

УДК 32.954

**Классификационный анализ гербицидов, разрешенных
к применению в 2018 году***Нефедьева¹ Е.Э., Белопухов² С.Л., Ермошина¹ Е.С.**¹Волгоградский государственный технический университет**²РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева***Аннотация**

Борьба с сорными растениями является актуальным направлением в области сельского хозяйства. Существует два основных метода защиты культур: биологический и химический. Одним из действенных способов подавления сорных растений является использование гербицидов. Гербициды способны уничтожать сорняки, тем самым повышая урожайность. На данный момент существует огромное количество препаратов, которые прошли испытания, зарегистрированы и лицензированы. Каждый гербицид отличается по многим критериям: химическое строение, гербицидная активность, механизм действия, способ перемещения. В качестве примеров выбраны препараты на основе действующих веществ, введенных впервые в 2018 году. К ним относятся дифлуфензопир, флуфенацет, флуртамон, бромоксинил, циклоксимид и ряд других. Для наглядного изучения гербицидов была составлена полная классификация. Она представлена в данной работе с указанием новых препаратов, разрешенных к применению в 2018 году.

Ключевые слова: ГЕРБИЦИД, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ, БОРЬБА С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Введение

В настоящее время борьба с сорными растениями является одной из актуальных проблем сельского хозяйства. Ежегодно в нашей стране применяют более 60 тыс. тонн средств защиты растений разнообразных по химическому строению. В зависимости от химического строения необходимо разрабатывать способы и приемы их нейтрализации в почве, выявление методов определения остаточных количеств в растениеводческой

продукции. Для защиты различных культур было предложено два метода: биологический и химический. Биологический метод борьбы поддерживает созданная в 1971 году МОББ «Международная организация биологической борьбы», которая способствует развитию биологического контроля и его применению в комплексной борьбе с вредителями и международному сотрудничеству в этих целях. В борьбе против сорняков применяют ряд биологических агентов: насекомые, грибы, бактерии, нематоды, рыбы [16] и продукты их жизнедеятельности.

Химический метод борьбы появился гораздо ранее, но наиболее привычные для нас химические препараты появилось относительно недавно. Лишь после разработки Ю. Либихом теории питания растений возник интерес к использованию различных химических веществ в сельском хозяйстве. К открытию первого селективного гербицида привело, по-видимому, изучение бордосской жидкости (смесь медного купороса CuSO_4 и гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$) как средства борьбы с грибными болезнями. В ходе проведения исследований было замечено избирательное действие солей меди против двудольных сорняков [16]. В связи с открытием селективных гербицидов и многих других, на сегодняшний день одним из основных химических методов является гербициды [4].

В наши дни использование гербицидов является обязательным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Ведь именно гербициды, благодаря определенным эффективным компонентам, входящим в их состав, способны бороться с сорными растениями, тем самым повышая урожайность сельскохозяйственных культур [2].

По данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Российский сельскохозяйственный центр» в 2018 году на территории Российской Федерации было использовано 65,05 тыс. тонн пестицидов (см. рисунок). Было применено 63,48 тыс. тонн химических средств защиты растений, что составило 97,6% от общего объема использованных пестицидов. Больше всего было использовано, как и в предыдущие годы, гербицидов. В 2018 году расход гербицидов составил 36,2 тыс. тонн, или 55,6 % от общего объема пестицидов. Наиболее применяемыми препаратами были Балерина (1,59 тыс. тонн, действующие вещества 2,4-Д (2-этилгексильный эфир) и Флорасулам, ЗАО фирма «Август»), Базагран (1,27 тыс. тонн, действующее вещество бентазон, BASF), Торнадо 500 (1,18 тыс. тонн, действующее вещество глифосат, ЗАО фирма «Август»), Тотал (1,1 тыс.

тонн, действующее вещество глифосат, ООО «Агро Эксперт Групп»), Спрут Экстра (0,84 тыс. тонн, действующее вещество глифосат, ЗАО «Щелково Агрохим»). Гербициды показали среднюю биологическую эффективность по Российской Федерации 86,3%. В 2018 году Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов пополнился новыми пестицидами. В частности, было зарегистрировано 19 новых гербицидов.

Целью работы был анализ и классификация действующих веществ гербицидов, разрешенных к применению в 2018 году. На основании полученных данных можно оценить механизм действия, безопасность и экологичность новых препаратов.

Результаты и обсуждение

В данной работе приведена классификация таких средств защиты растений как гербициды, все препараты отличаются по химическому строению, способу перемещения, по гербицидной активности, и по механизму действия.

Химические классы гербицидов, разрешенных к применению на посевах сельскохозяйственных культур, подразделяются на: арилоксиалкилкарбоновые кислоты, производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот, производные триазина, производные сульфонилмочевины, производные арилоксипропионовых кислот, фосфорорганические гербициды и другие. К каждому классу гербицида относятся отдельные действующие вещества [12].

В состав применяемых гербицидов входит огромное количество действующих веществ. Из года в год в оборот вводят все новые компоненты. Объясняется это системным привыканием сорных растений к компонентам препаратов, вследствие чего необходимо создание новых средств защиты растений.

За 2018 год были разработаны, зарегистрированы и разрешены к применению гербициды на основе следующих действующих веществ: дифлуфензопир, флуфенацет, флуртамон, бромоксинил, циклоксидим и ряд других. Данные компоненты легли в основу ряда новых препаратов: флуфенацет – компонент «Артист, ВДГ» (Байер), «Бакара Форте, КС» (Байер). В основе «Бакара Форте, КС» (Байер) – действующее вещество флуртамон. В состав «Стратос Ультра, КЭ» (БАСФ) входит компонент циклоксидим. Все вещества прошли испытания и были лицензированы. Каждое действующее вещество определяет механизм действия гербицида в целом (табл. 1).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Классификация гербицидов, разрешенных к применению в 2018 году

Классификация	Виды	Действующее вещество, регистрационный номер CAS	Систематическое наименование по IUPAC	Препараты
По химическому строению	арилоксиалкилкарбоновые кислоты	2,4-Д 94-75-7	(2,4-dichlorophenoxy) acetic acid	Айкон, КЭ (АгроЭкспертГруп)
	производные бензойной кислоты	дикамба 1918-00-9	3,6-dichloro-o-anisic acid	Адвокат, ВР (Юнайтедхимпром)
	семикарбазон	дифлуфензопир 109293-97-2	2-{(EZ)-1-[4-(3,5difluorophenyl) semicarbazono] ethyl} nicotinic acid	Кельвин Плюс, ВДГ (БАСФ Корпорэйшн)
	оксиацетамид	флуфенацет 142459-58-3	4'-fluoro-N-isopropyl-2-[5-(trifluoromethyl)-1,3,4-thiadiazol-2-yloxy] acetanilide	Артист, ВДГ (Байер)
	гетероциклические соединения с двумя гетероатомами – пиридазины (производные пиридазина)	флуртамон 96525-23-4	(RS)-5-methylamino-2-phenyl-4-(α,α,α -trifluoro-m-tolyl)furan-3(2H)-one	Бакара Форте, КС (Байер)
	циклогександионы	циклоксидим 101205-02-1	(5RS)-2-[(EZ)-1-(ethoxyimino) butyl]-3-hydroxy-5-[(3RS)-thian-3-yl]cyclohex-2-en-1-one	Стратос Ультра, КЭ (БАСФ Корпорэйшн)
	фосфорорганические гербициды	глифосат 1071-83-6	N-(phosphonomethyl)glycine	Тотал ВР (Агро Эксперт Груп)
	триазины	метамитрон 41394-05-2	4-amino-4,5-dihydro-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin-5-one	Ранголи-Метамитрон (Ранголи)
По механизму поглощения	через листья	дикамба 1918-00-9	3,6-dichloro-o-anisic acid	Адвокат, ВР; Диастарт, ВР
	через корни	метамитрон 41394-05-2	4-amino-4,5-dihydro-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin-5-one	Малахит, ВДГ (Листерра)

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Классификация	Виды	Действующее вещество, регистрационный номер CAS	Систематическое наименование по IUPAC	Препараты
По механизму действия	ингибиторы синтеза аминокислот	глифосат 1071-83-6	N-(phosphonomethyl)glycine	Раундап, ВР (Монсанто Европа С.А.)
	ингибиторы фотосинтеза	метамитрон 41394-05-2	4-amino-4,5-dihydro-3-methyl-6- phenyl-1,2,4-triazin-5-one	Мариус КС (ЗемлякоФФ)
	ингибиторы синтеза жирных кислот	циклоксидим 101205-02-1	(5RS)-2-[(EZ)-1- (ethoxyimino)butyl]-3-hydroxy- 5-[(3RS)-thian-3-yl]cyclohex-2- en-1-one	Стратос Ультра, КЭ (БАСФ Корпорэйшн)
	ингибиторы синтеза пигментов	флуртамон 96525-23-4	(RS)-5-methylamino-2-phenyl-4- (α,α,α -trifluoro-m-tolyl)furan- 3(2H)-one	Бакара Форте, КС (Байер)
	ингибиторы меристематического митоза	флуфенацет 142459-58-3	4'-fluoro-N-isopropyl-2-[5- (trifluoromethyl)-1,3,4- thiadiazol-2-yloxy] acetanilide	Артист, ВДГ (Байер)
	гормоноподобные гербициды	дикамба 1918-00-9 2,4-Д 94-75-7	3,6-dichloro-o-anisic acid (2,4-dichlorophenoxy)acetic acid	Диастарт, ВР (Техноэкспорт) Айкон Форте (АгроЭкспертГруп)
По способу перемещения	контактные	–		–
	системные	2,4-Д 94-75-7 глифосат 1071-83-6	(2,4-dichlorophenoxy)acetic acid N-(phosphonomethyl)glycine	Айкон Форте (АгроЭкспертГруп) Раундап, ВР (Монсанто Европа С.А.)

Одним из наиболее широко используемых гербицидов в мире является 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д). Существует много информации о различных случаях токсического воздействия ядохимиката, о его отрицательном влиянии на здоровье человека, известны случаи с летальным исходом [1, 22]. Препараты на основе 2,4-Д относятся ко II классу опасности для человека и III классу опасности для пчел [3]. Продукция растениеводства, корма могут содержать 2,4-Д в количествах, превышающих ПДК, поэтому необходим постоянный мониторинг и контроль остаточных концентраций в продукции и почве [10]. Следует признать необходимость сокращения применения гербицидных композиций на основе 2,4-Д.

Препараты на основе дикамбы относятся к III классу опасности для человека и III классу опасности для пчел [3]

В почве дикамба передвигается вверх и вниз в зависимости от передвижения почвенной влаги. В почве разрушается относительно быстро. Коэффициент биоконцентрации BCF – 15 (низкий потенциал) [13].

Дифлуфензопир не персистентен в окружающей среде, не проникает в грунтовые воды, не аккумулируется в почве. Это один из наиболее быстро деградирующих в окружающей среде пестицидов [15]. Острая пероральная токсичность LD₅₀ для млекопитающих более 5000 мг/кг, острая дермальная токсичность LD₅₀ для млекопитающих превышает 5000 мг/кг. Оказывает раздражающее действие на слизистую глаз. Умеренно токсичен для пчел [7].

Флуфенацет относится к умеренно опасным веществам по острой пероральной и ингаляционной дермальной токсичностям, но к мало опасным веществам по дермальной токсичности [5].

Флуртамон относится к веществам умеренно опасным по острой пероральной и ингаляционной токсичности (III класс) и к малоопасным по дермальной токсичности (IV класс) [6]

Острая пероральная токсичность циклоксидима LD₅₀ для крыс 3940 мг/кг, острая дермальная токсичность LD₅₀ для млекопитающих > 2000 мг/кг, ингаляционная LD₅₀ для млекопитающих > 5 мг/кг. СК50 для рыб > 220 мг/л (96 ч), для пчел (LD₅₀ > 100 мкг/особь) [8].

Препараты на основе глифосата относятся к 3 классу опасности для человека и 3 классу опасности для пчел [3]. Глифосат в почве быстро теряет активность. В почве и воде

не накапливается, быстро разрушается до элементарных, существующих в природе веществ (углекислый газ, фосфаты, углеводы, аминокислоты) [19]. Может накапливаться в почве, богатой органическими веществами, например, торфянистой [19].

Препараты на основе метамитрона относятся ко II и III классам опасности для человека и 3 классу опасности для пчел [3]. Метамитрон относительно малоустойчив в объектах окружающей среды и сравнительно быстро разлагается с образованием простейших продуктов, не представляющих опасности для окружающей среды [11].

Пестициды относятся к одним из наиболее распространенных и токсичных ксенобиотиков. Обладая высокой биологической активностью, они оказывают многообразное воздействие на биосферу, выражающееся в нарушении взаимосвязей компонентов экосистем, появлении новых, резистентных к пестицидам форм, генетических нарушений клеток. Остаточное количество пестицидов представляет угрозу для экосистемы, в том числе и для человека. Это обуславливает необходимость проведения наблюдений за остаточным количеством пестицидов в объектах окружающей среды и прежде всего в почве. В Российской Федерации мониторинг загрязнения объектов окружающей среды остаточными количествами пестицидов проводится в рамках федерального закона "Об охране окружающей среды" уполномоченными федеральными органами исполнительной власти, в том числе Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидрометом) [9]. Для определения остаточных количеств применяются современные высокоточные хроматографические методы анализа [7, 5, 6, 8, 9].

По механизму действия гербициды можно разделить на следующие классы: ингибиторы синтеза аминокислот, разрушающие мембрану, ингибиторы фотосинтеза, ингибиторы синтеза жиров, ингибиторы синтеза пигментов, ингибиторы меристематического митоза, гормоноподобные гербициды [16].

В состав гормоноподобных гербицидов входят несколько химических классов: арилоксикарбоновые кислоты и их производные, производные бензойной кислоты [14].

Действующим веществом, относящимся к классу арилоксикарбоновых кислот и их производных, является 2, 4-Д в виде соли и эфира. На сегодняшний момент, 2,4-Д является компонентом для многих гербицидов. 2,4-Д относится к производным феноксиуксусной кислоты [21]. В 2018 году с этим действующим веществом были зарегистрированы две торговые марки гербицида производства «Агро Эксперт Групп»:

«Айкон, КЭ», «Айкон Форте» Действующим веществом, относящимся к классу производных бензойной кислоты, является дикамба [17]. Дикамба также вошла в состав двух гербицидов: «Адвокат, ВР» производства «Юнайтедхимпром» и «Диастарт, ВР»-производства Техноэкспорт. Дикамба может быть отнесена к группе гербицидов с ауксиноподобной активностью. Внешние признаки повреждения дикамбой включают в себя удлинение и искривление нижней части стебля, скручивание и увядание листьев, а затем их отмирание [2].

К ингибиторам синтеза аминокислот относятся гербициды на основе действующего вещества глифосат, который относится к производным фосфоаминокислот. Глифосат поглощается только через листья. Характерными симптомами после обработки растения считаются изменения окрасок прожилок листьев, гибель точки роста, задержка роста боковых растений, хлороз листьев. Глифосат стал одним из популярных компонентов для включения в состав гербицидов контактного действия. В 2018 году были выпущены девять препаратов на его основе: «Зеро Супер», «Раундап, ВР», «Глифот, ВР», «Тотал, ВР», «ГлиБест 540» производителями «Агрорус», «Монсанто Европа С.А.», «Агрохим XXI», «Агро Эксперт Групп», «Союзагрохим» соответственно [4].

Действующее вещество матамитрон, входящее в гербицидные композиции как ингибитор фотосинтеза, в 2018 году стал компонентом для трех препаратов: «Мариус КС» (ЗемлякоФФ), «Малахит, ВДГ» (Листерра), «Ранголи-Метамитрон, КС» (РАНГОЛИ). Это системные гербициды, передвигаются от корней к листьям. Данные гербициды предназначены для обработки вегетирующих частей сорняков [3].

Под гербицидной активностью принято понимать этапность поступления гербицида, а точнее действующих веществ, в растение. Растение поглощает гербицид, после чего гербицид поступает к месту действия – мишени – и оказывает свое направленное действие. По механизму поглощения гербициды подразделяются на два вида: поглощение через корни и через листья. Важно отметить, что поглощение корнями возможно только для водорастворимых гербицидов.

По способности перемещаться по растению гербициды бывают контактными и системными. К контактными гербицидам относят препараты, которые, попадая на поверхность растения, вызывают повреждение в месте соприкосновения. Системные гербициды, наоборот, после нанесения проникают внутрь растений и с током жидкости распространяются по органам, обуславливая общее поражение. Системный гербицид

особо хорошо устраняет сорняки с развитыми корнями и корневищами, которые сложно повредить другими способами [12]. В качестве примера можно привести материалы из достоверного источника: «Глифосат – действующее вещество, входящее в состав более чем 180 гербицидов. Глифосат (N-фосфометил)-глицин) является неселективным системным гербицидом. Всасываясь через листья, вызывает отмирание как надземных, так и подземных органов почти всех растений, с которыми вступает в контакт. При деградации около 70% глифосата образуется более короткая молекула – аминометилфосфоновая кислота (АМРА), которая так же обладает гербицидным действием [19].

Анализ различных источников показал, что производство гербицидов является перспективным направлением в области сельского хозяйства. Исходя из анализа приведенной информации, можно утверждать, что задача создания экологичного препарата для их прямого воздействия на сорные растения решается.

Заключение

Разработки способов получения, изучение механизмов действия, методов контроля новых и более эффективных гербицидов в условиях глобального потепления, интенсивного передвижения вредителей, сорняков, переноса болезней с каждым годом идет все более интенсивно. В 2018 году предпочтение было отдано ингибиторам синтеза аминокислот, пигментов, жирных кислот, ингибиторам фотосинтеза, гормоноподобным гербицидам, ингибиторам митоза. Разрабатываются гербициды, проникающие как через корни, так и через листья, разрабатываются системные гербициды. В условиях экологизации земледелия, широко перехода к органическому сельскому хозяйству производители стремятся к созданию наименее экологически опасного гербицида. В основном используются действующие вещества, неустойчивые в окружающей среде, с низкими показателями биоаккумуляции и биоконцентрации, преимущественно относящиеся к III классу опасности (вещества умеренно опасные), что является в ближайшие годы перспективным направлением.

Список использованных источников

1. Алтухова А.А. Эколого-аналитическое исследование 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты Дисс. канд. биол. наук. Курск, 2017. 144 стр.

- =====
2. Ганиев М. М. Химические средства защиты растений. СПб. Лань, 2013. – 399 с
 3. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории российской федерации / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Часть I. Пестициды. Издание официальное. М., 2019
 4. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: Колос С, 2005. – 232 с.
 5. ЛДМУК 4.1.3203-14 Определение остаточных количеств флуфенацета и суммы всех метаболитов, содержащих N-фторфенил-N-изопропил радикалы в воде, почве, зерне и соломе зерновых колосовых, в клубнях картофеля методом капиллярной газожидкостной хроматографии: Методические указания. М., 2014
 6. МУК 4.1.3098-13 Определение остаточных количеств флуртамона в воде, почве, зерне и соломе зерновых колосовых культур методом капиллярной газожидкостной хроматографии: Методические указания. М., 2013
 7. МУК 4.1.3235-14 Определение остаточных количеств дифлуфензопира в воде, почве, зеленой массе, зерне и масле кукурузы методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: Методические указания. М., 2015.
 8. МУК 4.1.3236-14 Определение остаточных количеств циклоксидима в воде, почве, ботве и корнеплодах сахарной свеклы, клубнях картофеля, горохе, семенах подсолнечника, рапса, бобах сои и растительном масле методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: Методические указания. М., 2015].
 9. РД 52.18.697-2007 Наблюдения за остаточным количеством пестицидов в объектах окружающей среды. Организация и порядок проведения. М., 2008.
 10. Харина С.Г. Оценка воздействия пестицидов на объекты агроэкосистем Среднего Приамурья и пути оптимизации экологической ситуации территории. Дисс. ... докт. биол. наук. Благовещенск, 2000. – 316 стр.].
 11. Bode M., Haas M., Faymonville T., Thiede B., Schuphan I., Schmidt B. Biotransformation of metamitron by human p450 expressed in transgenic tobacco cell cultures // Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes. 2006. T. 41. № 3. С. 201-222. с.
 12. Damalas Ch. A., Eleftherohorinos I.G. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators // Int J Environ Res Public Health. 2011 8(5): 1402–1419.
 13. Harp P. R. Dicamba / In: Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology (Third Edition)/ Edited by: Robert Krieger. Academic Press, 2010.
 14. Herbicides: Properties, crop protection and environmental hazards / Ed. Piotrowski K.D. New York : Nova Science Publishers, 2011. 318 p.
 15. M Korshun O Dema O Kucherenko T Ruda O Korshun R Gorbachevskiy I Pelio A Antonenko Predicting of risk of soil contamination by different classes of fungicides in soil and climatic conditions of ukraine. Georgian Med News 2016 Jul(256-257):92-7
 16. Modern Crop Protection Compounds / W. Krämer, U. Schirmer. Wiley, 2007 – 1394 p.

17. Singh V.P., Barman K.K., Singh R., Sharma A.R. Weed management in conservation agriculture systems // In: Conservation Agriculture. 2015. С. 39-77.

18. Smith R.A., Lewis D. Suicide by ingestion of 2,4-D: A case history demonstrating the prudence of using GC/MS as an investigative rather than a confirmatory tool // Vet. Hum. Toxicol. – 1987. – Vol. 29. – P. 259-261.

19. Sviridov A.V., Shushkova T.V., Ermakova I.T., Ivanova E.V., Leontievsky A.A. Glyphosate: safety risks, biodegradation, and bioremediation // In: Current Environmental Issues and Challenges 2014. С. 183-195.

20. Tadeo J.L., Sánchez-Brunete C., Pérez R.A. Herbicide residues // In: Handbook of Food Analysis Second Edition: Residues and Other Food Component Analysis 2004. С. 1269-1295.

21. U.S. EPA. Office of Pesticide and Toxic Substances. Office of Pesticide Programs. Pesticide factsheet: 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. 1989 Washington D.C., Sept.

22. USDA Forest service. 2,4-D Human health and ecological risk assessment. Final report. – Arlington. – September, 2006. – 245 p.

Цитирование:

Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л., Ермошина Е.С. Классификационный анализ гербицидов, разрешенных к применению в 2018 году // АгроЭкоИнфо. – 2020, №2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st_223_.pdf.