potential herbicides // *Chem. Biodivers.* 2016. V. 13. № 8. P. 1008–1017.
29. Uhl Th., Reese U., Fortsch A. Du pont piater plus – ein neues breitband-herbicid für das getreide // *Julius-Kühn-Arch.* 2014. № 447. P. 557.
30. Bernhard U., Koops A., De Ganjac X. Milestone – ein neues selectives herbicid zur bekämpfung wichtiger mono- und dikotyler unkräuter in winteraps // *Julius-Kühn-Arch.* 2014. № 447. P. 554–555.

31. *Günnigmann A., Becker D.* Ein neues herbicid zur bekämpfung vor cyperus esculentus in mais // Julius-Kühn-Arch. 2016. № 452. P. 347–352.
32. *Dzikowski M., Becker J., Larelle D., Kamerichs B.* Zypar TM and Pixxaro EC to control wide range of broadleaf weeds in cereal in Europe // Julius-Kühn-Arch. 2016. № 452. P. 297–304.
33. *Uhl Th., Förtsch A., Drobny H.* DuPont Omaera LQ-Meine new generation flussig formulierten Getzide-herbizide // Julius-Kühn-Arch. 2016. № 452. P. 305–309.
34. *Molinaro F., Monterumici C., Tobasso S.* Bioherbicidal activity of germaeranolide sesquiterpene from *Ambrosia artemisifolia* L. // Environ. Sci. Health. B. 2016. V. 51. № 12. P. 847–852.
35. *Evidente A., Cimmino A., Andolfi A., Berestetskiy A., Motta A.* Phomachalasin AD, 26-oxu [16] and [15] cytochalasins produced by *Phoma exigua*, a potencial mycoherbicide for *Cirsium arvense* biocontrol // Tetrahedron. 2011. V. 67. № 8. P. 1557–1563.
36. *Caldwell C., Hyres R., Boyethko S., Korber D.* Colonization and bioherbicidal activity on green foxtail by *Pseudomanas fluorensens* BRG 100 in a pesta formulation // Can. J. Microbiol. 2012. V. 58. № 1. P. 1–9.
37. *Mendes I., Rezende M.* Assesment of the allelopathic effect of leaf and seed extacts of *Canavalia ensiformis* as postemergence bioherbicides // J. Environ. Sci. Health B. 2014. V. 49. № 5. P. 374–380.
38. *Kalam S., Khan N., Singh J.* A novel phytotoxic phenolic compound from Phoma herbarum with herbicidal potential // Химия природ. соед. 2014. № 4. С. 559–561.
39. *Masi M., Meyer S., Clement S., Andolfi A.* Spiroctaphylotrichin W, a spirocyclic  $\gamma$ -isolated from liquid culture of *Pyrenophora semeniperda*, a potential mycoherbicide for cheatgrass (*Bromus tectorum*) biocontrol // Tetrahedron. 2014. V. 70. № 7. P. 1497–1501.
40. *Кондратьев М.Н., Ларинова Ю.С., Давыдова А.Н.* Вторичные соединения лекарственных растений как потенциальная основа для создания биогербицидов // Вопр. биол., мед., фарм. химии. 2017. Т. 20. № 5. С. 36–40.
41. *Щербаков А.В., Заплаткин А.Н., Чеботарь В.К.* Эндодитные бактерии, населяющие семена пшеницы, перспективные продуценты микробных препаратов для сельского хозяйства // Достиж. науки и техн. АПК. 2013. № 7. С. 35–38.
42. *Гарипов Ю.А., Киселева Н.Н., Спиридонов Ю.Я.* Гербицидный композиционный состав “Горчак”. Евраз. пат. № 019229 от 28.02.2014 г.
43. *Гарипов Ю.А., Киселева Н.Н., Спиридонов Ю.Я.* Синергетическая композиция. Евраз. пат. № 023801 от 26.03.2014 г.
44. *Киселева Н.Н., Гарипов Ю.А., Спиридонов Ю.Я.* Синергетическая композиция. Евраз. пат. № 201400321 от 23.01.2018 г.
45. *Хамитов Р.Я., Мирсантова Г.Т.* Современные тенденции в области применения пестицидов // Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 4. С. 23–26.
46. *Захарьева Ю.И., Верещагин А.Л.* Экологические аспекты применения инермедиатов цикла Кребса для снижения норм внесения гербицидов сплошного действия // Совр. пробл. науки и образ. 2015. № 3. С. 589.
47. *Берназ Н.И.* Баковые смеси гербицидов для защиты капусты // Картофель и овощи. 2014. № 1. С. 24–25.
48. *Лабынцев А., Гринько А., Медведева В.* Эффективность гербицидов из класса сульфонилмочевин на озимой пшенице // Глав. агроном. 2014. № 8. С. 20–24.
49. *Дзардаков Д.В., Елиневская Л.С., Ролдугин В.И.* Влияние природы и состава смешанных ПАВ на стабильность гербицидных эмульсий на основе феноксапропэтила и клоkwитосет-мексила // Коллоид. журн. 2014. Т. 76. № 6. С. 725.
50. *Wolker S., Boucher L., Cook T., Davidson B., MoLean A., Widderick M.* Weed age affects chemical control of *Conyza bonarienses* in fallows // Crop Prot. 2012. V. 38. P. 15–20.
51. *Tiburcio R., Ferreira F., Valente P., Melo Ck., Medeiros W.* Crescimento de mudas de clones de eualipto submediidos a deriva simulada de diferentes herbicidas // Rev. Drove. 2012. V. 36. № 1. P. 65–72.
52. *Da Silva J., Alves P., de Toledo R.* Weed control strip influences the initial granth of *Eucalyptus grandis* // Act. Asc. Agron. 2012. V. 34. № 1. P. 29–35.
53. *Zaharia A., Balcan S., Buta E., Zaharia D.* Research concerning the behavior of Sempervitarn plants ander treatements wit herbicides // Bull. Univ. Agr. Sci. Vet. Med. Cluj-Napocf. Hort. 2012. V. 69. № 1. P. 363–367.
54. *Акио Нобель Н.В., Чжу Шен, Паллас Норман Р.* Состав гербицида, содержащий глифосат и алкоксилированные глицериды (варианты) и способ борьбы с нежелательной растительностью. Пат. РФ № 2543281. Оpubл. 27.02.2015.
55. *Ларина Г.Е.* Эффективность комбинированных гербицидов на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и ее производных // Агрохимия. 2014. № 1. С. 45–51.
56. *Schónhammer A., Dittman T., Freitag J.* Zam Einfluss von Anwendungstermin und Wirkstoffzusammensetzung vor Repsherherbiziden auf die Unkrautwirkung und Ertragsleistung bei Winterraps // Julius-Kühn-Arch. 2014. № 447. S. 165–166.
57. *Караетян С.С.* Гербициды в посевах сои // Защита и карантин раст. 2014. № 9. С. 42.
58. *Венецьев В.З., Захарова М.Н.* Эффективность применения гербицидов в посевах сои в условиях Рязанской области // Зернобоб. и круп. культуры. 2014. № 2. С. 31–35.
59. *Бочкарев Д.В., Смолин Н.В., Савельев А.С., Емельянов С.В.* Система защиты посевов от злостных сорняков // Сахар. свекла. 2014. № 7. С. 32–34.
60. *Крапп М., Грегори В., Свен А., Кольб К.* Водная композиция концентрата, содержащая сафлуфенацил и глифосат, ее применение и способ борьбы с нежелательной растительностью. Пат. № 2543265. Оpubл. 27.02.2015.
61. *Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С.* Современные проблемы гербологии и оздоровления почв. М.: Большие Вяземы, 2016. 384 с.
62. *Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В.* Глифосатсодержащие гербициды – особенности технологии их применения в широкой практике растениеводства // Вестн. защиты растений. 2015. № 4(86). С. 5–11.
63. *Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В.* Зависимость уровня гербицидной активности глифосатсодержащих

- препаратов от расхода рабочих растворов // *Агрохимия*. 2016. № 1. С. 29–33.
64. Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Жарков М.Г. Опыт многолетнего систематического применения раундапа в центральном регионе Нечерноземья // *Агрохимия*. 2016. № 10. С. 61–70.
65. Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А., Спиридонова Г.С., Калимуллин А.Т., Спиридонова И.Ю., Босак Г.С. Итоги многолетнего изучения осеннего применения гербицидов в посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // *Агрохимия*. 2017. № 8. С. 53–67.
66. Ma Y., Li X. Adsorption and leaching behavior of florasulam in different soils // *Chin. J. Pest. Sci.* 2016. V. 18. № 3. P. 380–386.
67. Wang J., Zhong X., Lü X., Li F. Advantages in research on tolerance of differential corn cultivars to the nicosulfuron // *Chin. J. Pest. Sci.* 2016. V. 18. № 3. P. 282–290.
68. Ларина Г.Е. Уровень персистентности и эффективность 2,4-дихлорфеноксисульфоновой кислоты и основных ее производных (солей, эфиров) // *Агрохимия*. 2013. № 12. С. 15–27.
69. Cessna A., Donald D., Bailey J., Weiser M. Persistence of the sulfonylurea herbicides sulfosulfuron, rimsulfuron, and nicosulfuron in farm ponds // *J. Environ. Qual.* 2015. V. 44. № 6. P. 1948–1955.
70. Paszko T., Muszynski M., Bojanowska M., Materska M. Adsorption and degradation of phenoxy alkanolic acid herbicides in soils // *Environ. Toxicol. Chem.* 2016. V. 35. № 2. P. 271–286.
71. Ololade I., Alomaija F., Oladoja N., Ololade O. Kinetics and isotherm analysis of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid adsorption onto soil. Components under oxic and anoxic conditions // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2015. V. 50. № 7. P. 492–503.
72. Ai Zh., Jia F., Zhang L. New strategy for mineralization of herbicides with triazine ring with nZVI under room temperature and normal pressure // *Environ. Chem.* 2016. V. 35. № 10. P. 1977–1984.
73. Kidak R., Dogan S. Degradation of trace concentration of alachlor by medium frequency ultrasound // *Chem. Eng. Process.* 2015. V. 89. P. 19–27.
74. Zhang P., Ye M., Zhong E., Miao W. Kinetics study of degradation of herbicide ZJ0777 by Fenton reagent // *Chin. J. Pest. Sci.* 2014. V. 16. № 5. P. 580–585.
75. Kovass K., Farkas J., Vereb G., Arany E. Comparison of various advanced oxidation processes for the degradation of phenylurea herbicides // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2016. V. 51. № 4. P. 205–214.
76. Pramanik S., Joarder S., Das S., Roy S. Photodegradation of Oryzalin in aqueous isopropanol and acetonitrile // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2016. V. 51. № 5. P. 287–297.
77. Glavaski O., Petrovic S., Zeremski T. Photodegradation of dimethenamide P in deionized and ground water // *Chem. Ind. Chem. Eng. Quart.* 2016. № 1. P. 101–110.
78. Trivella A., Stavinoga M., Dayan F., Contrell Ch. Photolysis of natural  $\beta$ -triketonic herbicides in water // *Water Res.* 2015. V. 78. P. 28–36.
79. Tawk A., Deborde M., Labanowski J., Gallard H. Chlorination of  $\beta$ -triketone herbicides tembotrione and salcotrione // *Water Res.* 2015. V. 76. P. 132–142.
80. Vicente R., Soler J., Arques A., Frontistis Z. Comparison of different TiO<sub>2</sub> samples as photocatalyst for the degradation of a mixture of four commercial pesticides // *Chem. Technol. Biotechnol.* 2014. V. 89. № 8. P. 1259–1264.
81. Le Cunff J., Tomačik V., Wittine O. Photocatalytic degradation of the herbicide terbuthylazine: preparation, characterization and photoactivity of the immobilized thin layer of TiO<sub>2</sub>/chitosan // *J. Photochem. Photobiol. A.* 2015. V. 309. P. 712–724.
82. Mathon B., Choubert J.-M., Miegé C., Coquere M. A review of the photodegradability and transformation products of 13 pharmaceuticals and pesticides relevant to sewage polishing treatment // *Sci. Total. Environ.* 2016. V. 551–552. P. 712–724.
83. Sousa Da Silva E., Sarakha M., Burrows H., Wong-Wah-Chung P. Decatungstate anion as an efficient photocatalytic species for the transformation of the pesticide 2-(1-naphthyl)-acetamide in aqueous solution // *J. Photochem. Photobiol. A.* 2017. V. 334. P. 61–73.
84. Radwan E., Yu L., Achari G., Langford C. Photocatalytic ozonation of pesticides in a fixed bed flow through UVA-LED photoreactor // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2016. V. 23. № 21. P. 21313–21318.
85. Conte L., Querini P., Albizzati E., Alfano O. Photonic and quantum efficiencies for the homogeneous photo-Fenton degradation of herbicide 2,4-D using different iron complexes // *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 2014. V. 89. № 12. P. 1967–1974.
86. Verma J., Jaiswal D., Sagar R. Pesticide relevance and their microbial degradation: a state-of-art // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2014. V. 13. № 4. P. 429–466.
87. Свиридов А.В., Шушкова Т.В., Ермакова И.Т., Иванова Е.В. Микробная деградация гербицида глифосата (Обзор) // *Прикл. биохим. и микробиол.* 2015. Т. 51. № 2. С. 183.
88. Бакулин М.К., Овсяников Ю.С., Туманов А.С., Бакулин В.М. Деградация гербицида глифосата бактериями родов *Pseudomonas* и *Proteus* // *Фунд. исслед.* 2014. № 8. Ч. 6. С. 1377–1382.
89. Журенко Е.Ю., Жарикова Н.В., Глимзянова Н.Ф., Ясаков Т.Р. Взаимодействие деструкторов хлорфеноксисилановых гербицидов *Serratia marcescens* MT9 и *Rhodococcus* sp. MT10 и микромицета *Trichoderma* sp. NF11 // *Естеств. и техн. науки*. 2014. № 1. С. 42–45.
90. Гарипова С.Р., Федорова А.А. Влияние инокуляции гороха эндофитными бактериями, утилизирующими 2,4-Д, на рост растений // *Агрохимия*. 2014. № 1. С. 62–70.
91. Ясаков Т.Р., Жарикова Н.В., Журенко Е.Ю., Коробов В.В. Новый штамм-деструктор *Serratia marcescens* MT9 // *Естеств. и техн. науки*. 2014. № 1. С. 46–49.
92. Жарикова Н.В., Журенко Е.Ю., Ясаков Т.Р., Коробов В.В. Новый штамм-деструктор хлорфеноксисилановых гербицидов *Rhodococcus* sp. MT10 // *Естеств. и техн. науки*. 2014. № 1. С. 38–41.

93. Singh A., Cameotra S., Swaranjit S. Influence of microbial and synthetic surfactants on the biodegradation of atrazine // Environ. Sci. Pollut. Res. 2014. V. 21. № 3. P. 2088–2097.
94. Dutta A., Vasudevan V., Nain L., Singh N. Characterization of bacterial diversity in an atrazine degrading enrichment culture and degradation of atrazine in industrial Wastewater // J. Environ. Sci. Health. B. 2016. V. 51. № 1. P. 24–34.
95. Zhang H., Mu W., Zhao W., Wu X. Biodegradation of nicosulfuron by the bacterium *Serratia marcescens* N80 // J. Environ. Sci. Health. B. 2012. V. 47. № 3. P. 152–160.
96. Zhao W., Qiu L., Guo Q., Li S. Research progress of microbial degradation of nicosulfuron // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 6. P. 676–685.
97. Zhang D., Li Zh., Qiu J., Ma Y. Isolation, identification and acetochlor-degrading potencial of novel *Rhodococcus* sp. MZ-3 // J. Environ. Sci. Health. B. 2016. V. 51. № 10. P. 688–694.
98. Ni H., Yao Li., Li Na, Cao Q. Biodegradation of pendimethalin by *Bacillus subtilis* Y3 // J. Environ. Sci. 2016. V. 41. P. 121–127.
99. Спиридонов Ю.Я. Экологические последствия современных гербицидов // Современные проблемы гербологии и оздоровления почв. М.: Большие Вяземы, 2016. С. 130–135.
100. Moon J., Chun B. Clinical characteristics of patients after dicamba herbicide ingestion // J. Clin. Toxicol. 2014. V. 52. № 1. P. 48–53.
101. Kamijo Y., Takai M., Sakamoto T. A multicenter retrospective survey of poisoning after ingestion of herbicides containing glyphosate potassium salt or other glyphosate salts in Japan // Clin. Toxicol. 2016. V. 54. № 2. P. 147–151.
102. Alvares-Moya C., Reynoso S., Valdez R., Covez G. Comparison of the in vivo and in vitro genotoxicity of glyphosate isopropylamine salt in three different organisms // Genet. Mol. Biol. 2014. V. 37. № 1. P. 105–110.
103. Ugarte R. Interaction between glyphosate and mitochondrial succinate dehydrogenase // Comput. Theor. Chem. 2014. V. 1043. P. 54–63.
104. Von Mery G., Levine S., Doering J., Norman S. Bewertung der exposition und auswirkungen for glyphosat auf die entwicklung vor honigbierenbrat (*Apis mellifera*) // Julius-Kühn Arch. 2014. № 447. S. 375.
105. Guilherme S., Santos M., Gavao I., Pacheco M. DNA and chromosomal damage induced in fish by aminomethyl phosphonic acid (AMPA) – the major environmental breakdown product of glyphosate // Environ. Sci. Pollut. 2014. V. 21. № 14. P. 8730–8739.
106. Голованова И.Л., Панченкова Г.А. Влияние гербицида Раундап на активность карбогидраз рачкового зоопланктона и молоди плотвы // Токсикол. вестн. 2009. № 4. С. 32–35.
107. Филиппов А.В., Спиридонов Ю.Я. Гербицидные токсикозы картофеля // Защита и карантин раст. 2014. № 3. С. 44–46.
108. Lo Chi-Chu. Effect of pesticides on soil microbial community // J. Environ. Sci. Health. B. 2010. V. 45. № 5. P. 348–359.
109. Ye J., Zhao M., Niu L., Liu W. Enantio-selective environmental toxicology of chiral pesticides // Chem. Res. Toxicol. 2015. V. 28. № 3. P. 325–338.
110. Arabet D., Tempel S., Fons M., Denis Y. Effects of sulfonyleurea herbicide on the soil bacterial community // Environ. Sci. Pollut. Res. 2014. V. 21. № 8. P. 5619–5627.
111. Wu X., Xu J., Dong F., Liu X. Effects of five herbicides on activities of soil invertase and urease // Chin. J. Pest. Sci. 2015. V. 17. № 2. P. 179–184.
112. Nagai T., Taya K. Estimation of herbicide species sensitivity distribution using single-species algal toxicity data and information on the mode of action // Environ. Toxicol. Chem. 2015. V. 34. № 3. P. 677–684.
113. Чесноков Ю.В. Коммерческая Roundup Ready соя // Тр. по прикл. ботан., генет. и селекции. 2014. Т. 175. № 3. С. 98–107.
114. Wang P., Chen X., Yang D., Yang J. Toxic effects of glufosinate-ammonium on zebrafish embryos and larval // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 3. P. 323–329.
115. Stasiewicz M., Trugata A. Oxidation of alyltrimethylammonium salts with herbicidal anion // Chemik. 2016. V. 70. № 9. P. 564–569.
116. Xie J., Bai X., Li Y., Sun Ch. The effect of glufosinate on nitrogen assimilation at the physiological, biochemical and molecular levels in *Phaeodactylum tricornutum* // Ecotoxicology. 2014. V. 23. № 8. P. 1430–1438.
117. Barrander A., Akcha F., Rouxel J., Brizard R. Study of genite damage in the Japanese oyster induced by an environmentally-relevant exposure to diuron. Evidence of vertical transmission of DNA damage // Aquat. Toxicol. 2014. V. 146. P. 93–104.
118. Sjollem S., Martinez-Garcia G., Jan der Geest H., Kraak M. Hazard and risk of herbicides for marine microalgae // Environ. Pollut. 2014. V. 187. P. 106–111.
119. Tian H., Bai X., Yuan X., Du F. Simultaneous determination of fifteen herbicides in *Cucurbita cesus* and *solanaceous* vegetables by gas chromatography with electron capture detector // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 5. P. 625–632.
120. Li Z., Zhang S., Yin X., Wang C. Micellar electrokinetic chromatographic determination of triazine herbicides in water samples // J. Chromatogr. Sci. 2014. V. 52. № 8. P. 926–931.
121. Li H., You X., Liu F., Jian Q. Simultaneous determination of pyrazosulfuron-ethyl and mefenacet residues in rice by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // Chin. J. Pest. Sci. 2014. V. 16. № 6. P. 728–733.
122. Sivaperumal P., Anand P., Riddhi L. Rapid determination of pesticide residues in fruits and vegetables, using ultra high-performance liquid chromatography / time of flight mass-spectrometry // Food. Chem. 2015. V. 168. P. 356–365.
123. Zhang Y., Lu D., Hah B., Lin J. Determination of residues of glufosinate-ammonium and its metabolites in coffee cherries by ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // Chin. J. Pest. Sci. 2014. V. 16. № 6. P. 734–739.
124. Zhang H. Analysis of chlormequat chloride and mepiquat chloride residues in tomato, tomato paste and pear by using

- liquid chromatography-tandem mass-spectrometry // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 5. P. 619–624.
125. Wu Y., Zhao W., Liu Y., Jiang B. Determination of 22 triazine herbicides residual in corn by enhanced matrix removal QuEChERS – ultra flow liquid chromatography-tandem mass spectrometry // Chin. J. Anal. Chem. 2016. V. 44. № 6. P. 950–957.
126. Qiat Ch., Pang T., Huang Y., Luo J. Application of dispersive solid phase extraction for the determination of thidiazuron in four fruits and vegetable samples by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry // Chin. J. Pest. Sci. 2015. V. 17. № 5. P. 622–626.
127. Saito-Shida S., Nemoto S., Teshima R. Multiresidue determination of pesticides in tea by gas chromatography-tandem mass spectrometry // J. Environ. Sci. Health. B. 2015. V. 50. № 11. P. 760–776.
128. Guo Y., Zhang L., Zhang Zh. Determination of 2,4-dichlorophenol and 4-chloro-2-methyl-phenol residues by matrix solid-phase dispersion and high performance liquid chromatography // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 17. № 3. P. 321–326.
129. Ucles S., Belmonte N., Mezcuca M., Martinez A. Validation of a multiclass multiresidue method and monitoring results for 210 pesticides in fruits and vegetables by gas-chromatography triple quadruple mass spectrometry // J. Environ. Sci. Health. B. 2014. V. 49. № 8. P. 557–568.
130. Cao X., Pang G., Jin L., Kang J. Comparison of the performance of gas chromatography-quadrupole time of flight mass spectrometry and gas chromatography tandem mass-spectrometry in rapid screening and confirmation of 208 pesticide residues in fruits and vegetables // Chin. J. Chromatogr. 2015. V. 33. № 4. P. 389–396.
131. Li Y., Chen Z., Luo P., Zhang R., Luo P. Determination of 42 pesticides and herbicides in chicker eggs by UH-PLC-MS/MS and GC-MS using a QuEChERS-based procedure // Chromatographia. 2016. V. 79. № 17–18. P. 1165–1175.
132. Yan H.-F., Zhang F., Chen L., Dai H. Determination of 72 pesticide residues in olive oil by online gel permeation chromatography GLC-tandem mass spectrometry // J. Food Safety Quality. 2016. V. 7. № 1. P. 166–176.
133. Amendola G., Pelosi P., Attard B. Determination of pesticide in baby foods by gas chromatography coupled with triple quadrupole mass spectrometry // Environ. Sci. Health. B. 2015. V. 50. № 2. P. 109–120.
134. Rubira R., Camacho S., Aoki P., Maximino M. Detection trace levels of atrazine using surface-enhanced Raman scattering and information visualization // Colloid Polym. Sci. 2014. V. № 11. P. 2811–2820.
135. Qiu P., Ni Y., Kokot S. Simultaneous voltammetric determination of four triazine herbicides in water samples with the aid of chemometrics // Environ. Sci. Health. B. 2014. V. 49. № 10. P. 722–729.
136. Islam K., Chand K., Han D., Kim Y.-S. Microchip capillary electrophoresis based electroanalysis of triazine herbicides // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2015. V. 94. № 1. P. 41–45.
137. Janikova-Bandzuchova L., Selesovska R., Chylkova J., Nesnidalova V. Voltammetric analysis of herbicide picloram on the silver amalgam electrode // Anal. Lett. 2016. V. 49. № 1. P. 19–36.
138. Gonzales-Techera A., Zon M., Molina P., Fernandez H. Development of a highly sensitive noncompotitise electrochemical immunosensor for the detection of atrazine by phage anti-immunocomplex // Biosens. Bioelectron. 2015. V. 64. P. 650–656.
139. Catala-Icardo M., Lopez-Paz J., Blazquez-Perez J. Development on the photoinduced chemiluminescent method for the determination of the herbicide quinmerac in water // Appl. Spectrosci. 2015. V. 69. № 10. P. 1199–1203.
140. Yang M., Chen X., Li Y., Liu H. Research progress of the application of molecular imprinted sensor in the detection of pesticide residues // Chin. J. Pest. Sci. 2016. V. 18. № 2. P. 151–157.

## Current Problems in the Study and Application of Herbicides (Digest for 2014–2017 years)

Yu. Ya. Spiridonov<sup>a, #</sup>, S. G. Zhemchuzhin<sup>a</sup>, Ir. Yu. Kleimenova<sup>b</sup>, and G. S. Bosak<sup>a</sup>

<sup>a</sup>All–Russian Institute of Phytopathology  
ul. Institut bld. 5, Moscow region, r.p. Bolshie Vyazemy, 143050, Russia

<sup>b</sup>All–Russian Institute of Science-Technical Information  
ul. Usievitcha 20, Moscow 125315, Russia

<sup>#</sup>E-mail: spiridonov@vniif.ru

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 pulicated in world communications with the aim to provide their accessibility for wide circle of scientists and practical workers. Presented review included current Russian and foreign information about different directions scientific and practical herbology (publications in 2014–2017 years).

*Key words:* study and application of herbicides, publications in 2014–2017 years.