

Разработка безопасного гербицида на основе растительного сырья

Елена Сергеевна Яценко^{✉1}, к.б.н., доцент, ORCID ID 0000-0002-1715-6672;

Елена Анатольевна Лейтес¹, к.х.н. доцент, ORCID ID 0000-0003-0002-8620;

Виктор Анатольевич Петухов¹, старший преподаватель;

Глеб Константинович Клочков², студент;

Алена Вячеславовна Ермакова², магистрант;

¹кафедра техносферной безопасности и аналитической химии,

²институт химии и химико-фармацевтических технологий –

Алтайский государственный университет, mlprx@mail.ru,

656049, пр. Ленина, 61, Барнаул, Россия

В связи с экологизацией сельскохозяйственного производства требования к безопасности гербицидов для человека, животных и окружающей среды возросли. Поиск гербицидов, оказывающих менее вредное воздействие на выращиваемые культуры, ведется как среди новых классов химических соединений, так и среди растений. В литературе встречается мало работ по разработке и применению гербицидов растительного происхождения, поэтому данная тематика является актуальной. В представленной работе предлагается новый гербицид, полученный в результате исследований воздействия экстрактов из 24 видов растительного сырья как отдельно, так и в комплексах на изменение биомассы сорных растений. Разработанный препарат содержит комплекс экстрактов трав: ромашка аптечная, расторопша пятнистая, пижма обыкновенная, горчица сизая (семя). С помощью классических методов сбора растений, получения растительных экстрактов, оценки сырой биомассы сорной травы разработана рецептура, проведены лабораторные и натурные испытания гербицида. Препарат показал эффективное подавление роста сорной растительности на пустырях и заброшенных садовых участках в пригороде г. Барнаула. Гербицид рекомендован для обработки почвы между рядами растений и дорожек два-три раза за аграрный сезон.

Ключевые слова: безопасные гербициды, экстракты трав, растительное сырье.

Работа выполнена в рамках гранта Алтайского государственного университета № 16-22 Вг.

Поступила в редакцию: 18.10.2022

Принята к печати: 05.12.2022

Использование гербицидов в растениеводстве является одной из составляющих современного эффективного технологического процесса. За последние десятилетия, по-видимому, как из-за низкой культуры производства, так и экономических факторов [3] происходят нежелательные для выращивания сельскохозяйственных культур изменения. Например, в Челябинской области компоненты картофельных агрофитоценозов изменились в сторону сорных растений: количество многолетних сорняков на единице площади с 1995 до 2021 гг. возросло в 4,2 раза, а их фитомасса – в 8,6 раза [2].

Поиск и изучение соединений с гербицидной активностью не прекращается среди различных классов химических соединений. Синтезируют гербициды на основе сульфонилмочевины [15], содержащие феноксигруппу [13], производных урацила [12]. Разнообразие препаратов для борьбы с сорными растениями обеспечивает значительные конкурентные преимущества у сельскохозяйственных растений в борьбе за свет, воду, минеральные и органические вещества. Высокую эффективность показали препараты на основе метсульфурон-метила, их применение способствовало повышению урожайности ярового ячменя от 19,9 до 36,7 % по сравнению с контролем [1]. Применение гербицида обеспечивает снижение засоренности посадок кар-

тофеля примерно вдвое по сравнению с контролем и, как следствие, повышение урожайности [10]. Также хорошие результаты при возделывании картофеля в Псковской области показали препараты на основе метрибузин, биологическая эффективность составила от 72,2 до 93,0 % [11]. А при обработке капусты препарат на основе пендиметалина продемонстрировал биологическую эффективность 82,2-90,0% [9]. Действующие вещества С-метолахлор и прометрин при защите сои различных сортов от сорных растений семейства мятликовых показали эффективность 98% и дали прибавку урожая 0,75 т/га [8]. Авторы [5] отмечают существенное повышение урожайности сои на 0,19-1,07 т/га при обработке посевов смесью гербицидов.

Очевидно, использование гербицидов способствует повышению урожайности культур, а значит, доступности продукции для населения.

В последние десятилетия развивается тенденция отказа от гербицидов в связи с активным формированием культуры сохранения окружающей среды в агробизнесе [4], поскольку гербициды относятся к сильнейшим биологически активным веществам, которые имеют разный период распада. Остатки некоторых из них могут воздействовать на повторные посевы, поскольку сохраняются в почве в течение нескольких лет («последствие гербицидов»).

В настоящее время внимание уделяется изуче-

нию и применению гербицидов биологического происхождения. Например, вторичные соединения лекарственных растений могут являться потенциальной основой для создания биогербицидов [7,14]. Одним из примеров безопасных гербицидов может служить соединение, ингибирующее фотосинтез в листьях сорных растений за счёт подавления процесса фотосинтеза [6].

Цель данной работы – разработка безопасного и эффективного гербицида на основе растительного сырья.

Материалы и методы. Для разработки препарата нами использованы растительное сырье и экстракты, полученные из него (табл.1). Часть растений собрана на пустырях в пригороде г. Барнаула, часть закуплена у производителей фитопрепаратов. Все растения предварительно высушены, измельчены. Навеску растительного сырья помещали в колбу на 250 мл, добавляли дистиллированной воды до объема 200 мл и автоклавировали

при 1,1 атм. в течение 5 мин. Пробы остужали, фильтровали. Полученным экстрактом обрабатывали почву перед посевом семян газонной травы в лабораторных условиях. Расход составлял 100 мл препарата на участок размером 20×10 см. Через 10 дней траву выпалывали и взвешивали всю растительную биомассу. Эксперимент воспроизводили трижды. Почву в контрольной пробе поливали водопроводной водой.

Испытания препарата проводили в пригороде г. Барнаула на 10 участках размером 100×100 см. Участки предварительно полностью освобождали от растительности и затем обрабатывали 200 мл препарата. Оценка биомассы проводилась через 4 и 11 недель. Контрольный участок препаратом не обрабатывался.

Результаты и их обсуждение. Результаты воздействия экстрактов растений на рост газонной травы, полученные в результате лабораторного эксперимента, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Биомасса травы после обработки почвы растительными экстрактами в 2022 г. (n=3)

Растительное сырье	Латинское название	Сырая биомасса (г)
1. Одуванчик лекарственный	<i>Taraxacum officinale</i>	20 ± 3
2. Укроп пахучий	<i>Anethum graveolens</i>	29 ± 8
3. Фацелия пижмолистная	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	18 ± 6
4. Чистотел большой	<i>Chelidonium majus</i>	24 ± 1
5. Мятлик луговой	<i>Poa pratensis</i>	28 ± 4
6. Щирица хвостатая	<i>Amaranthus caudatus</i>	18 ± 4
7. Пырей ползучий	<i>Elytrigia repens</i>	3,0 ± 0,2
8. Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i>	18 ± 3
9. Молочай лозный	<i>Euphorbia virgata</i>	7 ± 1
10. Недотрога мелкоцветная	<i>Impatiens parviflora</i>	1,0 ± 0,4
11. Горчица сизая (семя)	<i>Brassica juncea</i>	1,0 ± 0,6
12. Дазифора кустарниковая	<i>Dasiphora fruticosa</i>	10 ± 2
13. Клевер луговой	<i>Trifolium pratense</i>	2,0 ± 0,4
14. Спорыш птичий	<i>Polygonum aviculare</i>	9 ± 0
15. Пустырник пятилопастный	<i>Leonurus quinquelobatus</i>	4 ± 1
16. Люцерна посевная	<i>Medicago sativa</i>	20 ± 6
17. Крапива двудомная	<i>Urtica dioica</i>	16 ± 3
18. Зизифора Бунге	<i>Ziziphora bungeana</i>	17 ± 3
19. Цитрусовые (волокна)	<i>C. Citrinae</i>	1 ± 0
20. Расторопша пятнистая	<i>Silybum marianum</i>	2 ± 2
21. Ромашка аптечная	<i>Matricaria chamomilla</i>	1,0 ± 0,2
22. Виноград (косточки)	<i>P.Vitis</i>	1 ± 0
23. Эхинацея пурпурная	<i>Echinacea purpurea</i>	1,0 ± 0,8
24. Пижма обыкновенная	<i>Tanacetum vulgare</i>	1,0 ± 0,4
25. Контроль		11 ± 1

Из таблицы 1 видно, что рост газонной травы подавляли следующие растения: пырей ползучий, молочай лозный, недотрога мелкоцветная, горчица сизая (семя), клевер луговой, пустырник пятилопастный, цитрусовые (волокна), расторопша пятнистая, ромашка аптечная, виноград (косточки), эхинация пурпурная, пижма обыкновенная. Наоборот, стимулирующее действие на рост газонной травы отмечено при обработке почвы одуванчиком лекарственным, укропом пахучим, фацелией пижмолистной, чистотелом

большим, мятликом луговым, щирцей хвостатой, люцерной посевной, крапивой двудомной, зизифорой Бунге.

Далее из некоторых растительных экстрактов, показавших свою эффективность, составлены комплексы, к части из которых добавлена уксусная кислота, выступающая в качестве консерванта, что способствует продлению сроков хранения препарата. Количество биомассы растений после обработки комплексами растительных экстрактов в лабораторных условиях представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Биомасса растений после обработки комплексами растительных экстрактов в 2022 г. (n=3)

Комплекс растительного сырья	Кислота органическая	Сырая биомасса (г)
Пижма обыкновенная, горчица сизая (семя)	-	4 ± 1
Эхинация пурпурная, пижма обыкновенная	-	8 ± 1
Цитрусовые (волокна), виноград (косточки)	-	2 ± 0
Ромашка аптечная, расторопша пятнистая	-	2,0 ± 0,6
Пижма обыкновенная, горчица сизая (семя)	+	10 ± 1
Эхинация пурпурная, пижма обыкновенная	+	12 ± 2
Цитрусовые (волокна), виноград (косточки)	+	7 ± 2
Ромашка аптечная, расторопша пятнистая	+	4±1
Горчица сизая (семя), пижма обыкновенная, эхинация пурпурная, ромашка аптечная, расторопша пятнистая, цитрусовые (волокна), виноград (косточки)	-	10 ± 0
Контроль		13±2

Значительное подавление роста газонной травы наблюдали при воздействии следующих комплексов: пижма обыкновенная, горчица сизая (семя); цитрусовые (волокна), виноград (косточки); ромашка аптечная, расторопша пятнистая. Комплекс из цитрусовых (волокна) и виноград (косточки) приобрел гелеобразную структуру, что создавало неудобства в процессе обработки почвы. В итоговый состав разрабатываемого препарата включены

растительные экстракты, показавшие наибольшую эффективность: ромашка аптечная, расторопша пятнистая, пижма обыкновенная, горчица сизая (семя), кислота органическая (консервант).

Натурные испытания препарата проводили с 23 июля по 7 октября 2022 года. В таблице 3 представлены результаты изменения сырой биомассы сорных растений на 10 участках размером 100×100 см после обработки препаратом через 4 и 11 недель.

Таблица 3 – Биомасса сорных растений через 4 и 11 недель после обработки препаратом в 2022 г.

№ участка	Сырая биомасса (г) после обработки (через 4 недели, после обработки)	Средняя биомасса, г	Сырая биомасса (г) после обработки (через 11 недель, после обработки)	Средняя биомасса, г
1	60	55 ± 13	120	114 ± 40
2	50		100	
3	50		140	
4	80		140	
5	60		120	
6	80		90	
7	30		110	
8	50		90	
9	40		180	
контроль	210		316	

Средняя биомасса на 9 участках с учетом статистической обработки результатов с применением Q-теста составила (55 ± 13) г после 4 недель и (114 ± 40) г после 11 недель.

Таким образом, после 4 недель с момента обра-

ботки биомасса сорных растений в среднем на обработанных участках меньше на 3/4 (74 %), чем в контрольной пробе, а после 11 недель на 64%, что демонстрирует эффективность разработанного препарата.



Рисунок. Вид седьмого участка: 1 – почва в день обработки препаратом, предварительно освобожденная от растительности; 2 – через четыре недели после обработки препаратом; 3 – через одиннадцать недель после обработки препаратом

Заключение. В результате проведенного исследования изучено 24 экстракта растительного сырья, из которых рост газонной травы подавляли следующие: пырей ползучий, молочай лозный, недотрога мелкоцветная, горчица сизая (семя), клевер луговой, пустырник пятилопастный, цитрусовые (волокна), расторопша пятнистая, ромашка аптечная, виноград (косточки), эхинация пурпурная, пижма обыкновенная. Также отмечено стимулирующее действие некоторых растительных экстрактов, что в последствии может быть использовано для разработки стимуляторов роста растений. Из комплексов экстрактов наиболее эффективными гербицидами проявили себя экстракты ромашки аптечной, расторопши пятнистой, пижмы обыкновенной, горчицы сизой (семя), ставшие основой разрабатываемого препарата. Значительное снижение биомассы сорной травы, полученное в натуральных испытаниях, дает возможность рекомендовать препарат к использованию на приусадебных участках.

Литература:

1. Авдеенко А.П. Влияние гербицидов на засоренность побегов и продуктивность ярового ячменя // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 34-39.
2. Васильев А.А., Горбунов А.К., Бобоев Д.А., Глаз Н.В. Влияние гербицидов на сеgetальный компонент и урожайность картофеля в лесостепной зоне Челябинской области // Земледелие. 2022. № 3. С. 42-44.
3. Гусаков, Г.В. Комплексная система управления продовольственной безопасностью. Методологические и методические решения. Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК. Минск. 2018.
4. Гусаков Г.В. Экологизация сельского хозяйства: мифы и реальность. Наука и инновации 2020. С. 25-31.
5. Епифанцев В. В., Панасюк А. Н., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А. Влияние смесей гербицидов на динамику численности сорняков и продуктивность сои в Приамурье // Современные методы и подходы в защите растений: материалы II международной научной конференции. Екатеринбург, 16–18 ноября 2020. Екатеринбург. 2020. С. 30-31.

6. Жармухамедов С. К., Шабанова М. С., Родионова М. В., Гусейнова И. М. и др. Влияние нового ингибитора фотосинтеза [CuL2]Br₂ комплекса на активность фотосистемы II в шпинате // Cells. 2022. 11(17). 2680. <https://doi.org/10.3390/cells11172680>
7. Кондратьев М.Н., Ларикина Ю.С., Давыдова А.Н. Вторичные соединения лекарственных растений как потенциальная основа для создания биогербицидов // Вopr. биол., мед., фарм. химии. 2017. Т. 20. № 5. С. 36–40.
8. Лысенко Н.Н. Гербициды в посевах сои // Вестник аграрной науки. 2018. 2(71). С. 21-28.
9. Пушкарев В. Г., Алексеева А. Д. Продуктивность капусты белокочанной при использовании гербицидов // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. N 2. С. 33-38. DOI 10.56323/23088583_2022_02_33.
10. Рутц А. В., Соколова А. В., Кузнецова Л. Н. Влияние гербицидов на продуктивность картофеля в Челябинской области // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства. Сборник трудов 3-й Международной дистанционной научно-практической конференции. 2020. С.217-222
11. Ялович Л. И. Эффективность химической обработки посадок картофеля от сорняков в условиях Псковской области // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. N 2. С. 49-55. DOI 10.56323/23088583_2022_02_49.
12. Che J., Meng X., Xu X., Jiang Sh. Synthesis and herbicidal evaluation of novel uracil derivatives containing benzothiazol-2-yl moiety // J. Heterocycl. Chem. 2016. V. 53. № 5. P. 1494-1498.
13. Fu C., Zou X. Synthesis and herbicidal activity of 2-cyano-3-(2-substituted phenoxy)pyridin-5-yl) aminoacrylates containing substituted phenoxy group. [электронный ресурс]: Synthesis and herbicidal activity of 2-cyano-3-substituted-pyridinemethylaminoacrylates - PubMed (nih.gov). Дата обращения: 10.10.2022
14. Masi M., Meyer S., Clement S., Andolfi A. Spiroctaphylotrichin W, a spirocyclic γ-isolated from liquid culture of *Pyrenophora semeniperda*, a potential mycoherbicide for cheatgrass (*Bromus tectorum*) biocontrol // Tetrahedron. 2014. V. 70. № 7. P. 1497-1501.
15. Sacki M., Yano T., Nakaya Y., Tamada Y. Development of the novel herbicide metazosulfuron // J. Pest. Sci. 2016. V. 41. № 3. P. 102-106. 2.

Safe Herbicide Development Based on Plant Raw Materials

Elena S. Yatsenko^{✉1}, K.B.N., Associate Professor, ORCID ID 0000-0002-1715-6672,

Elena A. Leites¹, K.S-Kh.N., Associate Professor ORCID ID 0000-0003-0002-8620,

Viktor A. Petukhov¹, Senior Lecturer, Gleb K. Klochkov², Student, Alyona V. Ermakova² Graduate Student,

¹Department of Technosphere Safety and Analytical Chemistry,

²Institute of Chemistry and Chemical and Pharmaceutical Technologies, Altai State University, mlprx@mail.ru, 656049, Lenin Ave., 61, Barnaul, Russia

Abstract. The requirements for the safety of herbicides for humans, animals and the environment have increased due to the ecologization of agricultural production. The search for herbicides that have a less harmful effect on cultivated crops is carried out both among new classes of chemical compounds and among plants. There are few works in the papers on the development and application of plant origin herbicides, so this topic is relevant. In the present work, a new herbicide is proposed, obtained as a result of studies of the effects of extracts from 24 types of plant raw materials on the change in the biomass of weeds, both separately and in complexes. The developed preparation contains a complex of herbal extracts: chamomile, milk thistle, tansy, mustard blue (seed). With the help of classical methods of collecting plants, obtaining plant extracts and evaluating the raw biomass of weeds, a formulation was developed, laboratory and field tests of the herbicide were carried out. The drug has shown effective suppression of the weed vegetation growth in vacant lots and abandoned garden plots in the suburbs of Barnaul. The herbicide is recommended for soil processing between paths and rows of plants two or three times during the agricultural season.

Keywords: safe herbicides, herbal extracts, vegetable raw materials

Received: 18.10.2022

Accepted: 05.12.2022

Translation of Russian References:

1. Avdeenko A.P. *Vliyanie gerbitsidov na zasorennost' pobegov i produktivnost' yarovogo yachmenya* [The influence of herbicides on the clogging of spring barley shoots and its productivity]. *Uspexi sovremennogo estestvoznaniya* [Successes of contemporary natural science]. 2018. 10. pp. 34-39.

2. Vasil'ev A.A., Gorbunov A.K., Boboev D.A., Glaz N.V. *Vliyanie gerbitsidov na segetal'nyj component i urozhajnost' kartofelya v lesostepnoj zone Chelyabinskoy oblasti* [Influence of herbicides on the segetal component and potato yield in the forest-steppe zone of the Chelyabinsk region]. *Zemledeniye* [Agriculture]. 2022. 3. pp. 42-44.

3. Gusakov G.V. *Kompleksnaya sistema upravleniya proizvodstvennoj bezopasnost'yu: metodologicheskie resheniya* [Integrated food security management system: methodological solutions]. Minsk. «Belaruskaya navuka» Publ. house. 2018. 211 p.

4. Gusakov G.V. *Ekologizatsiya sel'skogo khozyajstva: mify*

i real'nost' [Ecologization of agriculture: myths and reality]. *Nauka i innovatsii* [Science and Innovation]. 2020. pp. 25-31.

5. Epifantsev V.V., Panasyuk A.N., Osipov Ya.A., Vajtekovich Yu.A. *Vliyanie smesey gerbitsidov na dinamiku chislennosti sornyakov i produktivnost' soi v Priamur'e* [The influence of herbicide mixtures on the weed abundance dynamics and soybean productivity in the Near-Amur region]. *Sovremennye metody i podkhody v zashchite rastenij* [Contemporary methods and approaches in plant protection]. Materials of the II International Scientific Conference. Ekaterinburg. 2020. pp. 30-31.

6. Zharmukhamedov S.K., Shabanova M.S., Rodionova M.V., Gusejnova I.M. et al. *Vliyanie novogo inhibitora fotosinteza [CuL2]Br2 kompleksa na aktivnost' fotosistemy II v shpinate* [Effect of a new photosynthesis inhibitor [CuL2]Br2 complex on photosystem II activity in spinach]. *Cells*. 2022. 11(17). 2680. <https://doi.org/10.3390/cells11172680>

7. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S., Davydova A.N. *Vtorichnye soedineniya lekarstvennykh rastenij kak potentsial'naya osnova dlya sozdaniya biogerbitsidov* [Secondary compounds of medicinal plants as a potential basis for the creation of biogerbiticides]. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoj i farmatsevticheskoy khimii* [Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry]. 2017. T. 20. 5. pp. 36-40.

8. Lysenko N.N. *Gerbitsidy v posevakh soi* [Herbicides in soybean crops]. *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of Agrarian Science]. 2018. 2(71). pp. 21-28.

9. Pushkarev V.G., Alekseeva A.D. *Produktivnost' kapusty belokochannoj pri ispol'zovanii gerbitsidov* [Productivity of white cabbage when using herbicides]. *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii* [Proceedings of the Velikie Luki SAA]. 2022. 2. pp. 33-38. DOI 10.56323/23088583_2022_02_33

10. Rutts A.V., Sokolova A.V., Kuznetsova L.N. *Vliyanie gerbitsidov na produktivnost' kartofelya v Chelyabinskoy oblasti* [The influence of herbicides on potato productivity in the Chelyabinsk region]. *Aktual'nye voprosy sadovodstva i kartofelevodstva* [Topical issues of horticulture and potato growing]. Compilation of works of the 3rd International Remote Scientific and Practical Conference. 2020. pp. 217-222

11. Yalovik L.I. *Effektivnost' khimicheskoy obrabotki posadok kartofelya ot sornyakov v usloviyakh Pskovskoy oblasti* [The effectiveness of potato plantings chemical treatment from weeds in the conditions of the Pskov region]. *Izvestiya Velikolukskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii* [Proceedings of the Velikie Luki SAA]. 2022. 2. pp. 49-55. DOI 10.56323/23088583_2022_02_49

Цитирование. Яценко Е.С., Лейтес Е.А., Петухов В.А., Клочков Г.К., Ермакова А.В. Разработка безопасного гербицида на основе растительного сырья // Научно-агрономический журнал. 2022. №4(119). С. 19-23. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.003.19-23

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Yatsenko E.S., Leites E.A., Petukhov V.A., Klochkov G.K., Ermakova A.V. Safe Herbicide Development Based on Plant Raw Materials. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 4(119). pp. 19-23. DOI: 10.34736/FNC.2022.119.4.003.19-23

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.