

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРМЕДИАТОВ ЦИКЛА КРЕБСА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НОРМ ВНЕСЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ СПЛОШНОГО ДЕЙСТВИЯ

Захарьева Ю.И., Верещагин А.Л.

Бийский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Бийск, e-mail: yuliya414@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованию экологических аспектов применения органических кислот цикла Кребса в сверхмалых концентрациях для снижения норм внесения гербицида «Раундап» в лабораторных, микрополевых и полевых опытах. Объектом лабораторных исследований являлась горчица белая, микрополевых и полевых – сорные растения. Основными показателями для оценки возможности снижения норм внесения гербицидов являлись фитотоксичность, относительная фитотоксичность и относительная летальная доза. В результате проведенных лабораторных, микрополевых и полевых исследований показано, что использование интермедиатов цикла Кребса позволяет снизить норму внесения гербицидов сплошного действия от 2 до 5 раз в зависимости от вида сорного растения. Повышение фитотоксичности гербицидов сплошного действия при совместном использовании с органическими кислотами возникает вследствие синергетического воздействия этих кислот, причем самыми активными являются янтарная и яблочная.

Ключевые слова: экологическая безопасность, гербициды сплошного действия, интермедиаты цикла Кребса.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USE OF INTERMEDIATES OF THE KREBS CYCLE TO REDUCE THE APPLICATION RATES OF HERBICIDES CONTINUOUS ACTION

Zakhareva Y.I., Vereschagin A.L.

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

This article is devoted to the study of environmental aspects of the use of organic acids of the Krebs cycle in the ultrasmall concentrations to reduce the application rates of the herbicide "Roundup" in laboratory, microfield and field experiments. The subject of laboratory research was white mustard, microfield and field - weeds. The main indicators to assess the possibility of reducing the norms of entering of herbicides were phytotoxicity relative phytotoxicity and the relative lethal dose. As a result of laboratory, microfield and field studies shown that the use of intermediates of the Krebs cycle to reduce the rate of herbicide continuous action from 2 to 5 times depending on the type of weed. Increasing the phytotoxicity of herbicides continuous action when combined with organic acids is due to the synergistic effects of these acids, the most active are succinic and malic.

Keywords: ecological safety, herbicides continuous action, intermediates of the Krebs cycle.

Гербициды сплошного действия являются самыми популярными средствами борьбы с сорными растениями. Однако многие исследователи утверждают, что такие средства защиты растений способствуют снижению экологического равновесия, разрушению верхних слоев почвы, нарушению работы эндокринной системы, являются причиной гормональных нарушений и повреждения ДНК [1,2,3,5]. Поэтому актуальными являются исследования по повышению экологической безопасности гербицидов за счет снижения их норм внесения.

Цель исследования – снижение норм внесения гербицидов сплошного действия при совместном использовании с интермедиатами цикла Кребса.

Материалы и методы исследования

Лабораторные исследования. Объектом исследования являлись растения горчицы белой (*Sinapis alba*), которые выращивали в лабораторных условиях в лотках с песком, площадью 0,1 м² 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 °С.

Микрополевые исследования. Объектом исследования являлись растения: осотогородный (*Sonchus oleraceae*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), лебеда раскидистая (*Atriplex patula*), горчак ползучий (*Acroptilon repen*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crus-galli*), одуванчик обыкновенный (*Taraxacum officinale*), клемя сенелистный (*Acer negundo*) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) на ранней и поздней стадии развития. Для исследования был выбран участок, не обрабатываемый в течение 5 лет. Распыление растворов проводили в сухую безветренную погоду, при этом наблюдались осадки в виде росы. Площадь опыта – 1 м².

Полевые опыты. Объектом исследования являлись растения пырей ползучий (*Elytrigia repens*), гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), осот розовый (*Cirsium arvense*), осот желтый (*Sonchus arvensis*).

Была проведена обработка парового поля, площадью 329 га. Одну половину обрабатывали гербицидом «Рап» со 100 %-ной нормой внесения (6 дм³/га) – контроль, другую половину обрабатывали раствором органических кислот и гербицидом с 50 %-ной нормой внесения.

Растворы для опрыскивания. В качестве растворов для опрыскивания растений использовалась формуляция «Раундап» (360 г/л глифосата и 180 г/л ПАВ), органические кислоты цикла Кребса (лимонная, янтарная, щавелевая, кетоглутаровая, яблочная), а также их смесь с суммарной концентрацией 10⁻¹¹М. Растворы с концентрацией 10⁻¹¹ М готовили методом последовательного разбавления базового 1М раствора.

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 от 10 до 100 % от рекомендуемой нормы. Норма внесения рабочей жидкости составила 50 мл/м².

Для оценки возможности снижения норм внесения гербицида «Раундап» использовались показатели фитотоксичность, относительная фитотоксичность и относительная летальная доза.

Фитотоксичность препаратов Φ рассчитывалась по формуле [4]:

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

где Φ – фитотоксический эффект, %;

N_1 – число растений до обработки препаратами;

N – число растений после обработки.

Относительную фитотоксичность Φ_o рассчитывали по формуле:

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

где Φ_1 – фитотоксический эффект при обработке гербицидом в воде, %;

Φ_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.

Результаты исследования и их обсуждение

Лабораторные исследования. Использование щавелевой кетоглутаровой и лимонной кислот в сверхмалых концентрациях не привело к существенному изменению фитотоксичности гербицида на основе глифосата. В таблице 1 представлены результаты исследования при использовании янтарной (ЯК) и яблочной кислот (ЯБК).

Таблица 1

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

Концентрация гербицида в растворе, %	Вариант	Янтарная кислота		Яблочная кислота	
		Φ , %	Φ_o	Φ , %	Φ_o
20	В воде	6,3±1,4	1,36	6,3±1,4	1,02±0,06
	В кислоте	8,6±0,9		6,4±1,9	
40	В воде	45,3±1,2	1,29	45,3±1,2	1,13±0,07
	В кислоте	58,5±1,3		51,2±3,1	
60	В воде	67,9±1,3	1,23	67,9±1,3	1,10±0,05
	В кислоте	83,8±1,2		74,7±2,0	
80	В воде	86,5±1,9	1,11	86,5±1,9	1,03±0,03
	В кислоте	96,4±1,3		89,1±1,0	
100	В воде	100,0±0,0	-	100,0±0,0	-

Полученные результаты показывают, что фитотоксичность формуляции на основе глифосата увеличивается при его совместном применении с янтарной кислотой во всех вариантах (до 1,29 раза), при этом гибель 50 % растений удалось достичь при концентрации

37 % от рекомендуемой нормы. Совместное применение гербицида и яблочной кислоты приводит к повышению его фитотоксичности по отношению к горчице белой во всех вариантах. Лучшие результаты получены при 60 и 40 %-ной концентрации от рекомендуемой нормы внесения, при этом относительная фитотоксичность увеличивается на 10 и 13 % соответственно. Гибель 50 % обработанных растений удалось достичь при концентрации гербицида 40 % от рекомендуемой нормы внесения.

В таблице 2 приведены результаты исследования при использовании смели 5 органических кислот в диапазоне концентраций от 10^{-7} до 10^{-11} М.

Таблица 2

Фитотоксический эффект и относительная фитотоксичность гербицида «Раундап» при совместном использовании со смесью пяти органических кислот по отношению к горчице белой

Концентрация гербицида в растворе, %	В воде	Концентрация смеси кислот в растворе, М					
		10^{-11}		10^{-9}		10^{-7}	
	Ф	Ф _о	Ф	Ф _о	Ф	Ф _о	
20	6,3	8,8	1,40	6,2	0,99	6,4	1,02
40	45,3	63,8	1,41	47,6	1,05	49,8	1,10
60	67,9	87,6	1,29	78,1	1,15	79,4	1,17
80	86,5	92,6	1,07	90,0	1,04	88,2	1,02
НСР	1,4	1,8	0,08	1,5	0,05	1,9	0,06

Анализ полученных результатов показывает, что фитотоксичность формуляции «Раундап» при совместном использовании с органическими кислотами в сверхмалых концентрациях (СМК) превосходит фитотоксичность водного раствора гербицида практически во всех вариантах обработки, при этом удается достичь гибель 50 % растений при концентрации 35 % от рекомендуемой нормы внесения. Лучшим можно считать вариант обработки с использованием органических кислот в концентрации 10^{-11} М, при этом наблюдается повышение относительной фитотоксичности до 1,41 раза.

Для сравнения эффективности действия отдельных органических кислот и их смесей была оценена концентрация, при которой удается достичь гибели 50 % обработанных растений и показатель относительной фитотоксичности (к варианту «Раундап» в воде). В таблице 3 представлены полученные результаты.

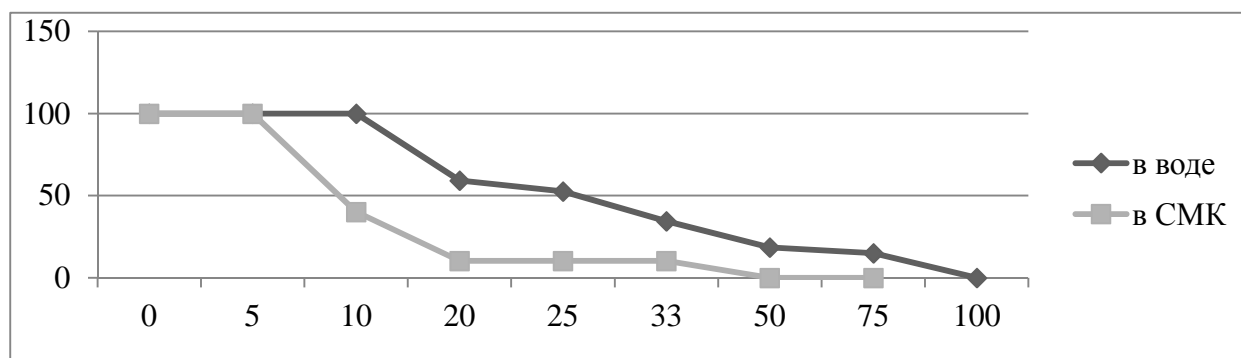
Таблица 3

Относительная летальная доза и относительная фитотоксичность гербицида «Раундап»

Вариант обработки	LD ₅₀	Φ _o
«Раундап» в СМК	0,350±0,010	1,29±0,05
«Раундап» в ЯК (10 ⁻¹¹)	0,370±0,014	1,22±0,05
«Раундап» в DL-ЯБК (10 ⁻¹¹)	0,400±0,020	1,13±0,07
«Раундап» в воде	0,450±0,022	-

Из анализа полученных данных можно сделать вывод, что оптимальным вариантом обработки является вариант с использованием смеси 5 органических кислот, при этом повышение фитотоксичности гербицидов возникает вследствие синергетического воздействия.

Микрополевые опыты. На рисунке представлена динамика изменения доли неповрежденных растений после обработки.



Влияние концентрации ГФ-содержащего гербицида в растворе на долю неповрежденных растений

Из представленных данных следует, что применение смеси кислот – интермедиатов цикла Кребса и формуляции на основе глифосата приводит к повышению его фитотоксичности на всем диапазоне концентраций. Раствор гербицида и препарата органических кислот проявляет фитотоксичность начиная с 10 %-ной концентрации, в то время как применение водного раствора гербицида – с 20 %-ной, при этом использование препарата органических кислот позволяет свести к минимуму количество всех растений при концентрации гербицида, равной 50 % от рекомендуемой нормы.

В таблице 4 представлена концентрация, при которой удается достичь гибели 50 % обработанных растений (LD₅₀) и относительная фитотоксичность (к варианту «Раундап» в воде).

Таблица 4

Относительная летальная доза и относительная фитотоксичность гербицида «Раундап»

Вариант обработки	LD ₅₀	Φ _o	
Ранняя стадия	«Раундап» в воде	0,310±0,011	2,38±0,01

	«Раундап» в СМК	0,130±0,002	
Поздняя стадия	«Раундап» в воде	0,260±0,005	2,89±0,01
	«Раундап» в СМК	0,900±0,001	

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что применение органических кислот в СМК приводит к повышению фитотоксичности более чем в 2 раза, как для ранней, так и для поздней стадии развития растений.

Полевые опыты. На 7-е сутки после обработки наблюдалось замедление роста сорняков, в особенности пырея ползучего, на 20-е сутки стало заметным воздействие препаратов на все сорные растения. На 30-е сутки была проведена механическая обработка полей в связи с появлением всходов однолетних сорняков. Повторное появление многолетних сорняков, как на контрольном, так и на опытном полях не наблюдалось. По полученным результатам проведенных полевых испытаний можно сделать вывод, что совместное применение органических кислот в СМК и формуляции «Рап» позволяет снизить норму внесения гербицида примерно в два раза.

Заключение

В результате проведенных лабораторных, микрополевых и полевых исследований показано, что использование интермедиатов цикла Кребса позволяет снизить норму внесения гербицидов сплошного действия от 2 до 5 раз в зависимости от вида сорного растения.

Повышение фитотоксичности гербицидов сплошного действия при совместном использовании с органическими кислотами возникает вследствие синергетического воздействия этих кислот, причем самыми активными являются янтарная и яблочная.

Список литературы

1. Benachour, N. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells / N. Benachour, G.E. Seralini // Chem. Res. Toxicol. – 2009. Vol. 22, № 1. – P. 97-105.
2. Contardo-Jara, V. Bioaccumulation of glyphosate and its formulation Roundup Ultra in *Lumbriculus variegatus* and its effects on biotransformation and antioxidant enzymes / V. Contardo-Jara, E. Klingelmann, C. Wiegand // Environ. Pollut. – 2009. Vol. 157, № 1. – P. 57-63.
3. Cox, C. Herbicide Factsheet: Glyphosate / C. Cox // Journal of Pesticide Reform. – 2004. – № 4. – 24 p.

4. 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.
5. Moore, L.J. Relative toxicity of the components of the original formulation of Roundup to five North American // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2012. – Vol. 78. – P. 128-133.

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.