

УДК 632.954:502.175

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АГРОЦЕНОЗОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕРБИЦИДОВ СПЛОШНОГО ДЕЙСТВИЯ

**Захарьева Ю.И., Верещагин А.Л.**

*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, e-mail: yuliya414@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию использования гербицидов сплошного действия и физических факторов, таких как ультразвуковое распыление, магнитная обработка и светодиодное освещение по спектру поглощения хлорофилла, для повышения экологической безопасности агроценозов. Полученные результаты показали высокий потенциал изученных факторов для снижения норм внесения гербицидов. В частности, применение ультразвукового распыления позволяет повысить фитотоксичность в 1,77 раза; светодиодного освещения – в 1,32 раза; ультразвукового распыления в магнитном поле – в 1,96 раза. Совместное использование физических факторов и препарата органических кислот в СМК позволило повысить фитотоксичность за счет синергетического эффекта, в частности, в 3,67 раза в варианте с гербицидом «Глифор» и ультразвуковым распылением.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, кислоты цикла Кребса, гербициды сплошного действия, ультразвуковое распыление, светодиодное освещение, магнитное поле

## THE USE OF PHYSICAL FACTORS FOR THE IMPROVEMENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY OF AGROCENOSSES USING OF HERBICIDES CONTINUOUS ACTION

**Zakhareva Y.I., Vereschagin A.L.**

*Biysk Technological Institute (branch) of the AltSTU, Biysk, e-mail: yuliya414@yandex.ru*

This article is devoted to research of the use of herbicides continuous action and physical factors such as ultrasonic atomization, magnetic processing and LED lighting on the absorption spectrum of chlorophyll, to improve environmental safety of of agrocnoses. The results showed a high potential of the studied factors to reduce the rates of application herbicides. In particular, use of ultrasonic atomization improves phytotoxicity 1,77 times; LED lighting – 1,32 times; ultrasonic atomization in a magnetic field – 1,96 times. The sharing of physical factors and formulations of organic acids in SMC allowed to increase phytotoxicity due to the synergistic effect, in particular in the 3,67 times version herbicide «Glifor» and ultrasonic atomization.

**Keywords:** environmental safety, acid of the Krebs cycle, herbicides continuous action, ultrasonic atomization, LED lighting, magnetic field

Широкое применение средств защиты растений негативно отражается на экологическом состоянии агроценозов. Многие компоненты, входящие в состав гербицидов, могут являться причиной снижения плодородия почв и питательной ценности сельскохозяйственной продукции [1, 4, 6], а также вызывать аллергические реакции, острые отравления, нарушение работы репродуктивной системы человека [2, 3].

В связи с этим интерес представляет использование физических факторов, таких как ультразвуковое распыление, магнитное поле и светодиодное освещение по спектру поглощения хлорофилла, которые могут изменить проницаемость клеточных мембран или изменить форму клеток, за счет чего можно повысить фитотоксичность гербицидов и снизить норму их внесения.

**Цель исследования** – повышение экологической безопасности агроценозов за счет использования физических факторов.

Объектом исследования являлись растения горчицы белой, которые выращивали в лабораторных условиях в лотках с песком, площадью 0,1 м<sup>2</sup> в количестве 80–120 штук. Обработку проводили через 14 суток после посадки, при этом высота растений достигала 10–12 см, наблюдалось 4 листка. Средняя температура в период наблюдения составила 20°C.

В качестве растворов для опрыскивания растений использовалась формуляция Глифор (360 г/л глифосата и 180 г/л ПАВ) и смесь органических кислот цикла Кребса (лимонная, янтарная, щавелевая, кетоглутаровая, яблочная) с суммарной концентрацией 10<sup>-11</sup> М. Смесь органических кислот готовили методом последовательного разбавления 1 М раствора кислот.

Опытные образцы готовились путем разбавления стандартного рабочего раствора гербицида водой или водой и смесью органических кислот. Концентрация рабочего

раствора гербицида в образцах для опрыскивания составляла 20, 25, 40, 50, 60, 75, 80 и 100% от рекомендуемой нормы. Норма внесения рабочей жидкости составила 50 мл/м<sup>2</sup>.

Для оценки эффективности действия гербицидов использовались показатели фитотоксичности, относительная фитотоксичность и относительная летальная доза.

Фитотоксичность препаратов  $\Phi$  рассчитывалась по формуле [5]:

$$\Phi = \frac{N_1 - N}{N_1} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $\Phi$  – фитотоксический эффект, %;  $N_1$  – число растений до обработки препаратами;  $N$  – число растений после обработки.

Относительную фитотоксичность  $\Phi_o$  рассчитывали по формуле

$$\Phi_o = \frac{\Phi_1}{\Phi_2}, \quad (2)$$

где  $\Phi_1$  – фитотоксический эффект при обработке гербицидом в воде, %;  $\Phi_2$  – фитотоксический эффект при обработке гербицидов в водном растворе органических кислот, %.

Относительная летальная доза рассчитывалась как концентрация, при которой удается достичь гибели 50% обработанных растений.

*Ультразвуковая обработка растений.* Для обработки растений гербицидами использовался ультразвуковой аппарат УЗР-0,15/44-ОМ с рабочей частотой 22 кГц и ультразвуковой ингалятор «Муссон-2»-03.

Обработку проводили с помощью садового распылителя, с помощью ультразвукового распылителя типа УЗР-0,15/44-ОМ с частотой 22 кГц и ультразвукового ингалятора «Муссон-2»-03. Использовали 4 варианта обработки: формуляция гербицида в воде в сочетании с ультразвуковым распылением с рабочей частотой 22 кГц (I) и частотой 2,5 МГц (II) и в препарате органических кислот в сочетании с ультразвуковым распылением с рабочей частотой 22 кГц (III) и частотой 2,5 МГц (IV). Опытные участки опрыскивали опытным раствором в норме 50 см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>.

*Ультразвуковая обработка в магнитном поле.* Для обработки растений гербицидами была собрана установка, состоящая из ультразвукового аппарата типа УЗР-0,15/44-ОМ и кольцевого магнита, расположенного на распыляющем элементе (Nd-B-Fe (40×20×20) с никелевым покрытием, код материала N35, остаточная магнитная индукция 1,17–1,21 Тл).

*Использование светодиодного освещения по спектру поглощения хлорофилла.* Для выращивания растений использовались синие и красные светильники. Си-

ние светодиоды со световой мощностью 295–440 мВт на 1 Ватт потребляемой мощности и максимумом излучения на длинах волн 445–450 нм. Красные – со световой мощностью 300–400 мВт на 0,6 Ватт потребляемой мощности и максимумом излучения на длинах волн 645–660 нм. Угол раскрытия – 100–130°. Светодиодные светильники располагались на высоте 0,5 м до уровня верхней части побегов растений. Растения горчицы белой помещали в камеру с искусственным освещением в диапазоне длин волн с максимальной мощностью 430–440 нм и выдерживали в течение 7 суток, после чего проводили обработку ГФ-содержащим гербицидом. Затем растения оставляли при естественном освещении (ЕО) или выдерживали в камере с искусственным освещением (ИО) в диапазоне длин волн с максимальной мощностью 640–650 нм. Период освещения составлял 12 часов в сутки. Для сравнения использовали растения горчицы белой, выдержанные при естественном освещении.

Применение ультразвука. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Полученные результаты показывают, что фитотоксичность формуляции гербицида на основе N-(фосфонометил)-глицина увеличивается при его совместном применении с ультразвуковым распылением частотой 22 кГц в варианте гербицид в воде и гербицид в препарате органических кислот в СМК.

Гибели 50% растений удается достичь при концентрации 31% от рекомендуемой нормы в варианте гербицид + ультразвуковое распыление и при 15% от рекомендуемой нормы в варианте гербицид + ультразвуковое распыление + СМК. Применение органических кислот в данном варианте обработки позволяет повысить относительную фитотоксичность в 1,23 раза. Таким образом, лучшие результаты были получены при совместном применении ультразвука и СМК за счет синергетического эффекта.

Так как ультразвуковое распыление частотой 22 кГц позволяет добиться получения капель обрабатываемой жидкости порядка 40 мкм, а средний диаметр устьичных щелей растений составляет 10–60 мкм, данный способ обработки может позволить повысить скорость поступления действующего вещества гербицидов в растение, повысить фитотоксичность и в конечном итоге снизить норму внесения гербицидов.

При использовании ультразвукового распылителя, имеющего рабочую частоту 2,5 МГц, наблюдалась 100%-ная потеря фитотоксичности препарата, которую можно связать с гидролизом действующего вещества формуляции.

**Таблица 1**

Фитотоксический эффект и относительная фитотоксичность формуляции «Глифор» при совместном применении с органическими кислотами в СМК по отношению к горчице белой

Вариант		Ф	Ф <sub>0</sub>	Вариант		Ф	Ф <sub>0</sub>
20	В воде	15,70 ± 0,90	4,14 ± 0,08	40	В воде	80,50 ± 0,90	1,23 ± 0,06
	В СМК	65,00 ± 1,20			В СМК	99,10 ± 0,05	
60	В воде	99,41 ± 0,03	1,01 ± 0,05	80	В воде	100,0 ± 0,0	1,00 ± 0,05
	В СМК	100,0 ± 0,0			В СМК	100,0 ± 0,0	
100	В воде	100,0 ± 0,0	–	–	–	–	–

**Таблица 2**

Фитотоксический эффект и относительная фитотоксичность после обработки растений горчицы белой гербицидом «Глифор» и смесью гербицида и органических кислот в СМК, с использованием ультразвукового распыления в магнитном поле

Вариант		Ф, %	Ф <sub>0</sub>	Вариант		Ф, %	Ф <sub>0</sub>
20	В воде	37,3 ± 3,2	1,25 ± 0,13	40	В воде	68,8 ± 2,5	1,21 ± 0,04
	В СМК	46,8 ± 2,1			В СМК	83,2 ± 0,3	
60	В воде	95,1 ± 0,2	0,99 ± 0,01	80	В воде	95,9 ± 0,1	0,99 ± 0,01
	В СМК	94,1 ± 0,1			В СМК	94,9 ± 0,1	
100	В воде	100,0 ± 0,0	–	–	–	–	–

*Применение ультразвука в магнитном поле.* Результаты представлены в табл. 2.

Применение магнитного поля приводит к повышению фитотоксичности гербицида до 7%. Совместное использование ультразвукового распыления, магнитного поля и препарата СМК привело к повышению фитотоксичности гербицида до 15% от рекомендуемой нормы (лучший вариант при 40%-ной концентрации).

Одной из причин эффективности обработки в магнитном поле может являться ускорение клеточных процессов за счет по-

вышения проницаемости клеточных мембран, что позволяет повысить скорость поступления действующего вещества гербицидов в растение.

Гибели 50% растений удалось достичь при концентрации гербицида 28% от рекомендуемой нормы внесения в варианте ультразвуковое распыление + магнит и 22% – в варианте ультразвуковое распыление + магнит + СМК.

*Применение светодиодного освещения по спектру поглощения хлорофилла.* Полученные результаты представлены в табл. 3.

**Таблица 3**

Фитотоксичность и фитотоксический эффект формуляции «Глифор» при совместном использовании с искусственным освещением по отношению к горчице белой

«Глифор» в воде			«Глифор» в водном растворе органических кислот			
Вариант обработки	Ф, %	Ф <sub>0</sub>	Вариант обработки	Ф, %	Ф <sub>0</sub>	
20	ЕО	31,0 ± 1,8	20	ЕО	31,0 ± 1,8	1,08 ± 0,08
	ИО	32,1 ± 1,5		ИО	33,5 ± 1,5	
25	ЕО	37,5 ± 1,7	25	ЕО	37,5 ± 1,7	0,97 ± 0,06
	ИО	42,4 ± 1,8		ИО	36,4 ± 1,1	
50	ЕО	60,9 ± 1,1	50	ЕО	60,9 ± 1,1	0,93 ± 0,05
	ИО	71,6 ± 0,8		ИО	56,6 ± 2,4	
75	ЕО	72,1 ± 1,3	75	ЕО	72,1 ± 1,3	1,02 ± 0,05
	ИО	75,8 ± 0,7		ИО	73,5 ± 2,4	
100	ЕО	87,7 ± 0,2	100	–	–	–
	ИО	91,8 ± 0,2				

Таблица 4

Значение показателей относительной фитотоксичности и относительной летальной дозы для разных вариантов обработки

Вариант обработки	LD <sub>50</sub>	Φ <sub>0</sub>
«Глифор» + ультразвуковое распыление + СМК	15,0 ± 1,0	3,67 ± 0,07
«Глифор» + ультразвуковое распыление в магнитном поле + СМК	22,0 ± 1,5	2,50 ± 0,05
«Глифор» + ультразвуковое распыление в магнитном поле	28,0 ± 1,2	1,96 ± 0,07
«Глифор» + ультразвуковое распыление	31,0 ± 1,2	1,77 ± 0,04
«Глифор» + Искусственное освещение	31,0 ± 1,3	1,32 ± 0,05
«Глифор» + Искусственное освещение + СМК	42,0 ± 1,4	0,97 ± 0,04
«Глифор» в воде	55,0 ± 1,9	–

Полученные результаты показали повышение фитотоксичности гербицида на основе глифосата во всех вариантах обработки с водой. Лучший результат получен при 50%-ной концентрации гербицида, при этом фитотоксичность возросла на 17% по сравнению с контролем.

Полученные результаты показали повышение фитотоксичности только при 20%-ной концентрации гербицида (вариант с органическими кислотами), при этом фитотоксичность составила 33,5%, поэтому данный вариант считается практически неприменимым.

Повышение фитотоксичности под воздействием светодиодного освещения по спектру поглощения хлорофилла, вероятно, связано с удлинением клеток, изменением ширины устьиц растений и устьичной проводимости, угнетением роста стебля и увеличением ширины листа, что позволяет повысить скорость поступления действующего вещества гербицидов в растение.

Сравнительная характеристика влияния физических факторов на изменение фитотоксичности гербицида «Глифор». Эффективность каждого из изученных физических факторов, влияющих на фитотоксичность гербицидов, была оценена при помощи нахождения концентрации гербицида, обеспечивающей гибель 50% обработанных растений (LD<sub>50</sub>) и относительной фитотоксичности (к варианту «Глифор» в воде). Результаты представлены в табл. 4.

Анализ представленных данных показывает, что использование физических факторов, таких как ультразвуковое распыление, ультразвуковое распыление в магнитном поле и светодиодное освещение по спектру поглощения хлорофилла имеет потенциал для повышения фитотоксичности ГФ-содержащих гербицидов.

Применение ультразвукового распыления позволяет повысить фитотоксичность в 1,77 раза; светодиодного освещения – в 1,32 раза; ультразвукового распыления в магнитном поле – в 1,96 раза.

Совместное использование физических факторов и препарата органических кислот в СМК позволило повысить фитотоксичность за счет синергетического эффекта, в частности, в 3,67 раза в варианте с гербицидом «Глифор» и ультразвуковым распылением.

#### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что физические факторы имеют потенциал для снижения норм внесения гербицидов на основе глифосата и тем самым могут способствовать повышению экологической безопасности.

Ультразвуковое распыление частотой 22 кГц позволяет повысить скорость поступления действующего вещества гербицидов в клетки растения, повысить фитотоксичность и в конечном итоге снизить норму внесения гербицидов за счет снижения диаметра распыляемых частиц. Одной из причин эффективности обработки в магнитном поле может являться ускорение клеточных процессов за счет повышения проницаемости клеточных мембран, что позволяет повысить скорость поступления действующего вещества гербицидов в растение. Повышение фитотоксичности под воздействием светодиодного освещения по спектру поглощения хлорофилла, вероятно, связано с повышением скорости поступления действующего вещества гербицидов в клетки растения.

#### Список литературы

1. Bott S. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max L.*) // *Plant and Soil*. – 2008. – Vol. 312. – P. 185–194.

2. Cattani D. Mechanisms underlying the neurotoxicity induced by glyphosate-based herbicide in immature rat hippocampus: involvement of glutamate excitotoxicity // *Toxicology*. – 2014. – Vol. 320. – P. 34–45.

3. Dallegrave E. Pre- and postnatal toxicity of the commercial glyphosate formulation in Wistar rats // *Arch. Toxicol.* – 2007. Vol. 81, no. 9. pp. 665–673.

4. Duke S.O. Glyphosate degradation in glyphosate-resistant and susceptible crops and weeds / S.O. Duke // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 59. – P. 5835–5841.

5. Krogmeier M.J. Phytotoxicity of foliar-applied urea / M.J. Krogmeier, G.W. McCarty, J.M. Bremner // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 1989. – Vol. 86, № 21. – P. 8189–8191.

6. Zobiolo L.H.S. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean // *J. Agric. Food chem.* – 2010. – Vol. 58. – P. 4517–4522.

### References

1. Bott S. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max L.*) // *Plant and Soil*. 2008. Vol. 312. pp. 185–194.

2. Cattani, D. Mechanisms underlying the neurotoxicity induced by glyphosate-based herbicide in immature rat hippocampus: involvement of glutamate excitotoxicity // *Toxicology*. 2014. Vol. 320. pp. 34–45.

3. Dallegrave, E. Pre- and postnatal toxicity of the commercial glyphosate formulation in Wistar rats // *Arch. Toxicol.* – 2007. Vol. 81, no. 9. pp. 665–673.

4. Duke, S.O. Glyphosate degradation in glyphosate-resistant and susceptible crops and weeds / S.O. Duke // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011. Vol. 59. pp. 5835–5841.

5. Krogmeier, M.J. Phytotoxicity of foliar-applied urea / M.J. Krogmeier, G.W. McCarty, J.M. Bremner // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1989. Vol. 86, no. 21. pp. 8189–8191.

6. Zobiolo, L.H.S. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean // *J. Agric. Food chem.* 2010. Vol. 58. pp. 4517–4522.

### Рецензенты:

Псарев А.М., д.б.н., профессор кафедры биологии и физической культуры, ФГБОУ ВПО «Алтайская государственная академия образования имени В.М. Шукшина», г. Бийск;

Важов В.М., д.с.-х.н., заведующий кафедрой географии и экологии, ФГБОУ ВПО «Алтайская государственная академия образования имени В.М. Шукшина», г. Бийск.