

УДК 631.46:632.122

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ И ИХ СМЕСЕЙ С ПЕСТИЦИДАМИ НА МИКРО- БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

И.В. СЛАСТЯ, Л.А. ДОРОЖКИНА, Л.В. МОСИНА

(Кафедра химических средств защиты растений)

В полевых и лабораторных опытах установлено повышение супрессивности почвы при внесении в нее (в чернозем южный карбонатный) этилсиликата 40, а также при обработке посевов ячменя (на дерново-подзолистой почве) смесями тилта с тетраэтоксисилоном или силикатом натрия и посевов свеклы смесями Би-58 с данными соединениями. Положительное действие кремнийсодержащих соединений на микрофлору почвы наиболее сильно проявилось в засушливых условиях.

Внедрение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур способствовало возрастанию антропогенной нагрузки на экосистемы, особенно на почву, в которую поступает значительное количество различных ксенобиотиков, в том числе и пестицидов. В связи с этим необходимо учитывать, что токсическое действие на почву и культуру могут оказывать не только сами пестициды, но и их метаболиты, обладающие в ряде случаев более высокой токсичностью и устойчивостью к разложению, чем исходные формы препаратов [1—3, 5—8]. Поэтому весьма актуальным является поиск путей снижения отрицатель-

ных последствий применения пестицидов.

Для снижения пестицидной нагрузки мы предложили совместное внесение ксенобиотиков с кремнийсодержащими соединениями. В связи с этим было проведено изучение действия самих кремнийсодержащих соединений на численность микроорганизмов и их видовой состав. В опытах использован этилсиликат 40 (ЭС-40), тетраэтоксисилол (ТЭС) и силикат натрия (жидкое стекло), а также фунгицид тилт, 25% к.э., инсектицид Би-58, 40% к.э.

Методика

Действие ЭС-40 на микробиологическую активность почвы оце-

нивали в лабораторных и полевых опытах. Последние были проведены на противифилоксерной станции ВНИИ виноградарства и виноделия им. Я.И. Потапенко (г.Новочеркасск). Почва опытного участка — чернозем южный карбонатный, среднесуглинистый по механическому составу. Содержание гумуса — 6,1%, общего азота — 0,33%, подвижных фосфора и калия — 2,3 и 36,8 мг на 100 г, $pH_{\text{вод}}$ 7,1.

ЭС-40 вносили в лизиметры емкостью 160 кг почвы из расчета 3,0; 8,8; 14,4 и 35,3 мл/кг. В лабораторном опыте в почву вносили 10% спиртовые растворы ЭС-40 в концентрациях 0,001; 0,01; 0,1 и 1,0%.

Совместное применение ТЭС и силиката натрия с Би-58 и тилгом изучали в полевых опытах с ячменем и кормовой свеклой на Полевой опытной станции Тимирязевской академии в 1994—1996 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая; содержание гумуса — 1,9%, обеспеченность фосфором и калием — средняя.

Микробиологические исследования проводили по общепринятой методике [4]. Аммонифицирующие микроорганизмы учитывали на МПА (pH 7,0—7,2), микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, в том числе актиномицеты, — на КАА (pH 7,2—7,4); грибы — на подкисленном СА (pH 5,0—5,5), спорообразующие бактерии — путем посева почвенной суспензии на среду, состоящую из равных объемов МПА и СА (pH 7,0—7,2). Для учета бактерий в состоянии спор про-

водили пастеризацию почвенной суспензии при 75—80°С в течение 10 мин. Групповую принадлежность актиномицетов устанавливали по шкале цветов А.С. Бондарцева (1954). Азотфиксирующие анаэробные микроорганизмы (*Clostridium Pasteurianum* и *Clostridium Butyricum*) учитывали на соответствующих питательных средах, целлюлозоразрушающие микроорганизмы — на среде Гетчинсона.

Результаты

Изучение влияния различных концентраций ЭС-40 на численность микроорганизмов показало, что данное соединение в дозах 0,01—0,1% оказывает стимулирующее действие: количество микроорганизмов увеличилось до 169—152 млн/г против 43,3 млн/г в контроле. При концентрации 0,01% это происходило за счет повышения (в 4 раза) численности микроорганизмов, усваивающих как минеральные, так и органические формы азота, а при концентрации 0,1% — в большей степени за счет увеличения численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (табл. 1). При дальнейшем увеличении содержания ЭС-40 в питательных средах до 1% количество микроорганизмов оставалось таким же, как в контроле (соответственно 45,7 и 42,6 млн/г), что указывает на отсутствие стимулирующего эффекта, который наблюдался при меньших концентрациях препарата.

Следует отметить тот важный факт, что, несмотря на возрастание абсолютного количества гри-

Таблица 1

Микробиологическая активность почвы (в расчете на 1 г почвы)
в полевом опыте с ЭС-40

Концентрация ЭС-40, %	На МПА + КАА, млн	В т.ч. на		На СА, тыс.	Целлюлозо- разрушающие, тыс.
		МПА	КАА		
Контроль	42,6	18,1	24,5	227	511
0,01	167,8	74,2	93,6	516	788
0,1	150,6	42,8	107,8	384	634
1,0	45,7	16,7	29,0	340	661

бов под влиянием ЭС-40, их доля в структуре микробного ценоза снижалась с 0,50% в контроле до 0,30—0,25% при дозах препарата 0,01 и 0,1%, а затем вновь возрастала до 0,70% при дозе 1%. Снижение доли грибного населения в структуре микробного ценоза имеет большое экологическое значение, так как микроскопические грибы могут выступать активными продуцентами ядов-микотоксинов. Поэтому внесение ЭС-40 в концентрациях 0,01—0,1% можно рассматривать как меру снижения опасности загряз-

нения почвы этими токсинами.

Результаты лабораторного опыта согласуются с данными полевых исследований, где ЭС-40 вносили непосредственно в почву (табл. 2). Так, внесение ЭС-40 во всех вариантах способствовало увеличению численности микроорганизмов всех групп, в результате чего их общее количество возросло с 41,5 в контроле до максимального его значения 131 млн/г в варианте с дозой ЭС-40 14,4 мл/кг. При дозе 35,3 мл/кг оно несколько снизилось — до 117 млн/г.

Таблица 2

Микробиологическая активность почвы (в расчете на 1 г почвы)
в лабораторном опыте с ЭС-40

Доза ЭС-40, мл/кг	МПА, млн	КАА, млн		МПА + СА, млн	Анаэробные азотфикси- рующие бактерии, млн	Целлюлозо- зоразру- шающие, тыс.	Микро- скопиче- ские грибы, тыс.
		всего	в т.ч. активно- мицеты				
Контроль	9,3	27,7	19,7	2,91	1,6	427	135
3,3	13,6	30,9	19,5	4,47	3,1	685	224
8,8	20,2	40,6	25,2	3,17	7,4	1017	486
14,4	37,6	79,6	42,0	5,63	7,5	724	266
35,3	25,8	74,9	31,2	2,05	13,8	947	106

Численность микроорганизмов, усваивающих органические и минеральные формы азота, оказа-

лась самой высокой тоже при дозе ЭС-40 14,4 мл/кг. Необходимо отметить улучшение азотного режи-

ма почвы под влиянием возрастающих доз ЭС-40, на что указывает увеличение количества азотфиксирующих микроорганизмов (в 2—8,5 раза). Содержание микроскопических грибов возрастало при внесении ЭС-40 в дозах 3,3—14,4 мл/кг, а при дозе 35,3 мл/кг отмечалась тенденция его к снижению. Однако, несмотря на это, увеличение, содержание их в общем микробном ценозе возрастало до 0,7% только при дозе этилсиликата 8,8 мл/кг (в контроле 0,3%), при дозе 14,4 мл оно уже

снижалось до 0,2%, а при 35,3 мл/кг — до 0,1%.

Определение качественного состава микроскопических грибов выявило положительную роль низких доз ЭС-40 в сокращении численности фитопатогенных грибов рода *Fusarium*. Наиболее эффективно данный препарат подавлял развитие *Fusarium* при дозе 8,8 мл/кг. Дозы 3,0 и 14,4 мл/кг оказывали незначительное ингибирующее влияние на эти грибы (табл. 3).

Таблица 3

Качественный состав микроскопических грибов (тыс/г) в лабораторном опыте с ЭС-40

Доза ЭС-40, мл/кг	Всего	В т.ч.			
		Penicillium	Trichoderma	Fusarium	
				абсолют.	% к сумме
Контроль	135	63	11	6	4,4
3,0	224	105	28	9	4,0
8,8	486	124	21	7	1,5
14,4	266	141	33	10	4,0

На фоне значительного увеличения общей численности микроорганизмов при внесении ЭС-40 в почву (см. табл. 2) доля фитопатогенных грибов должна быть еще ниже. Это дает основание считать, что внесение этилсиликата в почву будет способствовать улучшению фитосанитарного состояния, а увеличение количества бактерий и актиномицет — активному разложению ксенобиотиков, в том числе и пестицидов.

Положительное влияние ЭС-40 на микробиологическую активность черноземной почвы позволило предположить возможность

снижения ингибирующего действия пестицидов, в частности тилта и Би-58, на микробный ценоз при совместном их применении с кремнийсодержащими соединениями. Эти исследования были проведены в 1994—1996 гг.

Результаты исследований показали, что применение тилта в дозе 0,5 л/га для обработки посевов ячменя против болезней сопровождалось уменьшением трансформации органического вещества в почве, о чем свидетельствовало снижение численности аммонифицирующих микроорганизмов с 58,7 млн клеток в 1 г почвы в контрольном варианте до

41,1 млн при опрыскивании растений тилтом (табл. 4). Причем значительно интенсивнее шло нарушение минерализационных процессов на более поздних этапах распада органического вещества, на что указывает резкое сни-

жение (примерно в 3 раза) численности микроорганизмов на КАА, главным образом актиномицетов. Тилт также оказывал ингибирующее действие на микроскопические грибы, снижая их количество в 14 раз.

Таблица 4

Изменение микрофлоры почвы при опрыскивании ячменя тилтом в дозе 0,5 л/га и его смесью с жидким стеклом (ТСХА, 1994 г.)

Вариант	На МПА, млн/г	На КАА, млн/г		На СА, тыс/г	На МПА + СА		Через сутки после обработки
		всего	в т.ч. актиномицеты		всего, тыс/г	в т.ч. северные виды, %	
<i>Через сутки после обработки</i>							
Контроль	58,7	175,0	166,3	116,3	137,2	49,1	42
Тилт	41,1	57,4	54,5	8,1	198,7	43,7	21
Тилт + жидкое стекло	97,6	81,6	76,5	25,7	186,6	39,2	52
<i>Через 20 суток после обработки</i>							
Тилт	268,5	71,8	68,9	23,0	195,6	38,4	80
Тилт + жидкое стекло	336,5	123,0	117,7	5,6	183,6	44,1	104

Примечание. Здесь и в табл. 5 К — соотношение вегетативных и покоящихся форм спорообразующих бактерий.

При совместном применении тилта с жидким стеклом негативное действие фунгицида на микробиологическую активность почвы не только устранялось, но, наоборот, смесь стимулировала рост численности микроорганизмов в сравнении с контролем в 2 раза. Это происходило в основном за счет увеличения аммонификаторов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота. Наряду с этим отмечалось улучшение качественного состава микробной фауны за счет возрастания наиболее активных видов микроорганизмов — спорообразующих бактерий и южных

видов бацилл с более мощным ферментативным аппаратом, что способствовало улучшению пищевого режима почвы и снабжению растений биологически активными веществами, повышающими их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Повышение устойчивости экосистемы под влиянием жидкого стекла подтверждено увеличением доли микроорганизмов, находящихся в наиболее активном физиологическом состоянии. Так, применение жидкого стекла совместно с тилтом стимулировало развитие вегетативных клеток

бациллы, на что указывает увеличение соотношения активных и покоящихся форм спорообразующих бактерий с 42 (контроль) до 52. В то же время применение одного фунгицида снижало этот показатель до 21, что указывало на ингибирующее действие препарата.

Спустя 20 суток после обработки растений тилтом и его смесью с жидким стеклом, различия в микробиологической активности почвы в этих вариантах хотя и сохранялись, но они были выражены слабее. При этом следует отметить существенное снижение (в 4 раза) численности грибов в варианте со смесью тилта и жидкого стекла по сравнению с вариантом, где применялся только тилт (табл. 4).

В опыте со свеклой влияние на микроорганизмы почвы обработ-

ки посевов Би-58 и его смесью с жидким стеклом против минирующей мухи отличалось от действия тилта и его смеси. В частности, не обнаружено ингибирующего влияния Би-58 на микроорганизмы, усваивающие органические и минеральные формы азота, но наблюдалось уменьшение численности микроскопических грибов (в 4 раза). При опрыскивании растений смесью инсектицида с жидким стеклом на фоне равной общей численности микроорганизмов отмечалась активация процессов минерализации на начальных этапах за счет увеличения количества аммонификаторов (в 1,5 раза). Одновременно с этим количество микроорганизмов на КАА уменьшалось почти на 30% и более существенно сокращалось количество грибов (в 4,6 раза).

Таблица 5

Изменение микрофлоры почвы при обработке свеклы Би-58 и его смесью с жидким стеклом (ТСХА, 1994 г.)

Вариант	На МПА, млн/г	На КАА, млн/г		На СА, тыс/г	МПА + СА		К
		всего	в т.ч. активно-мицеты		всего, тыс/г	в т.ч. северные виды, %	
<i>Через сутки после обработки</i>							
Контроль	116,9	153,4	140,7	122,7	354,2	54,8	122
Би-58	111,3	137,2	131,2	33,7	105,3	30,3	42
Би-58 + жидкое стекло	157,2	107,0	98,1	27,2	39,6	32,3	225
<i>Через 20 суток после обработки</i>							
Би-58	178,7	85,6	78,7	12,1	96,5	35,1	77
Би-58 + жидкое стекло	109,4	64,5	55,2	28,2	84,5	36,5	45

Спустя 20 суток после обработки посевов свеклы инсектицидом

в смеси с жидким стеклом микробиологическая активность почвы

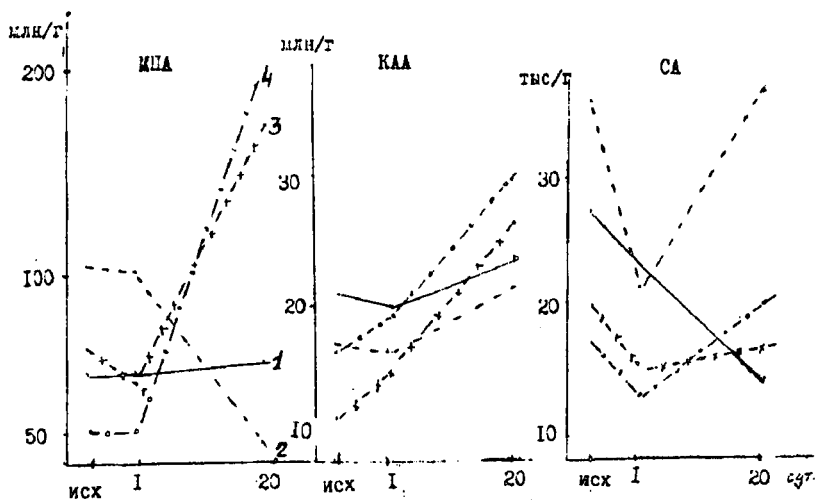
была в 1,5 раза ниже, чем в варианте с одним инсектицидом, в основном за счет снижения количества микроорганизмов, усваивающих органические и минеральные формы азота.

При недостатке влаги в 1995 г. на следующий день после обработки ячменя тилтом не наблюдалось ни подавления общей микробиологической активности почвы, ни стимулирующего действия от применения фунгицида в смеси с ТЭС или жидким стеклом. Однако спустя 20 суток обнаружено снижение суммарного роста микроорганизмов в 1,8 раза в варианте с тилтом. При этом также произошло существенное изменение в качественном их составе, которое выразилось в появлении черноокрашенных актиномицет группы *Niger* и увеличении количества грибов, что характеризует

снижение устойчивости почвенной биоты, связанной с возможностью продуцирования микотоксинов (рисунок).

При использовании смесей тилта с кремнийсодержащими соединениями, наоборот, наблюдалось увеличение общей численности микроорганизмов в 2,4 и 3 раза соответственно в вариантах со смесью тилта с ТЭС с жидким стеклом. Однако в этих вариантах отмечалось подавление роста микроскопических грибов, в результате чего их количество оказалось меньше, чем при обработке посевов одним тилтом.

При благоприятных погодных условиях, которые сложились в 1996 г., действие тилта и его смесей с ТЭС и жидким стеклом на микробиологическую активность почвы как на следующий день, так и через 20 суток проявлялось



Влияние тилта и его смесей с ТЭС и силикатом натрия на микрофлору почвы.

1 — контроль, 2 — тилт, 3 — тилт + ТЭС, 4 — тилт + силикат натрия.

слабо, и не было выявлено существенных изменений микрофлоры (табл. 6).

Таблица 6

Изменение микрофлоры почвы при обработке посевов ячменя тилтом и его смесями с ТЭС и жидким стеклом (1996 г.)

Вариант	Время определения	МПА, млн/г	КАА, млн/г	МПА + КАА, млн/г	СА, тыс/г
Контроль	Исходное	76,4	66,3	142,7	19,6
	Через 1 сут	51,9	62,3	114,2	15,0
	» 20 сут	54,7	89,3	144,0	39,9
Тилт, 0,5 л/га	Исходное	61,6	103,0	164,6	16,5
	Через 1 сут	64,4	99,8	164,2	18,5
	» 20 сут	67,7	70,4	138,1	44,2
Тилт + ТЭС	Исходное	67,0	89,9	156,9	14,4
	Через 1 сут	66,5	64,9	131,4	13,2
	» 20 сут	45,0	86,2	131,2	53,6
Тилт + жидкое стекло	Исходное	76,1	59,6	135,7	16,0
	Через 1 сут	85,2	124,7	209,9	11,0
	» 20 сут	66,8	48,2	115,0	35,0

Выводы

1. В полевых и лабораторных опытах установлено увеличение (в 3 раза) микробиологической активности почвы (чернозема южного карбонатного) под влиянием ЭС-40. При этом отмечалось улучшение азотного питания растений, о чем свидетельствовало возрастание в 2—8 раз азотфиксирующих бактерий. Наблюдалось также увеличение количества микроскопических грибов, однако при внесении ЭС-40 в почву процентное содержание фитопатогенов *Fusarium* уменьшалось, особенно при дозе 8,8 мл/кг с 4,4 до 1,5% в контроле.

2. Тилт и Би-58, используемые для защиты растений, подавляли микрофлору дерново-подзолистой почвы. При этом тилт оказывал более сильное ингибирующее действие на все группы микроорганизмов, чем Би-58. Ингибиру-

ющий эффект тилта проявился наиболее сильно в условиях засушливого вегетационного сезона (1995 г.).

3. Введение в рабочие составы тилта и Би-58 кремнийсодержащих соединений снижало депрессирующее действие этих препаратов на микроорганизмы. Наибольшее ослабление ингибирующего влияния тилта на микробный ценоз в вариантах с кремнийсодержащими соединениями проявилось в экстремальных условиях, характерных для 1995 г.

4. Повышение микробиологической активности почвы при использовании кремнийсодержащих соединений способствовало улучшению фитосанитарного состояния почвы и пищевого режима, а также повышало обеспеченность растений биологически активными веществами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонович Е.А., Болотный В.С., Бурый В.С. и др. Безопасное использование пестицидов в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Киев: Урожай, 1988. — 2. Биденко А.И. Эптам. — Токсикологическая и гигиеническая оценка новых пестицидов. Тез. докл. к пленуму Госкомиссии. М., 1974, с. 101—102. — 3. Васильченко В.Ф., Акименко Л.И., Дубровская А.А., Мережинский Ю.Г. Персистентность и токсичность метаболитов трефлана. — Бюл. ВНИИ с.-х. микробиол., 1987, № 46, с. 25. — 4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991, с. 303. — 5. Минеев В.Г., Ремне Е.Х. Агрехимия, биология и эко-

логия почвы. М.: Росагропромиздат, 1990. — 6. Моложанова Е.Г. Динамика распределения фосфорорганических пестицидов в почве и их миграция в экологической системе почва — вода. — Миграция загрязняющих веществ в почве и сопредельных средах. Тез. 3-го Весоюз. совещ. Л.: Гидрометеониздат, 1980, с. 232—234. — 7. Финкельштейн З.И., Головлева Л.А. Устойчивость в почве ридомила и воздействие его на почвенные микроорганизмы. — Бюл. ВНИИ с.-х. микробиол., 1987, № 46, с. 38. — 8. Шеретнев В.А., Квасов В.М., Сергеев В.И. и др. Остатки гербицидов в почве при возделывании сахарной свеклы с орошением. — Химия в сельск. хоз-ве, 1982, № 1, с. 52.

Статья поступила 2 апреля
1997 г.