

УДК 632.95

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ (ДАЙДЖЕСТ ПУБЛИКАЦИЙ ЗА 2017–2019 гг.)

© 2021 г. Ю. Я. Спиридонов<sup>1,\*</sup>, С. Г. Жемчужин<sup>1</sup>, Л. М. Королева<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 14.07.2020 г.

После доработки 12.08.2020 г.

Принята к публикации 10.12.2020 г.

В связи с ежегодным постоянным возрастанием числа публикаций по различным вопросам научной и прикладной гербологии сохраняется необходимость мониторинга публикуемых в мире сообщений по гербицидам и сопутствующим средствам с целью обеспечения их доступности для широкого круга научных работников и практиков. В предлагаемый дайджест включена отечественная и зарубежная информация по различным вопросам исследовательской и практической гербологии (публикации за 2017–2019 гг.).

*Ключевые слова:* изучение и применение гербицидов и регуляторов роста растений, публикации за 2017–2019 гг.

DOI: 10.31857/S0002188121030121

### ПОИСК И ИЗУЧЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ С ГЕРБИЦИДНОЙ И РОСТРЕГУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ

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

Продолжают публиковаться работы, посвященные традиционным гербицидным структурам. Получены и охарактеризованы новые жидкие формы гербицида 2(2,4-дихлорфенокси)пропана(2,4-ДР), высокоактивные против двудольных сорняков и с низким потенциалом бионакопления в почве [2]. Синтезированы 5 новых гербицидных аммониевых солей с анионом 2,4-дихлорфеноксиацетата (2,4-Д) с катионами различного строения. Оценена гербицидная активность новых ионных жидкостей против сорняков [3]. Изучены гербицидные и фунгистатические свойства фтористых аналогов феноксиуксусных гербицидов, способных уничтожить 3 вида сорняков, а также фитопатогенные грибы *Phytophthora*

*cactoram* [4]. Приведены рекомендации для использования гербицида калео, ВРК на основе глифосата и 2,4-Д в борьбе на паровых полях с однодольными и двудольными сорняками [5]. Описаны дизайн, синтез и изучение гербицидной активности арил-2,6-производных сульфонилмочевин в качестве мощных ингибиторов ацетогидроксикислот-синтазы [6]. Изучено применение водного осмоса в разделении кислой жидкости HCl/глифосат посредством диффузионного диализа [7]. Описано связывание при взаимодействии лизоцима с гербицидом ваологеном [8].

Обсуждены характеристики биоугля, полученного из лузги риса и его сорбционные способности для ацетанилидного гербицида метоалхлора [9]. Приведены данные по дизайну, синтезу и оценке новых оснований Шаффа *цис-n*-ментанового типа в качестве эффективных гербицидов [10]. Запатентована имеющая гербицидную активность соль N<sup>1</sup>, N<sup>1</sup>, N<sup>4</sup>, N<sup>4</sup>-тетраметил-2-бутил-1,4-диамина с 2-метокси-3,6-дихлорбензоатом [11]. Предложен способ приготовления микрокапсул гербицида 2,4-Д с агар-агаром в качестве покрытия [12]. Изучена гербицидная активность инновационного препарата Z110361 на основе 1,3-

диметил-4-(2-метил-4-метилсульфонил-3-(2-*n*-толилокси)этокси)бензоил-1Н-пиразол-5-ил этилкарбоната [13]. Оценена гербицидная активность имидазолкетон-содержащих ингибиторов *p*-гидроксифенил-паруватдегидрогеназы *Arabidopsis thaliana* и человека, являющаяся мишенью при разработке новых гербицидов. Исследованы взаимосвязь структура—активность и селективность соединений [14]. Предложены композиции и способы улучшения совместимости растворимых в воде солей гербицидов посредством добавления к раствору ПАВ [15].

Запатентованы содержащие антидоты твердые гербицидные композиции с улучшенной стабильностью [16]. В качестве антидота к 2,4-Д в посевах подсолнечника предложен О-(4-трет-бутилфенил)-карбонил-4,6-диметил-2-хлорпиридил-3-амид-оксим [17]. Запатентованы имеющие гербицидную активность соли 1,3-бис(диметиламино)метил)тиомочевины и 1,3-бис(диметиламино)метил)мочевины с 2-метокси-3,6-дихлорбензоатом [18]. Предложено гербицидное средство, содержащее триалкаламидные соли клетодима и клопиралаида [19]. Запатентованы гербицидные композиции, содержащие 4-амино-3-хлор-5-фтор-6-(4-хлор-2-фтор-3-метоксифенил)-пиридин-2-карбоновую кислоту и галосульфурон, пiazосульфурон и эспрокарб [20]. Запатентован способ приготовления солей дикамбы, обладающих гербицидным действием [21]. Предложена новая гербицидная композиция, содержащая циклогексаноновые соединения с гербицидной активностью [22]. Изучена эволюционная зависимость между малярийными паразитами и растениями, предлагаемая для использования при разработке новых гербицидов [23]. Проведен синтез и изучена гербицидная активность производных 1,2,4-триазола, содержащего пиразольный фрагмент [24].

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ

Даны рекомендации по применению гербицидов раундапа, арсенала, анкора-85 и их смесей для площадей под культуры сосны и ели, создаваемые сеянцами с закрытой корневой системой. Определены показатели эффективности действия гербицидов на нежелательную травянистую и древесную растительность [25]. Исследована эффективность действия бетаналов-дженериков на сорную растительность в посевах сахарной свеклы в зависимости от скорости кристаллизации и величины кристаллов в растворе и на листьях обработанных растений [26]. Продолжает существовать интерес практиков и теоретиков

сельского хозяйства к широко применяемому гербициду глифосату. Оценена устойчивость к глифосату летнего сорняка джунглерика (*Echinochloa colona*) в виноградниках и фруктовых садах Калифорнии [27]. Представлен обзор устойчивых к глифосату сорняков по всему миру [28]. Изучена чувствительность сорняков *Peruvian watergrass* и *Rice cutgrass* к глифосату [29]. Выявлена устойчивость к глифосату чертополоха [30]. Выяснено, что низкие дозы глифосата усиливают ассимиляцию CO<sub>2</sub>, устойчивую проводимость и транспирацию в сахарном тростнике и эвкалипте [31]. Изучено влияние глифосата на развитие болезней сорных и культурных растений [32]. Изучены история и современное состояние широко используемого в мире гербицида глифосата [33]. Обнаружена target-сайт мутация, придающая резистентность к глифосату в популяции пучковой травы *Rhodes* в Австралии [34]. Изучено использование глифосата в посевах рапса, озимой пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы в центральной Европе [35]. Установлено, что пониженное поглощение глифосата и уменьшенная транслокация гербицида дикамбы препятствуют борьбе с сорняком *Kochia scoparua* при повышенной температуре [36]. Оценена эффективность применения гербицидов пивота, базаграна и фюзилата при беспокровном посеве люцерны на семена [37]. Изучена видовая и фазовая чувствительность щирицы к гербицидам дикопуру Ф. и пантера [38]. Разработана технология обработки посевов микроудобрениями и гербицидами с помощью агрегата с аппликаторами для ленточного внесения препаратов с 2-х сторон рядка растений [39]. Описано применение природных ростостимуляторов (настоев веток ивы, дрожжей, листьев алоэ) для корнеобразования черенков декоративных растений (сеткеразии, циссуса, сенполии) [40]. Описана оптимизация фитосанитарного состояния посевов зерновых культур с помощью разноплановых гербицидов [41]. Установлено, что смеси гербицидов с фунгицидами и микроудобрениями способствуют защите подсолнечника от болезней и повышают урожайность [42]. Показано, что сочетание боронования с обработкой гербицидом линтур (тиосульфурон + дикамба) может быть использовано для защиты проса от сорняков [43]. Представлены результаты испытаний комплекса гербицидов для борьбы с осотом розовым и выюнком полевым в посевах озимой пшеницы и их последствие в посевах сахарной свеклы. Особую эффективность показал 3-компонентный препарат балерина Микс [44]. Представлены результаты изучения эффективности гербицидов и баковых смесей в посевах льна-долгунца в условиях

Псковской обл. Наибольшая эффективность против комплекса сорняков получена в варианте, где применяли баковую смесь препаратов ленок + тарга-супер [45]. Установлено, что быстрый гербицидный эффект при защите картофеля от сорняков достигается на ранних стадиях развития при обработке концентратом раствора метрибузина и послеуборочным применением препарата титус (50 г/га) [46]. Изучена ростстимулирующая активность спирогетероциклических соединений фуранонового ряда, содержащих сульфонил-амидный фрагмент [47]. Описаны результаты исследований по совершенствованию технологий применения средств защиты растений методом опрыскивания [48]. Слоистый силикатный магадит использован в качестве подложки при контролируемом высвобождении гербицидов диурена и 2,4-D [49]. Разработана программа и осуществлено комплексное управление сорняком *P. hysterophorus* в посевах стручкового перца, включающее первичную обработку (вспашку и ручную прополку) в комбинации с обработкой гербицидом окси-флуорфеном. Изучено воздействие 8-ми гербицидов на жизнеспособность энтомопатогенных нематод [50]. Проведена оценка чувствительности засоряющего поля кукурузы сорняка *Cucumis Melo* L. к никосульфурону, имазамику, фомесафену и бентазону [51]. Проведено сравнение 5-ти гербицидов в борьбе с сорными растениями гречихи [52]. Оценена эффективность граминицида Шогун против однолетних однодольных сорных растений в посадках капусты белокочанной [53]. Описаны особенности применения гербицидов (баковых смесей имазапира и глифосата) для удаления древесно-кустарниковой растительности [54]. Изучено влияние длительного применения удобрений на поведение гербицида 2,4-D. Установлено, что в выщелоченном черноземе удобрения в меньшей степени влияют на скорость разложения гербицида, чем в дерново-подзолистой почве [55]. Оценена целесообразность осеннего применения гербицидов для возделывания озимой пшеницы в Центральном Черноземье [56]. Изучены распределение и режим введения в почву гербицида 4-хлор-2-метилфеноксисукусной кислоты (МСРА) в виде комплексов с органом-глиной [57]. Для уничтожения пырея ползучего в посевах ярового рапса применен противозлаковый гербицид фюзилад-супер. Полная гибель сорняков наступает через 7–20 сут после обработки [58]. Описано применение гербицидов в посевах гороха в Армении. Использовали гербициды гезагард, миуру, пульсар и фюзилад-Форте [59].

Представлен обзор природных растительных соединений-источников экологически безопасных биогербицидов [60]. Проведено изучение эффективности и спектра действия нового гербицида гоал 2Е в зависимости от норм расхода и сроков применения в посевах подсолнечника [61]. Описан аллелопатический эффект эфирного масла эвкалипта и его потенциальное использование в качестве биогербицида, испытанного в лабораторных и тепличных опытах [62]. Представлены итоги многолетнего изучения осеннего применения гербицидов в посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья РФ [63].

Проведено обобщение собственных исследований авторов и литературных данных по гидравлическим и вращающимся распылителям для полевого штангового опрыскивания вегетирующих растений и почвы [64].

#### ПОВЕДЕНИЕ ГЕРБИЦИДОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Проведено исследование контролируемой деградации в щелочной почве 5-замещенного гербицида хлорсульфурина [65]. В анаэробных условиях изучена в 3-х типах почв деградация послеуборочного гербицида карфентразон-этила и его метаболита карфентразона [66]. Оценены остатки и диссипация регулятора роста растений униконазола в листьях и семенах *Grossypium* и в почве [67]. Исследована судьба глифосата в почвах с растительными остатками масличного рапса и нетолерантного к гербициду сорняка. Установлено, что толерантные к глифосату культуры аккумулируют в своих тканях большее количество гербицида [68]. Исследована динамика диссипации и остаточных количеств гербицида флумиоксазина в соевых бобах и образцах почвы [69].

#### ДЕГРАДАЦИЯ ГЕРБИЦИДОВ

В ученом мире сохраняется интерес к различным видам деградации гербицидов: химической, фотолитической, микробиологической и пр. Исследована каскадная биодеградация гербицида изопротурона в условиях ферментативного окисления пероксидазой и обработки сточных вод активным илом. Достигнута полная деградация гербицида за 10 мин при pH 3.0 и комнатной температуре [70]. Установлено, что усиленная деградация атразина имеет место в различных регионах США. В почвах с исторически постоянным применением атразина время полужизни гербицида составляет 2.3 сут, и это может привести к снижению эффективности обработок [71]. Идентифи-

цирована и очищена новая карбоксил-эстераза, гидролизующая арилоксифеноксипропионатные гербициды, в частности галоксифоп-Р-метил, диклофоп, фенаксопроп-Р-этил и др. Фермент можно использовать для биоремедиации загрязненных гербицидами сред [72]. Исследованы возможности абиотического снижения трифлуралина и пендиметалина с помощью активированного угля, угля из древесины яблонь и угля из рисовой соломы [73]. Изучена фитотоксичность продуктов фотодеградции гербицида аллоксидима в посевах томатов [74]. Изучены гидролиз и фотолиз изоэтилового эфира 2,4-D в различных типах вод при различных температурах и рН [75].

Опубликован обзор, посвященный прямому фотолизу пестицидов, включая гербициды, путем поглощения естественного или искусственного солнечного света. Обобщены типичные фотопревращения пестицидов по химическим классам и функциональным группам [76]. Оценено фоторазложение гербицида прометрина в почве. Установлено, что полуразложение прометрина под действием УФ-излучения происходит за 53–116 ч, что намного быстрее, чем при воздействии ксеноновых ламп [77]. Проведено исследование фотодеградации гербицида 2,4-D в водном растворе при воздействии ультрафиолета и видимого света в присутствии нанофотокатализатора, полученного пропиткой природного цеолита клиноптиолита наночастицами  $TiO_2$  [78].

### ТОКСИКОЛОГИЯ ГЕРБИЦИДОВ

В мире продолжают публиковаться работы по токсикологии гербицидов. Выявлен вредоносный эффект глифосата на метаболизм организмов перифитона и возможно на индукцию окислительного стресса и ослабление влияния гербицида в присутствии *Limnoperna fortune*, вероятно участвующего в разложении глифосата [79]. Изучали токсическое действие гербицида раундап на репродуктивную функцию самцов белых крыс. Самцы крыс в течение 12 нед получали раундап в дозах 3.6, 50.4 и 248.4 мг/кг. В итоге наблюдали изменения статуса половых гормонов, ухудшение качества спермы, нарушения морфологии семенников [80]. Изучено влияние гербицида раундап на активность пептидаз в кишечнике рыб разных видов. Выявлено, что глифосат *in vitro* ингибирует пептидазы слизистой оболочки кишечника и химуса разных видов рыб [81].

Представлен обзор научной базы оценки Евросоюза и ее различий с данным IARC по токсичности и канцерогенности глифосата [82]. Выявлено изменение ультраструктуры иммунокомпен-

тентных клеток в почках, селезенке и печени головешки-ротана под влиянием гербицида раундап [83]. Изучено воздействие предвсходовых гербицидов и фунгицида флуопирама на повреждение посевов сои, популяцию, синдром внезапной гибели и урожайность [84]. Монтмориллонит-альгинатные гранулы предложены в качестве сорбента опасного гербицида параквата [85].

### АНАЛИЗ ГЕРБИЦИДОВ

В мировой литературе продолжают публиковать работы по анализу гербицидов. Как правило, используют современные инструментальные методы анализа: газожидкостную хроматографию (ГЖХ) в сочетании с масс-спектрометрией (ГЖХ-МС) и тандемной масс-спектрометрией (ГЖХ-МС/МС), высокоэффективную и ультраэффективную жидкостную хроматографию в сочетании с МС (ВЭЖХ/МС и ВЭЖХ/МС/МС) и другие методы. Современная аппаратура позволяет одновременно идентифицировать и количественно определять в различных матрицах десятки и сотни пестицидов из различных химических классов.

Свойства связывания гербицида пендиметалина с ДНК изучали с помощью УФ- и флуоресцентной спектроскопии и молекулярного докинга [86]. Проведена сертификация надежности и избирательности методов прямого определения глифосата и аминометилфосфоновой кислоты в молоке коров и моче людей методом ВЭЖХ-МС/МС [87]. Разработан метод скрининга остатков 12 регуляторов роста растений в зеленом чае с помощью ультраэффективной ЖХ и МС высокого разрешения с электрораспылительной ионизацией [88].

Предложено определение глифосата в воде, почве и продуктах питания с помощью дериватирующих агентов [90]. Разработан метод прижизненного и посмертного определения гербицидов глифосата, глюфосината, параквата и диквата в депротеинизированных пробах крови, мочи и содержимого желудка методом ВЭЖХ-МС/МС с элюированием ацетонитрила [90]. Описано быстрое определение и динамика диссипации 2,4-D в банане райском методом ВЭЖХ-МС/МС. Пределы обнаружения и определения 2,4-D составляли соответственно 0.0015 и 0.005 мг/кг; период полужизни гербицида в банане равен 5.4 сут [91].

Разработан метод определения гербицида метрибузина в пестицидных препаратах электроаналитическим способом хронопотенциалометрией с тонкопленочным Hg-электродом в качестве

датчика [92]. Представлен метод определения регулятора роста растений этефона в овощах и фруктах методом ГЖХ после дериватизации с помощью (триагметилсилил)диазометана. Пределы обнаружения и определения этефона были равны 0.01 и 0.03 мг/кг соответственно [93]. Предложен метод быстрого определения 11 амидных гербицидов в чае твердофазной микроэкстракцией в комбинации с ГЖХ-МС/МС [94].

Проведено одновременное определение остатков 8-ми хлорорганических пестицидов и 5-ти гербицидов в воде и седиментах с использованием ГЖХ-МС/МС [95]. Представлен быстрый скрининг 28 разрушающих эндокринную систему пестицидов в продуктах водного происхождения с помощью ультра-ВЭЖХ-квадрупольной МС высокого разрешения [96]. Разработан метод одновременного определения остаточных количеств гербицидов флоразулама и флуороксипира в пшенице и почве ультра-ВЭЖХ и тандемной МС. Интервал определяемых концентраций гербицидов равен 0.005–1 мг/кг [97].

Проведено исследование связывания и одновременного количественного определения гербицидов пропанила и бромоксирила в человеческом сывороточном альбумине с помощью УФ-видимой и флуоресцентной спектроскопии. Полученные данные способствуют пониманию механизма токсичности гербицидов для людей и нецелевых организмов [98]. Осуществлено простое вольтамперометрическое определение гербицида метсульфурон-метила в водных образцах с использованием дифференциальной импульсной катодной инверсионной вольтамперометрии [99].

В какой-то степени итогом многоплановых исследований, посвященных особенностям применения гербицидов на современном этапе их применения, служит монография, посвященная 60-летию основания ВНИИ фитопатологии [100]. В книге обобщены результаты многолетних исследований ведущих сотрудников по актуальнейшим проблемам стратегии и тактики защиты растений и урожая. Проанализирована современная и перспективная техника для внесения пестицидов. Рассмотрены инновационные химические препараты, используемые для защиты растений в России на площади 50 млн га, а также в странах Ближнего Зарубежья. Всесторонне обоснованы защитные технологии производства зерновых культур и картофеля, включая личные подсобные и фермерские хозяйства. Оценены экологические последствия от применения современных гербицидов и производства генно-инженерно-модифицированных пестицидных препаратов. Подчеркнута важная роль здоровой почвы в орга-

ническом и традиционном земледелии, описаны уникальные приемы повышения продуктивности почвы, ее обработки, внутрпочвенного орошения и рециклинга органических продуктов жизнедеятельности и техногенных отходов. Изложены протоколы анализов количественного определения параметров почвенного здоровья. Приведен краткий аннотированный глоссарий 266 специальных экологических и гербологических терминов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Информация, представленная в предлагаемом дайджесте, свидетельствует о том, что исследования по научной и прикладной гербологии проводят во всем мире в достаточно широком масштабе:

- продолжается поиск химических и биологических соединений с гербицидной активностью;
- предложены новые подходы для разработки новых комплексных препаративных форм гербицидов, изучаются сроки и способы их применения;
- производится оценка токсических свойств гербицидов и продуктов их деградации для различных видов биоты;
- продолжают исследования по оценке негативных экологических последствий при применении гербицидных традиционных и новых препаратов и способов их эффективного устранения;
- совершенствуются методы индикации и количественного анализа остатков гербицидов в различных почвенно-климатических ситуациях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г., Клейменова И.Ю., Босак Г.С. Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (дайджест публикаций за 2014–2017 гг.) // Агрохимия. 2019. № 6. С. 81–91.
2. Niemczak M., Biedziak A., Czeriak K., Marcinkowska K. Preparation and characterization of new ionic licoid forms of 2,4-DP herbicide // Tetrahedron. 2017. V. 73. № 52. С. 7315–7325.
3. Marcinkowska K., Praczyk T., Gawlak M., Niemczak M. Efficacy of herbicidal ionic liquids and choline salt based on 2,4-D // Crop. Prot. 2017. V. 98. С. 85–93.
4. Huras B., Zakrzewski J., Kielczewska A., Krawczyk M. Herbicidal and fungistatic properties of phenoxyacetic herbicides // J. Fluor. Chem. 2017. V. 202. С. 76–81.
5. Голубев А.С., Маханькова Т.А., Свирина Н.В. Новый гербицид Килео на основе дифосфата и 2,4-Д // Изв. СПбГАУ. 2017. № 48. С. 80–84.
6. Wei W., Zhon Sh., Cheng D., Li Yu. Design, synthesis and study of the herbicidal activity of aryl-2,6-derivatives of sulfonylureas as potent inhibitors of aceto-

- droxyacid-synthase // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2017. V. 27. № 15. С. 3365–3369.
7. *Wu Y., Wang P., Zhang G., Wu C.* Water osmosis in separating acidic HCl/glyphosate liquor by continuous diffusion dialysis // *Separ. Purif. Technol.* 2017. V. 179. P. 86–93.
  8. *Roy S., Rhim J.-Wh.* Probing of binding interaction of lysozyme-viologen herbicide // *J. Mol. Struct.* 2018. V. 1171. С. 1–8.
  9. *Wei L., Huang Y., Li Y., Huang L.* Biochar characteristics produced from rice husks and their sorption properties for the acetanilide herbicide metolachlor // *Environ Sci. Pollut Res.* 2017. V. 24. № 5. P. 4552–4561.
  10. *Xu Sh.-Ch., Zhu Sh., Wang J., Bi L.-W.* Design, synthesis and evaluation of novel *cis-p*-menthane type Schiff base compounds effective herbicides // *Chin. Chem. Lett.* 2017. V. 28. № 7. P. 1509–1513.
  11. *Крутьков В.М., Вороненко Б.И., Хуснутдинов Р.И., Ибрагимов А.Г.* Соль N<sup>1-</sup>, N<sup>1-</sup>, N<sup>4-</sup>, N<sup>4-</sup>-тетраметил-2-бутан-1,4-диамин с 2-метокси-3,6-дихлор-бензойтом, проявляющая гербицидную активность, и способ ее получения. Пат. 2626648. Россия. Оpubл. 31.07.2017.
  12. *Кролевец А.А.* Способ получения нанокapsул 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты. Пат. 2631885. Россия. Оpubл. 28.09.2017.
  13. *Xu Xi., Xu T., Peng W., Zhong L.* Study on herbicidal activity of innovative compound ZJ 10361 // *J. Pestic. Sci.* 2017. V. 19. № 4. P. 428–433.
  14. *Xu J., Lin H., Wu F., Kang D.* Herbicidal activity and selectivity profiles of imidazole keton-containing *p*-hydrophenylpyratodehydrogenase inhibitors // *Chin. J. Pestic. Sci.* 2017. V. 19. № 4. P. 418–427.
  15. *Эл Си, Лю Лю Чжан Х., Кеннеди А., Танк Х.* Пат. 2664577, Россия. Оpubл. 21.08.2018.
  16. *Эл Си, Херкэми Дж., Ли М., Шао Х., Шень Х.* Твердые гербицидные композиции, содержащие антидот. Пат. 2691376. Россия. Оpubл. 11.06.2019.
  17. *Дмитриева И.Г., Доценко В.В., Дядюченко Л.В., Ткач Л.Н.* О-(4-третбутилфенил)карбонил-4,6-диметил-2-хлорпиридил-3-амидоксим в качестве антидота 2,4-Д на подсолнечнике. Пат. 2672881. Россия. Оpubл. 20.11.2018.
  18. *Валитов Р.Р., Логвин Б.О., Мейзлер Б.Л., Зарипов Р.В.* Гербицидное средство и способ получения рабочей жидкости гербицидного средства. Пат. 2631030. Россия. Оpubл. 15.09.2017.
  19. *Эл Си, Йеркс К., Манн Р.* Гербицидные композиции, содержащие (4-амино-3-хлор-5-фтор-3-метоксифенил)пиридин-2-карбоновую кислоту или ее производное и галосульфурон, пиризосульфурон и эспрокарб. Пат. 2630705. Россия. Оpubл. 12.09.2017.
  20. *Бристоу Д.Т.* Способ приготовления солей карбоновой кислоты, обладающих гербицидным действием. Пат. 2664642. Россия. Оpubл. 21.08.2018.
  21. *Дзин Й., Фудзино Е.* Гербицидная композиция. Пат. 2628507. Россия. Оpubл. 17.08.2017.
  22. *Corrab M., Leroux J., Tresch S., Newton T.* Exploiting the evolutionary relationship between malarial parasites and plants to develop new herbicides // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017. V. 56. № 33. С. 9881–9885.
  23. *Mu J., Zhai Z., Tan Ch., Weng J.* Synthesis and herbicidal activity of 1,2,4-triazolo derivatives containing of pyrazole moiety // *J. Heterocycl. Chem.* 2019. V. 56. № 3. С. 968–971.
  24. *Егоров А.Б., Постников А.М., Бубнов А.А., Павлюченкова Л.Н.* Применение гербицидов при обработке площадей под культуры сосны и ели, создаваемые сеянцами с закрытой корневой системой. Тр. СПбНИИЛХ. 2017. № 2. С. 30–45.
  25. *Дворянkin Е.А.* Влияние кристаллизации бетаналов на качество обработки против сорняков // *Сахар. свекла.* 2017. № 4. С. 29–32.
  26. *Morran S., Moretti M., Brunharo C., Fische A.* Multiple target site resistance to glyphosate in junglerice (*Echinochloa colona*) lines from California orchards // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 12. С. 2747–2753.
  27. *Heap I., Duke St.* Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. С. 1040–1049.
  28. *Scherner A., Avila L., Schreiber F., Kruse N., Diehl A.* Glyphosate-resistant weed species worldwide // *Crop Protect.* 2017. V. 97. P. 1–7.
  29. *Barroso J., Gourlie J.A., Litcher L.K., Liu M., Mallory-Smith C.A.* Identification of glyphosate resistance in *Salsola tragus* in north-eastern Oregon // *Pest. Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1089–1093.
  30. *Nascentes R., Carbonari C., Sindes P., Brunelte M.* Low doses of glyphosate enhance growth, CO<sub>2</sub> assimilation, stomatal conductance and transpiration in sugarcane and eucalyptus // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 6. P. 1197–1205.
  31. *Hammerschmidt R.* How glyphosate affects plant disease development; it is more than enhanced susceptibility // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1054–1063.
  32. *Dake S.* The history and current status of glyphosate // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1027–1034.
  33. *Ngo N.T., Krishnan M., Boutsalis P., Gill G.* Target-site mutations conferring resistance to glyphosate in teatkertop Rhodes grass (*Gloris virgate*) populations in Australia // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1094–1100.
  34. *Wiese A., Schulte M., Theuysen L., Steinman H.* Interactions of glyphosate use with farm characteristics and cropping patterns in Central Europe // *Pest Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1155–1165.
  35. *Ou J., Stahlman Ph., Jugulam M.* Reduced absorption of glyphosate and decreased translocation of dicamba contribute to poor control of foehia // *Pest. Manag. Sci.* 2018. V. 74. № 5. P. 1134–1142.
  36. *Гавриков С.В., Макаро В.М., Рутковская Л.С.* Эффективность применения гербицидов при беспокровном посеве люцерны на семена // *Глав. агроном.* 2017. № 8. С. 53–54.

37. Курдюкова О.Н., Тыщук Е.П. Видовая и фазовая чувствительность сорняков к гербицидам // Защита и карантин раст. 2017. № 12. С. 16–18.
38. Завражнов А.И., Балашов А.В., Дьячков С.В., Омаров А.Н. Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы // Достиж. науки и техн. АПК. 2017. Т. 31. № 1. С. 52–55.
39. Шабалина Н.А. Применение природных ростостимуляторов для черенков декоративных растений // Вестн. ПГФА. 2017. № 19. С. 229–231.
40. Филиппов А.С., Немченко В.В. Оптимизация фитосанитарного состояния зерновых культур с помощью разноплановых гербицидов в современном земледелии // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 314–321.
41. Семьнина Е.В., Разумейко И.Н. Роль регуляторов роста растений и микроудобрений в защите подсолнечника от вредных организмов // Глав. агроном. 2018. № 1–2. С. 59–60.
42. Бугаева С.К., Лунанов А.Е. Агрохимический и химический методы защиты проса от сорных растений // Биол. в сел. хоз-ве. 2017. № 1. С. 20–24.
43. Гапуев В.В., Вилков В.М. Уничтожение корнеотпрысковых сорняков в посевах озимой пшеницы — предшественника сахарной свеклы // Сахар. свекла. 2017. № 7. С. 22–24.
44. Пушкарев В.Г. Продуктивность льна-долгунца в зависимости от примененных гербицидов в условиях Псковской области // Изв. ОренбургГАУ. 2017. № 3. С. 263–281.
45. Редюк С.И. Защита картофеля от сорных растений // Вестн. защиты раст. 2017. № 2. С. 55–58.
46. Пеклоева С.С. Ростстимулирующая активность спирогетероциклических соединений фуранонового ряда, содержащих сульфаниламидный фрагмент // Вестн. ПГФА. 2017. № 19. С. 209–210.
47. Лысов А.К., Корнилов Т.В. Совершенствование технологий применения средств защиты растений методом опрыскивания // Вестн. защиты раст. 2017. № 2. С. 50–53.
48. Nunes A.R., Araújo K.R., Moura A. Magadite as a support for controlled release of herbicides // Chem. Pap. 2018. V. 72. № 2. P. 479–486.
49. Nichan K., Sivachandiran S., Maramble B. Seedbank dynamics and integrated management *P. hysterothorus* in vegetable capsicum // Crop. Protect. 2018. V. 107. P. 56–63.
50. Laznik Z., Trdan St. The influence of herbicides on viability of entomopathogenic nematodes // Inter. J. Pest. Manag. 2017. V. 63. № 2. P. 105–111.
51. Xu H., Su W., Lu Ch., Zhang Zh. Differential sensitivity of field muskmelona (*Cucumis melo* L.) to nicosulfuron, imazapic, fomesafen and bentazon // Crop. Protect. 2018. V. 106. P. 58–63.
52. Zellweger H., Giechtinger G., Perez E., Walter A. Lutte controls adventices du sarrasin comparatson de cinq herbicides // Rech. Agron. Suisse. 2017. V. 8. № 7–8. P. 310–317.
53. Григорьева М., Козяев С. Эффективность граминицида Шогун против однолетних однодольных сорных растений в посадках капусты белокочанной // Овощевод. и теплич. хоз-во. 2017. Т. 5–6. С. 65–68.
54. Трошин М.А., Николаева А.В., Руденко А.Н., Дунаева А.С. Особенности применения гербицидов для удаления древесно-кустарниковой растительности // Пробл. регион. экол. 2017. № 1. С. 9–12.
55. Калинин А.В., Байбеков Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на поведение гербицида 2,4-D // Агротех. вестн. 2017. № 5. С. 62–64.
56. Пугачев О.А., Беседин Н.В. Целесообразность осеннего применения гербицида при возделывании озимой пшеницы в Центральном Черноземье // КурскСХА. 2017. № 2. С. 15–20.
57. Rieffer P., Klausmeyer T., Schmidt B., Schüffer A. Distribution and incorporation mode of the herbicide MCPA in soil derived organo-clay complexes // J. Environ. Sci. Health. B. 2017. V. 52. № 8. P. 584–599.
58. Трудина Л.А. Уничтожение пырея ползучего (*Agropyron repens*) в посевах ярового рапса // Агромир Приволжья. 2017. № 3. С. 41–43.
59. Церетели И.С., Агоронян А.Г. Гербициды в посевах гороха в Армении // Защита и карантин раст. 2017. № 10. С. 51–52.
60. Кондратьев М.Н., Скороходова А.Н., Ларикина Ю.С., Евдокимова Д.П. Аллелопатические свойства вторичных соединений лекарственных растений (обзор) // Вопр. биол., мед. и фармац. химии. 2018. Т. 21. № 2. С. 12–22.
61. Гринько А.В. Эффективный гербицид для защиты подсолнечника // Пути повышения эффектив. орош. земледелия. 2017. № 66. С. 159–164.
62. Venetia S., Hazzit M., Abdelkrim H. Allelopathic effect of *Eucalyptus citriodora* essential oil and its potential use as bioherbicide // Chem. Biodivers. 2018. V. 15. № 8. P. 180–202.
63. Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А. Итоги многолетнего изучения осеннего применения гербицидов в посевах озимой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья РФ // Агротех. 2017. № 9. С. 53–67.
64. Спиридонов Ю.Я., Никитин Н.В., Абубикеров В.А. Распылители для применения пестицидов в растениеводстве способом опрыскивания вегетирующих растений и почвы // Агротех. 2017. № 10. С. 49–60.
65. Zhon Sh., Hua Xu., Wei W., Chen M. Research on controllable alkaline soil degradation of 5-substituted chloresulfuron // Chin. Chem. Lett. 2018. V. 29. № 6. P. 945–948.
66. Duan J., Gao B., Dong X., Sun M. Stereoselective degradation behavior of carfentrazone-ethyl and its metabolite carfentrazone in soils // RSC Adv. 2018. V. 8. № 63. P. 35897–35902.
67. Ma J., Li T., Zhou L., Zhang J. Residue and dissipation of uniconazole in *Cossypium* spp. and soil // Chin. J. Pest. Sci. 2017. V. 19. № 3. P. 374–380.
68. Mamy L., Barrinso E., Gabelle B. Glyphosate fate in soils when arriving in plant residues // Chemosphere. 2016. V. 154. P. 425–493.
69. Zhang Sh., Lui N., Cheng G., Yang Q. Residues and dissipation dynamics of flumioxazin in soybean and soil

- samples // *Chin. J. Pest. Sci.* 2018. V. 20. № 4. P. 487–494.
70. Wang F., Li Xu., Hu M., Li Sh. Cascade biodegradation of organic pesticide isoproturon // *Chem. J. Chin. Univ.* 2017. V. 38. № 8. C. 1362–1367.
71. Mueller Th., Parker E., Steckel L., Clay Sh. Enhanced atrazine degradation is widespread across the Limited States // *Pest. Manag. Sci.* 2017. V. 73. № 9. P. 1953–1961.
72. Wang Ch., Qin J., Yang Y., Zheng J. Identification and characterization of novel carboxylesterase that hydrolyzes aryloxyphenate herbicides // *Biotechnol. Lett.* 2017. V. 39. № 4. C. 553–560.
73. Gong W., Liu Xi., Xia Sh., Liang B. Abiotic reduction of trifluralin and pendimethalin by sulfides in black-carbon-amended coastal sediments // *J. Hafazdons Mater.* 2016. V. 310. P. 125–134.
74. Villaverde J., Santie-Montanya B., Alonso-Prados J. Assessing effects of alloxymid phototransformation products by qsar models and a phytotoxicity study // *Molecules.* 2018. V. 23. № 5. C. 993.
75. Zhang Sh., Ji M., Gu Z., Yang Qi. The hydrolytic and photolytic properties of 2,4-D isooctyl ester // *Chin. J. Pest. Sci.* 2019. V. 21. № 1. P. 125–130.
76. Katagi T. Direct photolysis mechanism of pesticides in water // *J. Pest. Sci.* 2018. V. 43. № 2. P. 57–72.
77. Chen Ji., Li X., Wang Ya., Ma Li. Assessment of photodegradation of herbicide prometryn in soil // *Water Air Soil Pollut.* 2017. V. 228. № 4. P. 135/1–135/14.
78. Mehrbadi Z., Faghihian H. Elimination of highly consumed 2,4-dichlorophenoxyacetic acid from aqueous solution by TiO<sub>2</sub> impregnated clinoptilolite, study of degradation pathway // *Spectrochim. Acta. A.* 2018. V. 204. P. 248–252.
79. Iumtato M., Pizarro H., Cataldo D., Di Flori E. Effect of glyphosate acid on biochemical markers periphyton exposed in outdoor mesocosms in the presence and absence of the mussel // *Toxicol. Chem.* 2017. V. 36. № 7. P. 1775–1784.
80. Owagboriaye F., Dedeke G., Ademolu K., Olujimi O. Reproductive toxicity of Roundup herbicide exposure in male albino rat // *Exp. Toxicol. Pathol.* 2017. V. 69. № 7. P. 461–468.
81. Кузьмина В.В., Тарлева А.Ф., Шенцицкий В.А. Влияние гербицида раундап на активность пептидаз в кишечнике рыб разных видов // *Вопр. ихтиол.* 2017. Т. 57. № 5. С. 607–613.
82. Tarazona J., Contr-Marynes D., Taramani M., Reich H. Glyphosate toxicity and carcinogenicity: a review of the scientific basis of the European Union assessment and its differences with IARC // *Arch. Toxicol.* 2017. V. 91. № 8. P. 2723–2743.
83. Заботкина Е.А., Голованов В.К., Голованова И.Л. Изменение ультраструктуры иммунокомпетентных клеток в почках, селезенке и печени ротана *Percejtus glenii* под влиянием пестицида Раундап // *Тр. ВНИРО.* 2016. Т. 162. С. 73–81.
84. Kandel Y., Mueller D., Legeleiter T., Johnson W. Impact of fluopyram fungicide and preemergence herbicides on soybean injury, population, sudden death syndrome and yield // *Crop. Protect.* 2018. V. 106. P. 103–109.
85. Etcheverry M., Cappa V., Trelles J., Zanini G. Montmorillonite-alginate beads: natural mineral and biopolymers based sorbent of paraquat herbicides // *J. Environ. Chem. Eng.* 2017. V. 5. № 6. P. 5868–5875.
86. Ahmad I., Ahmad A., Ahmad M. Binding properties of pendimethalin herbicide to DNA // *Phys. Chem. Phys.* 2016. V. 18. № 9. P. 6476–6485.
87. Jensen P.K., Wujcik C.E., Mo Guire M., Mo Guire M.A. Validation of reliable and selective methods for direct determination of glyphosate and aminomethylphosphonil and in milk and urine using LC-MS/MS // *J. Environ. Sci. Health. B.* 2016. V. 51. № 4. P. 254–259.
88. Xu X., Hou X., Han M., Cai T. Development of a screening method for twelve plant growth regulator residues in green tea by ultra performance liquid chromatography – high resolution mass spectrometry // *Chin. J. Pest. Sci.* 2017. V. 19. P. 422–430.
89. Gill J., Pal K., Sethi N., Mochan A. Analysis of the glyphosate in water, soil and food using derivatising agents // *Environ. Chem. Lett.* 2017. V. 15. № 1. P. 85–100.
90. Tsao Y., Lai Y., Lin H., Liu H., Liu R. Simultaneous determination and quantitation of paraquat, diquat, glufosinate and glyphosate in postmortem blood and urine by LC-MS-MS // *J. Anal. Toxicol.* 2016. V. 40. № 6. P. 427–436.
91. Lin T., Li Q., Lin H., Shao J. Rapid determination and dissipation dynamics of 2,4-D in *Musa paradisiac* // *Chin. J. Pest. Sci.* 2017. V. 19. № 4. P. 518–522.
92. Darovic A., Stojanovic Z., Kravie S., Zeremski T. Determination of metribusin content in pesticide formulations using electroanalytical methodology // *Acta Period. Technol.* 2018. V. 49. P. 43–51.
93. Chen K., Wang Y., Shen X., Ju X. Determination of mination of ethephon residue in fruits and vegetable by gas chromatography after derivatization with (trimethylsilyl) diazomethane // *Chin. J. Pest.* 2018. V. 20. № 4. P. 495–499.
94. Li J., Sun M., Hu X., Wu X. Rapid determination of 11 amide herbicides in tea by headspace solidphase microextraction combined with gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry // *J. Instrum. Anal.* 2017. V. 36. № 11. P. 1339–1345.
95. Qin D., Gao L., Huang X., Chen Z. Simultaneous determination of organochlorine pesticides and herbicides residues in water and sediment by gas chromatography-tandem mass spectrometry // *Environ. Chem.* 2017. V. 36. № 11. P. 2366–2374.
96. Ju L., Li Zh., Wang J., Xu Ch.-G. Rapid screening of 28 pesticides endocrine disruptors in aquatic products ultrahigh performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high-resolution mass-spectrometry // *J. Instrum. Anal.* 2017. V. 36. № 12. P. 1445–1451.
97. Jin T., Duan J., Gao T. Residue and dissipation of florasulam and fluroxypyr in wheat and soil by QuEChERS-ultraperformance liquid chromatography-tandem mass-spectrometry // *Chin. J. Pest. Sci.* 2018. V. 20. № 4. P. 468–476.
98. Appah E., Elzey B., Fakayode S. Investigation of the binding and simultaneous quantifications of propanil and bromoxynil herbicide concentrations in hu-

- man serum albumin // *J. Environ. Sci. Health.* 2017. V. 52. № 7. P. 495–504.
99. *Thanalechumi P., Mohd Y., Yusep Z.* A simple voltammetric determination of metsulfuron–methyl in water samples using differential pulse cathode stripping voltammetry // *J. Pest. Sci.* 2017. V. 42. № 2. P. 39–44.
100. *Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Коршунов А.В., Торопова Е.Ю., Сараев П.В., Семенов А.М., Семенов В.М., Никитин Н.В., Калинин В.П., Лысенко Ю.Н.* Адаптивно-интегрированная защита растений. М.: Печатный город, 2019. 628 с.

## Current Condition of Problems in the Study and Application of Herbicides (Digest of 2017–2019)

**Yu. Ya. Spiridonov<sup>a,#</sup>, S. G. Zhemchuzhin<sup>a</sup>, L. M. Koroleva<sup>b</sup>, and G. S. Bosak<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *All-Russian Institute of Phitopathology  
ul. Institut bld. 5 Moskow region, r.p. Bolshie Vyazemy 143050, Russia*

<sup>b</sup> *All-Russian Institute of Science–Technical Information  
ul. Usievitcha 20, Moscow 126815, 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 of permanent and operative monitoring published in world communications with the aim to provide their accessibility for wide circle of scientist and practical workers. Presented review included current and foreign information about different scientific and practical herbology (publications in 2017–2019).

*Key words:* study and application of herbicides, publications in 2017–2019 years.