

УДК 631.95:632.82:632.954:621.039.85

ПОСТУПЛЕНИЕ В РАСТЕНИЯ СИМАЗИНА И 2,4-Д ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ И ИХ ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ

В. В. РАЧИНСКИЙ, А. Д. ФОКИН, Л. Г. КРЕТОВА, К. Ш. ИБРАГИМОВ,
Х. Х. СЮНЯЕВ, Е. А. ДЕМЧЕНКО

(Кафедра прикладной атомной физики и радиохимии и кафедра почвоведения)

Эффект последействия гербицидов, т. е. подавление роста чувствительных к ним растений в течение нескольких лет после их внесения, широко известен. Особенно часто проявляется последействие триазиновых гербицидов, в частности симазина как вещества с высокой персистентностью [1, 2, 4, 7]. Время жизни симазина зависит от его доз, почвенных и климатических условий и составляет от 3 мес до 3 лет. Эффект последействия объясняют наличием неразложившегося, преимущественно сорбированного почвой гербицида. Наряду с этим есть еще один важный аспект, заслуживающий подробного изучения,— это сохранение пестицида или его токсичных конъюгатов в растительных остатках, попадающих в почву.

Масштабы поступления гербицидов в растения зависят от дозы пестицида, сорбционных свойств почвы, климатических условий, вида растений и др. Даже ко времени уборки урожая в растениях нередко обнаруживаются остаточные количества гербицидов (часто в виде конъюгатов). Так, в зерне пшеницы при обработке ее нормальными дозами 2,4-Д содержалось 0,1—0,3 мг пестицида в 1 кг [9], в зерне кукурузы при внесении симазина — 0,2—0,6 мг [3]. В полевых опытах с кукурузой к концу вегетационного периода в растениях, выращиваемых на дерново-подзолистой почве и на черноземе, количество атразина составило соответственно 1,3 и 0,8 % от внесенного (6 кг/га), причем около половины вещества содержалось в корнях [1, 2]. Следовательно, после уборки урожая в почве остаются значительные количества пестицидов в пожнивных остатках и корнях.

В некоторых работах показано [5], что различные по чувствительности к гербицидам виды растений слабо различаются по способности их поглощать. Чувствительность растений к этим препаратам, по временным представлениям, зависит от их способности превращать гербициды в нефитотоксичные метаболиты и скорости превращений.

Основной реакцией, приводящей к детоксикации 2-хлор-триазинов в растениях, а также в организмах животных, является образование растворимых в воде соединений с эндогенными веществами, в частности образование конъюгатов (сложных эфиров) с глутатионом. Устойчивость многих видов растений, например кукурузы, сорго, сахарного тростника, обусловлена быстрой метаболизацией триазинов до водорастворимых сульфидных конъюгатов путем замещения в 2-м положении хлоргруппы глутатионом или γ -глутамилцистеином. В листьях

устойчивых растений активность ферментов S-трансферазы, катализирующего эти реакции, высокая [6, 8].

2,4-Дихлорфеноксиуксусные кислоты метаболизируются в устойчивых к ним растениях, в частности в злаках, в основном путем образования конъюгатов с эндогенными углеводами (дезоксигексозой, глюкозой и полисахаридами). Эти соединения хорошо растворимы в воде и накапливаются в листьях [8]. В результате конъюгации гербициды теряют фитотоксичность и, локализуясь в отдельных местах (например, в вакуолях), не могут воздействовать на обмен в растениях. Они могут сохраняться в растениях достаточно долго, а вне растений — весьма лабильны и способны в процессе гидролиза распадаться, образуя исходные органические соединения и свободный гербицид. Вполне вероятно, что гербицид высвобождается в почве при отмирании и разложении под действием почвенных микроорганизмов растительных остатков (поживных, корней). Освободившийся гербицид может вторично поступать в растения и быть фитотоксичным, внося свой вклад в эффект последствия наряду с сорбированным в почве гербицидом.

Целью настоящей работы было изучение в лабораторном и натурном экспериментах возможности вторичного поступления в растения триазинов и 2,4-Д из растительных остатков.

Материалы и методы

В работе использовали симазин, меченый ^{14}C в этильной группе, и ^{14}C -2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту, поставляемые Всесоюзным объединением «Изотоп». Радиоактивность ^{14}C -симазина и ^{14}C -2, 4-Д и их метаболитов в почве и в растениях измеряли на жидкостном сцинтилляционном радиометре Марк II фирмы «Серл». Растительную массу подвергали мацерации и частичному гидролизу в муравьиной кислоте (с добавлением 10 % перекиси водорода для обесцвечивания гидролизата). 50 мг растительной массы заливали 3 мл муравьиной кислоты и добавляли 0,3 мл H_2O_2 , оставляли на двое суток, затем гидролизат (и мацерированную массу) перемешивали и аликвотную часть брали для измерения активности ^{14}C . Кроме прямого измерения активности в мацерированной массе, проводили экстракцию ^{14}C -симазина, ^{14}C -2,4-Д и продуктов их метаболизма хлороформом, активность ^{14}C измеряли после отделения хлороформенного экстракта. Активность ^{14}C -симазина и ^{14}C -2,4-Д в почве оценивали по активности хлороформометанольных экстрактов или путем прямого измерения ее в навеске почвы в счетной виале. В сцинтилляционном растворе, в котором производится измерение активности, содержатся диоксан, метанол и другие органические растворители, поэтому симазин и 2,4-Д экстрагируются из почвы и гомогенно распределяются по всему объему раствора, что обеспечивает эффективное измерение активности ^{14}C в почве.

Одновременно также измеряется активность ^{14}C в их метаболитах. Однако последние, особенно метаболиты типа конъюгатов, потенциально опасны для растений, поскольку при гидролизе в почве образуются свободные гербициды или же какие-то метаболиты могут быть фитотоксичны, возможно, в большей степени, чем исходные гербициды.

Поступление симазина в растения из растительных остатков изучалось сначала в лабораторном опыте. Для этого выращивали кукурузу и ячмень в условиях песча-

ной культуры на $1/4$ раствора Кнопа, в который вводили ^{14}C -симазин. Меченую фитомассу 0,5 г перемешивали со 150 г либо песка, либо черноземной почвы. Набивали этой смесью сосуды, в которые высаживали пророщенные семена пшеницы. В биомассе определяли радиоактивность ^{14}C . Измеряли радиоактивность в почве в начале и в конце опыта и активность проб растений.

Кроме лабораторного, проведен микрополевой опыт на дерново-подзолистой почве. В выращенных для этого ячмене и кукурузе содержалось 0,039 мг ^{14}C -симазина (и его метаболитов) на 1 г воздушно-сухой растительной массы.

Микроплощадки размером 15×15 см были изолированы на глубину пахотного горизонта от остальной почвы полиэтиленовой пленкой. Растительные остатки в количестве 3,73 г перемешивали со сломом почвы на глубине 0—5 см. На площади высаживали по 16 предварительно пророщенных зерен пшеницы. Вокруг микроплощадок на защитных полосах также высаживали пшеницу, которая выполняла роль контрольного варианта.

Собранную с микроплощадки надземную растительную массу и корни отделяли от почвы, высушивали и после соответствующей обработки измеряли активность ^{14}C в растительной массе и в почве. В начале опыта была измерена исходная активность почвы с мечеными растительными остатками. Опыт заложен 13 мая 1982 г., пробы отбирали в следующие сроки: 11 июня, 9 и 27 июля, 30 августа 1982 г.

В другом микрополевым опыте на такой же почве изучалось поступление ^{14}C -2,4-Д из растительных остатков в пшеницу. Методика закладки опыта аналогична описанной выше. Концентрация гербицида в растительных остатках 0,0046 мг на 1 г сухой массы, масса сухих растительных остатков 3,2 г на микроплощадку. Образцы растительных и почвенных проб отбирали 21 июня и 13 июля 1983 г.

Результаты и обсуждение

Из табл. 1 видно, что 1,5 % исходной активности обнаруживается в растениях, причем большая часть активности приходится на корни.

Следует отметить, что в растения поступает практически одинаковое количество ^{14}C -симазина из растительных остатков в условиях песчаной и почвенной (чернозем) культур, тогда как поступление симазина, внесенного в почву обычным способом, во многом зависит от ее сорбционных свойств.

В микрополевом опыте растения на микроплощадках выглядели более слабыми, чем в контроле. Уже через неделю проростки пшеницы явно отставали в росте, а через 10 дней у них появились признаки угнетения — закручивание листьев, пожелтение их кончиков. Через 2,5 нед растения на опытных площадках достигали 5—8 см, в то время как на защитных полосах — 25 см. Через 30—40 дней часть растений несколько «выправилась», они росли более активно, однако все же сильно отставали от контрольных. Представляет интерес тот факт, что гер-

Таблица 1

Поступление ^{14}C -симазина из растительных остатков в пшеницу в лабораторном опыте

Почва	Масса растений, г	% от исходной активности ^{14}C				Остаток в почве
		В корни	В надземную массу	Суммарное содержание в растении		
Песок	3,3±0,3	0,90±0,11	0,50±0,06	1,4±0,10	89,0±6,7	
Чернозем	2,9±0,2	1,04±0,08	0,47±0,05	1,51±0,08	95,0±5,4	

бицидное действие симазина в составе растительных остатков резко усиливается и проявляется при совершенно ничтожных дозах, примерно на 2 порядка ниже обычно применяемых доз этого препарата. Таким образом, в некоторых случаях (значительное содержание растительных остатков, обогащенных симaziном) последствие препарата может оказаться сильнее его действия в 1-й год после внесения.

Как следует из табл. 2, через 1 мес после начала опыта в растения поступило 0,3 %, а через 2 мес — около 1 % исходной активности растительных остатков, или 0,0014 мг ^{14}C -симазина (и его метаболитов) на 685 мг сухой биомассы. Через 2,5 мес (отбор 27 июля) содержание меченого углерода симазина и метаболитов оставалось на таком же уровне, а к концу вегетационного периода в результате метаболизации оно снизилось до 0,03 %. Поскольку метка ^{14}C -симазина находится в боковой этильной группе, то к потере активности в растениях могли привести не только полная деструкция молекулы, но и реакции N-деалкилирования и декарбоксилирования. Полученные данные показывают, что гербицидное действие симазина из растительных остатков проявляется при значительно меньшем поступлении препарата (или его метаболитов) в растение.

Очень сильно различалась динамика потерь активности ^{14}C -симазина, внесенного в почву с растительными остатками и обычным способом. Если в последнем случае основные потери приходились на 1-й месяц, то в растительных остатках в период 1—2 мес активность снижалась слабо, в дальнейшем ее потери резко возрастали.

Поскольку растительные остатки вносили в почву свежими (высушенными до воздушно-сухого состояния), то потребовался определенный период времени для того, чтобы они начали разлагаться в почве под действием почвенных микроорганизмов, а затем разлагались высвободившийся гербицид и его конъюгаты.

Сравнивая динамику разложения ^{14}C -симазина в почве, внесенного с растительными остатками, и динамику поступления его в расте-

ния, можно предположить, что корни растений могут извлекать гербицид и его метаболиты непосредственно из растительных остатков до их разложения. Этот вопрос требует, безусловно, дополнительного изучения.

При исследовании действия ^{14}C -2,4-Д из растительных остатков на рост и развитие пшеницы в микрополевом опыте не обнаружено угнетения растений на опытных площадках.

Результаты измерения активности растительных и почвенных проб показали, что ко времени первого отбора (через 1,5 мес) в почве со-

Таблица 2

Вторичное поступление ^{14}C -симазина из растительных остатков в кукурузу в микрополевом опыте, заложенном 13 мая 1982 г.

Показатель	11/VI	9/VII	27/VII	30/VIII
Поступление в растения, % от исходной активности:				
в надземную часть	0,21±0,02	0,52±0,03	0,83±0,06	0,018±0,002
в корни	0,11±0,01	0,52±0,06	0,13±0,02	0,011±0,001
всего	0,32	1,04	0,96	0,029
Остаток в почве, % от исходной активности	95,0±3,50	72,3±6,20	10,1±1,20	0,09±0,08
Масса растений, г	0,69±0,07	1,87±0,22	2,34±0,08	4,20±0,37

держалось около 10 %, а в растениях — около 0,1 % от активности внесенных в почву меченых растительных остатков, причем в надземной массе обнаружена большая часть ^{14}C -2,4-Д — 0,064 %.

В следующий срок отбора проб радиоактивность ^{14}C -2,4-Д в почве составила менее 1 % от исходного количества, а в растениях метку не удалось обнаружить, т. е. ^{14}C -2,4-Д и его метаболиты, содержащиеся в растительных остатках в почве и поступившие в растения, достаточно быстро разлагались, не проявляя заметного гербицидного действия.

Проведенные микрополевые и лабораторные эксперименты показали, что симазин и его метаболиты, попадающие в почву с растительными остатками, способны поступать в растения и оказывать фитотоксическое действие. Таким образом, последствие симазина на чувствительные культуры может быть связано с его содержанием в корневых и пожнивных остатках, что следует учитывать при оценках поведения гербицидов в условиях сельскохозяйственных экосистем. ^{14}C -2,4-Д и его метаболиты, содержащиеся в растительных остатках в почве, не оказывали фитотоксического действия на чувствительные культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березовский М. Я. Последствие симазина и атразина в разных почвах. — Докл. ТСХА, 1962, вып. 79, с. 137—145.
2. Воеводин А. В. О последствии гербицидов корневого действия. — Химия в сельск. хоз-ве, 1965, № 2, с. 49—55.
3. Грегая М. С., Мгеладзе Э. М., Дженчарадзе Д. Г. и др. Переход остатков симазина из почвы в различные сельскохозяйственные культуры. — В сб.: Токсиколог. и радиолог. контроль состояния почв и растений в процессе химизации сельск. хоз-ва. М.: ЦИНАО, 1981, с. 23—31.
4. Королев Л. И., Старосельский Я. Ю. Последствие симазина. — Химия в сельск. хоз-ве, 1964, № 1, с. 45—47.
5. Ладонин В. Ф., Прони-
- на И. Б. Некоторые вопросы механизма действия гербицидов на растения. М.: ВНИИТЭИСХ, 1977. — 6. Мельников Н. Н., Волкова А. И., Короткова О. А. Пестициды и окружающая среда. М.: Химия, 1977. — 7. Свиридов И. С. Последствие гербицидов. — Картофель и овощи, 1967, № 1, с. 43—44. — 8. Чканников Д. И. Метаболизм гербицидов в растениях как фактор проявления их избирательной токсичности (обзор). — С.-х. биол., 1979, т. XIV, № 6, с. 705—709. — 9. Чканников Д. И. Метаболизм и остатки 2,4-Д в злаках. — Химия в сельск. хоз-ве, 1981, № 10, с. 25—27.

Статья поступила 15 февраля 1983 г.

SUMMARY

With the help of isotope-indicators method of plants' uptake of simazine and 2,4-D from plant residues. Under comparatively low scale of "secondary uptake" of simazine (1 per cent and less of all the amount applied in the soil) it exersizes a phytotoxical effect on wheat, which is not obserbed in case of 2,4-D. The aftereffect of traizines is supposed to be determined not only by their remaining in the soil, but also by their presence in plant residues coming into the soil.