

газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды // Физиология растений. – 2008. – Т. 55. – № 5. – С. 777-785.

6. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. – М.: Наука, 1972. – 252 с.

7. Бурлакова Е.Б., Алесенко А.В., Молочкина Е.М., Пальмина Н.М., Храпова Н.Г. Биоантиоксиданты в лучевом поражении и злокачественном росте. – М.: Наука, 1975. – 241 с.

8. Владимиров Ю.А. Свободнорадикальное окисление липидов и физические свойства липидного слоя биологических мембран // Биофизика. – 1987. – Т. 32. – № 5. – С. 830-844.

9. Меньшикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Про-

оксиданты и антиоксиданты. – М.: Фирма «Слова», 2006. – 556 с.

10. Рогожин В.В., Курилюк Т.Т., Филиппова Н.П. Изменение реакции антиоксидантной системы проростков пшеницы после ультрафиолетового облучения семян // Биофизика. – 2000. – Т. 45. – № 4. – С. 730-736.

11. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.

12. Лебедева О.В., Угарова Н.Н., Березин И.В. Кинетическое изучение реакции окисления о-дианизидина перекисью водорода в присутствии пероксидазы из хрена // Биохимия. – 1977. – Т. 42. – № 8. – С. 1372-1379.

13. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.



УДК 632.981.4

**Ю.И. Захарьева,  
А.Л. Верещагин,  
В.В. Еремина,  
В.В. Овчаренко,  
В.Г. Рыбников,  
В.В. Теплов**

## ПОВЫШЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ РЯДА ГЕРБИЦИДОВ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ СО СВЕРХМАЛЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ НЕКОТОРЫХ ПРИРОДНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ

**Ключевые слова:** сверхмалые концентрации органических кислот (СМК), гербицид, баковая смесь, N-(фосфоно-метил)глицин, лабораторные опыты, микрополевые опыты, полевые испытания, фитотоксичность.

### Введение

Глифосат – N-(фосфонометил)глицин – послевсходовый, неселективный гербицид системного действия, используемый для уничтожения однолетних и многолетних сорняков на посевах и посадке многих полевых сельскохозяйственных, плодовых и цитрусовых культур, на виноградниках, в лесном и городском хозяйстве, для уничтожения водных сорняков, а также для десикации листвы определенных сельскохозяйственных культур [1]. В РФ глифосат разрешен к применению в качестве гербицида в составе 38 формуляций на 23 сельскохозяйственных культурах и в качестве десиканта в составе 14 формуляций на 7 культурах [2].

Гербициды на основе глифосата широко применяются в посевах генно-модифицированных растений (ГМ). Эти растения могут аккумулировать гербициды, к которым они устойчивы, и вместе с растением человек или животные будут поглощать остаточные количества глифосата и его метаболитов. Имеются данные о негативном воздействии ГМ-культур в виде аллергических реакций и ряда заболеваний [3].

Цель работы – изучение возможности снижения норм внесения формуляций гербицидов на основе глифосата при их совместном использовании с препаратом № 3 на основе сверхмалых концентраций природных органических кислот [4].

В 2010 г. на полях «АКГУП Птицефабрика Смоленская» (Смоленский район, Алтайский край) было проведено исследование по совместному использованию препарата № 3 на основе природных органических кислот (СМК) с концентрацией  $10^{-11}$  М с гербицидом «Триатлон». Опыт был заложен в пер-

вом севообороте на полях пшеницы (386 га) и овса (363 га). Поля опрыскивали гербицидом «Триатлон» и раствором СМК с нормой расхода рабочей жидкости 30 л/га в фазу кущения. В результате наблюдалось угнетение растений овса и пшеницы, что привело к снижению урожайности на 34,8 и 35,9% соответственно.

Такой результат можно объяснить повышением фитотоксичности рабочего раствора. Было предпринято исследование для изучения наблюдавшегося эффекта.

Фитотоксичность препаратов  $\Phi$  рассчитывалась по формуле:

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

где  $\Phi$  – фитотоксический эффект, %;

$N_1$  – число растений до обработки препаратами;

$N$  – число растений после обработки.

Относительную фитотоксичность  $\Phi_0$  рассчитывали по формуле:

$$\Phi_0 = \frac{\Phi_1}{\Phi_2}, \quad (2)$$

где  $\Phi_1$  – фитотоксический эффект при обработке препаратом гербицидов в воде, %;

$\Phi_2$  – фитотоксический эффект при обработке препаратом гербицидов в водном растворе СМК, %.

### Экспериментальная часть

Опыт 1. Лабораторные испытания по совместному использованию СМК – препарат № 3 с N-(фосфонометил)-глицином (формуляция Раундап – 360 г/л глифосата и 180 г/л поверхностно-активного вещества). Проводилось сравнение фитотоксичности раствором препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина в воде и в водном растворе органических кислот с суммарной концентрацией  $10^{-11}$  моль/л при обработке растений фацелии (*Phacelia*) в возрасте 15 сут.

В качестве контроля использовался стандартный 1%-ный раствор формуляции в воде. Опытные образцы готовились путем

разбавления стандартного рабочего раствора водой или водой и раствором сверхмалых доз органических кислот (СМД) с концентрацией  $10^{-11}$  М. Концентрация рабочего раствора препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина в образцах составляла от 20, 40, 60, 80 и 100%. Исследования проводились в трехкратной повторности. Опытные участки опрыскивали опытным раствором в норме  $50 \text{ см}^3/\text{м}^2$ .

Результаты лабораторного опыта представлены в таблице 1.

Исходя из представленных данных, можно предположить, что совместное применение препарата № 3 с формуляцией «Раундап» достоверно повышает фитотоксичность рабочего раствора при концентрации 20-60% в течение первых двух недель опыта.

Опыт 2. Микрополевые исследования по совместному использованию СМК – препарат № 3 с N-(фосфонометил)-глицина (формуляция Раундап – 360 г/л глифосата и 180 г/л поверхностно-активного вещества). Проводилось сравнение фитотоксичности растворами, аналогичными опыту 1, при обработке растений: осот огородный (*Sonchus oleraceus*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*), лебеда раскидистая (*Atriplex patula*), горчак (*Picris*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli*), одуванчик полевой (*Taraxacum officinale*), клен ясенелистный (*Acer negundo*) и вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) на ранней стадии развития.

Обработку проводили с помощью садового распылителя в сухую безветренную погоду 28 апреля 2011 г. Наблюдение осуществляли в течение четырёх недель. Средняя температура за этот период составила –  $10,2^\circ\text{C}$ . Концентрация препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина в рабочих образцах составляла от 5, 10, 20, 25, 33, 50, 75 и 100%. Площадь опыта –  $1 \text{ м}^2$ . Исследования проводились в четырехкратной повторности. В таблице 2 представлены результаты опыта.

Таблица 1

Число выживших растений фацелии после обработки препаратами

Вариант	Доля выживших растений фацелии, %, через												
	7 сут.	$\Phi$ , %	$\Phi_0$	10 сут.	$\Phi$ , %	$\Phi_0$	14 сут.	$\Phi$ , %	$\Phi_0$	21 сут.	$\Phi$ , %	$\Phi_0$	
20	В воде	14,8	85,5	0,94	14,8	85,5	1,08	14,8	85,5	1,13	14,8	85,5	1,13
	В СМК	19,1	80,3		7,0	92,8		3,6	96,3		3,6	96,3	
40	В воде	19,8	81,8	1,13	12,6	88,4	1,13	0,6	99,4	1,00	0,6	99,4	1,00
	В СМК	8,2	92,7		0,5	99,6		0	100		0	100	
60	В воде	25,4	74,1	1,29	10,4	89,4	1,12	5,0	94,9	1,05	5,0	94,9	1,05
	В СМК	4,7	95,5		0	100		0	100		0	100	
80	В воде	2,6	97,7	1,00	0	100	1,00	0	100	1	0	100	1
	В СМК	3,2	97,3		0,5	99,6		0	100		0	100	
100	В воде	0	100	-	0	100	-	0	100	-	0	100	-

$\text{HCP}_{05} = 1,8$

Таблица 2

Фитотоксический эффект и относительная фитотоксичность препаратов с концентрацией N-(фосфонометил)-глицина (I) от 5 до 25% и раствором гербицида и СМК (II)

Вид растения	Концентрация препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина, % от рабочего раствора											
	5			10			20			25		
	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>
Осот огородный	0	0	-	0	36,1	-	19,0	68,5	3,60	42,7	100	2,34
Щирица запрокинутая	0	0	-	0	29,2	-	37,6	100	2,66	100	100	1,00
Лебеда раскидистая	0	0	-	0	40,0	-	37,5	100	2,67	40,2	100	2,49
Горчак ползучий	0	0	-	0	0	-	28,0	63,7	2,28	36,4	100	2,75
Полынь горькая	0	0	-	0	0	-	19,4	41,9	2,16	60,8	83,2	1,37
Ежовник обыкновенный	0	0	-	0	0	-	0	33,3	-	33,3	66,7	2,00
Одуванчик лекарственный	0	0	-	0	0	-	0	66,7	-	25,0	66,7	2,67
Клен ясенелистный	0	0	-	0	0	-	0	0	-	0	64,1	-
Вьюнок	0	0	-	0	0	-	0	56,0	-	0	66,7	-

НСР<sub>05</sub> = 2,4

Таблица 3

Фитотоксический эффект и относительная фитотоксичность препаратов с концентрацией N-(фосфонометил)-глицина (I) от 33 до 100% и раствором гербицида и СМК (II)

Вид растения	Концентрация препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина, % от рабочего раствора											
	33			50			75			100		
	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>	I	II	Ф <sub>о</sub>
Осот огородный	61,0	100	1,64	84,5	100	1,18	100	100	1,00	100	100	1,00
Щирица запрокинутая	100	100	1,00	100	100	1,00	100	100	1,00	100	100	1,00
Лебеда раскидистая	49,6	100	2,02	100	100	1,00	100	100	1,00	100	100	1,00
Горчак ползучий	82,9	100	1,21	100	100	1,00	100	100	1,00	100	100	1,00
Полынь горькая	65,0	89,0	1,37	70,2	100	1,42	79,7	100	1,25	100	100	1,00
Ежовник обыкновенный	33,3	94,8	2,85	66,7	100	1,50	100	100	1,00	100	100	1,00
Одуванчик лекарственный	35,5	66,7	1,88	50,0	100	2,00	100	100	1,00	100	100	1,00
Клен ясенелистный	40,0	75,0	1,87	47,6	75,0	1,58	62,5	100	1,60	100	100	1,00
Вьюнок	33,3	75,0	2,25	66,7	100	1,50	100	100	1,00	100	100	1,00

НСР<sub>05</sub> = 2,5

Из представленных данных в таблицах 2 и 3 следует, что фитотоксичность формуляции с СМК достоверно превосходит фитотоксичность раствора формуляции в воде. Раствор формуляции гербицида в СМК проявляет фитотоксичность начиная с 10%-ной концентрации, в то время как формуляция гербицида в воде – с 20%. Причем относительная фитотоксичность формуляции с СМК превосходит фитотоксичность формуляции гербицида и воды во всем диапазоне концентраций до 2,3-3,6 раза в случае огородного осота.

Аналогичные данные были получены и на поздних стадиях развития этих растений, когда проводили 13 августа 2010 г. в фазу полного развития растений. Исследовали в течение четырех недель. Средняя температура за период наблюдений составила 15,7°C.

Опыт 3. Полевые опыты по совместному использованию СМК – препарат № 3 с N-(фосфонометил)-глицина (формуляция Спрут Экстра – 540 г/л глифосата) ООО

«Ярко Поле». Проводилось сравнение фитотоксичности раствором препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина в воде и в водном растворе органических кислот с суммарной концентрацией 10<sup>-11</sup> моль/л при обработке полей перед высевом гречихи. Норма расхода гербицида в опыте составила 50% от рекомендованной, площадь опыта составила 100 га. В качестве контроля использовали гербицид со 100%-ной нормой внесения, площадь опыта – 150 га. Период обработки – 08.06.2011. Средняя температура за этот период – 21,6°C. На момент обработки на поле в основном произрастали осот желтый (*Synchus arvensis*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) и пырей ползучий (*Elytrngia rypens*).

Наблюдалась гибель растений в фазе роста 1-2-го листьев на 2-е сутки на полях контроля и опыта. На 5-е сутки равнозначная эффективность на обоих полях, на 7-е сутки – 100%-ная гибель всех сорных растений. Различия по эффективности при визуальном осмотре не наблюдались.

Таким образом, можно предположить, что совместное применение СМК – препарат №3 с N-(фосфонометил)-глицина позволяет снизить норму внесения гербицида примерно в два раза.

Опыт 4. Полевые опыты по совместному использованию СМК – препарат № 3 с баковой смесью эфира 2,4-Д (формуляция Эфирама, КЭ – 564 г/л 2,4-Д) и трибенурон-метила (формуляция ТриАлт, ВДГ – 750 г/кг трибенурон-метил) ООО «Ярко Поле». Проводилось сравнение фитотоксичности раствором препарата на основе баковой смеси в воде и в водном растворе органических кислот с суммарной концентрацией  $10^{-11}$  моль/л при обработке посевов яровой пшеницы. Норма внесения Эфирама, КЭ составила 400 г/л, ТриАлт, ВДГ – 500 г/л в контрольном опыте площадью 110 га. При совместном использовании со СМК норма внесения составила 50%, площадь опыта – 108 га. Период обработки – 16.06.2011. Средняя температура за этот период – 18,6°C.

На 3-и сутки наблюдались растения бодяка полевой (*Cirsium arvense*), гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*) в угнетенном состоянии, на 9-е сутки – равнозначная гибель сорных растений на полях контроля и опыта. Различия по эффективности не установлены.

Таким образом, можно предположить, что совместное применение СМК – препарат № 3 с N-(фосфонометил)-глицина позволяет снизить норму внесения гербицида примерно в два раза.

Опыт 5. Полевые опыты по совместному использованию СМК – препарат № 3 с N-(фосфонометил)-глицина (формуляция «Рап» – 360 г/л глифосата). Проводилось сравнение фитотоксичности раствором препарата на основе N-(фосфонометил)-глицина в воде и в водном растворе органических кислот с суммарной концентрацией  $10^{-11}$  моль/л при обработке парового поля площадью 329 га, разделенного на две части. Одну половину обрабатывали гербицидом «Рап» со 100%-ной нормой внесения (6 л/га) – контроль, другую половину – раствором СМК и гербицидом с 50%-ной нормой внесения. Период обработки – 25-30.06.2011.

На момент обработки на поле произрастали в основном пырей ползучий (*Elytrngia rypens*), гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), осот розовый (*Cirsium arvense*),

осот желтый (*Synchus arvensis*). На 7-е сутки стало заметно торможение роста сорняков, особенно пырея ползучего, на 20-е сутки – воздействие препаратов на все сорные растения, включая молочай лозный (*Euphorbia waldsteinii*). 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 предположить, что совместное применение СМК и формуляции «Рап» позволяет снизить норму внесения последнего примерно в два раза.

### Заключение

Микрополевые и полевые испытания показали, что препарат № 3 повышает фитотоксичность ряда гербицидов, что позволяет снизить норму обработки в условиях предгорной зоны Алтайского края примерно в два раза. Повышение фитотоксичности гербицидов, возможно, связано с увеличением диффузии действующих веществ формуляций гербицидов в растения. Продемонстрирована возможность применения препарата как для обработки паровых полей, так и посевов подсолнечника и зерновых.

### Библиографический список

1. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. – М.: Химия, 1987. – 712 с.
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2010, электронный ресурс, режим доступа – <http://www.mcx.ru/documents/section/show/13152.89.htm>
3. Ермакова И.В. Что мы едим. Воздействие на человека ГМО и способы защиты. – М.: Изд-во Амрита-Русь, 2011. – 64 с.
4. Верещагин А.Л., Кропоткина В.В. Влияние сверхмалых доз интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие ряда двудольных растений: монография. – Бийск: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2010. – 93 с.
5. Krogmeier, Michael J.; McCarty, Gregory W.; Bremner, John M. (1 November 1989). "Phytotoxicity of foliar-applied urea". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 86 (21): 8189-8191.

