

ДЕЙСТВИЕ ПИРАМИНА НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ ПРИ ВЫСОКИХ НОРМАХ УДОБРЕНИЙ

Л. К. НИЦЭ, А. В. ФОМИН, И. Л. ШУМИЛИНА
(Кафедры микробиологии и химических средств защиты растений)

В современном сельском хозяйстве быстрыми темпами растут масштабы применения химических веществ различного назначения, расширяется их ассортимент, ведется усиленное изыскание новых препаратов. Судьба этих веществ после их применения привлекает в настоящее время большое внимание исследователей.

При проведении опытов оценивается влияние различных химических веществ (пестицидов, удобрений, регуляторов роста и др.) не только на развитие сельскохозяйственных растений, урожай и его качество, но и на почвенные микроорганизмы. Внесенные в почву гербициды могут подвергаться детоксикации под действием микроорганизмов, химических и фотохимических реакций, выщелачивания, улетучивания, сорбции почвенными частицами [6, 9, 11—14]. Основным фактором, обуславливающим трансформацию гербицидов в почве, является деятельность микрофлоры [2, 6, 11—14]. Результаты ряда исследований свидетельствуют о разностороннем влиянии гербицидов на микробиологическую активность почвы [1, 3, 4, 5, 9, 10]. Химическая природа гербицидов столь разнообразна, что предполагать однозначность их действия на микрофлору почвы невозможно. С этой точки зрения представляет интерес изучение влияния конкретных гербицидов на активность почвенной микрофлоры в конкретных условиях их применения. В частности, в задачу нашего исследования входило определение воздействия пирамидина, являющегося наиболее эффективным в посевах свеклы, на микроорганизмы в почве при внесении разных видов удобрений.

Объекты и методы исследования

Опыты проводили на дерново-подзолистой почве совхоза «Вороново» Московской области в 1979—1981 гг. Пирамидин (60 % ный смачивающийся порошок) вносили под кормовую свеклу — 8 или 12 кг препарата на 1 га по фону минеральных, органических и органо-минеральных удобрений (табл. 1). В лабораторных опытах, проведенных на том же типе почвы, пирамидин вносили из расчета 5, 10 и 50 мг д. в. на 1 кг почвы.

Для сравнительного изучения микробиологической активности почвы использовали методы количественного учета аэробных и анаэробных микроорганизмов. Азотфиксирующую способность почвы определяли с помощью ацетиленового метода [15]. Микроорганизмы, усваивающие органические формы азота, учитывали на МПА; использующие минеральные формы азота, в том числе бактерии, микобактерии и акти-

номицеты, — на КАА; микроскопические грибы — на среде Чапека; анаэробные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium* — на оптимальных дифференцированных средах [7]. Количество образовавшегося этилена определяли на газовом хроматографе «Хром-4» в 4 повторностях. Для разделения газов применяли силикагель АСК с частицами размером от 0,25 до 0,5 мм, которым заполняли металлическую колонку длиной 1,2 м и диаметром 3 мм. В качестве газа-носителя использовали аргон, его постоянная скорость тока составляла 42 мл/мин.

Изменение микробного ценоза почвы под влиянием пирамидина

Действие пирамидина на микрофлору почвы наиболее отчетливо проявлялось в первые 15 дней (табл. 1 и 2), в последующие периоды качественный и количественный составы микрофлоры почвы стабилизировались и мало отличались от контроля (табл. 3). Временное ингибирование микроорганизмов пирамидином во многом зависело от фона питания. Так, пирамидин на фоне минеральных удобрений оказывал ошутимое отрицательное воздействие на развитие бактерий и грибов, а на фоне жидкого навоза мало или вообще не влиял на микроорганизмы почвы. Жидкий навоз существенно стимулировал развитие микроорганизмов, резко возрастала численность аммонифицирующих бактерий, при этом заметно расширялась возможность включения пирамидина в метаболический цикл почвенных микроорганизмов.

Неодинаково реагировали на пирамидин представители отдельных родов микроорганизмов. Весьма чувствительными оказались спорообразующие бактерии. Проведенная нами дифференциация спороносных бактерий по типу строения колоний [8] позволила сделать заключение о наличии в изучаемых вариантах определенного комплекса доминирующих форм, к которым относятся такие виды, как *Bac. tyroideus*, *Bac. mesentericus*, *Bac. cereus*, *Bac. idosus*, особенно в вариантах с жидким навозом. При внесении в почву 8 кг пирамидина на 1 га снижалась численность *Bac. mesentericus*, *Bac. idosus*, *Bac. cereus*, а при 12 кг/га преобладал вид *Bac. tyroideus*. Среди спороносных бактерий чувствительными к пирамидину были представители рода *Micrococcus*. Актиномицеты, принадлежащие к группам *Albus* и *Viridis*, отличались большей чувствительностью к пирамидину, чем группы *Griseus* и *Chromogenes*.

Различная чувствительность к пирамидину характерна для представителей разных ро-

Изменение численности микроорганизмов в почве
(млн. на 1 г абсолютно сухой почвы) при воздействии пирамидина

Сроки отбора образцов, дней	Без удобрений		540N120P740K		Н _ж , 200 т/га		Н _ж , 100 т/га + 60P370K		Н _ж , 200 т/га	
	К	П ₈	К	П ₈	К	П ₈	К	П ₈	К	П ₁₂
Бактерии										
3	16,6	12,7	19,5	14,3	23,2	22,7	25,2	24,8	23,8	20,8
15	17,7	15,7	22,6	19,7	28,0	28,8	28,6	26,8	27,7	27,3
60	19,5	19,3	27,3	26,9	30,7	31,1	30,8	31,7	38,6	29,7
Споры										
3	1,4	0,7	2,3	1,2	2,1	1,8	2,4	1,9	2,3	1,5
15	1,8	1,2	2,7	1,5	2,6	2,1	3,6	2,0	3,0	2,3
60	3,3	3,0	4,2	5,4	5,7	5,4	5,5	5,7	5,9	4,8
Актиномицеты										
3	3,1	2,2	4,5	3,3	4,9	4,2	5,1	4,7	5,0	3,6
15	4,7	4,0	6,6	6,1	6,2	6,0	6,7	6,3	5,7	5,2
60	5,5	5,3	9,5	8,8	10,1	9,8	11,0	10,3	9,7	9,4
Грибы										
3	0,08	0,07	0,17	0,14	0,18	0,14	0,2	0,16	0,18	0,13
15	0,11	0,09	0,26	0,25	0,27	0,27	0,23	0,23	0,26	0,25
60	0,19	0,19	0,38	0,38	0,38	0,39	0,32	0,37	0,36	0,34

Примечание. Н_ж — навоз жидкий; К — контроль; П₈ и П₁₂ — пирамидин соответственно 8 и 12 кг/га.

Таблица 2

Развитие анаэробных бактерий рода Clostridium
(тыс. на 1 г абсолютно сухой почвы; в числителе — без пирамидина, в знаменателе — с пирамидином в дозе 8 кг/га)

Сроки отбора образцов, дней	Cl. pasteurianum	Cl. butyricum	Cl. acetobutylicum	Сроки отбора образцов, дней	Cl. pasteurianum	Cl. butyricum	Cl. acetobutylicum
3	175,0	75,4	75,0	3	875,5	154,3	215,5
	155,0	95,6	52,0		945,3	86,8	183,2
15	187,5	95,6	135,3	15	785,4	108,1	436,3
	176,0	45,4	95,4		705,3	75,5	395,7
60	125,7	105,0	175,5	60	665,7	75,2	747,4
	170,6	55,3	180,7		660,2	55,6	870,3
540N120P740K				Жидкий навоз*, 200 т/га			
3	135,5	63,2	65,7	3	1175,7	175,5	505,3
	105,3	35,5	55,5		945,2	72,2	956,6
15	147,7	75,7	90,5	15	1503,1	435,2	975,3
	135,7	45,6	75,6		975,4	67,7	835,3
60	250,5	110,3	185,5	60	955,4	185,3	1450,5
	275,7	50,5	198,3		965,3	88,2	1050,7
Жидкий навоз, 200 т/га							
3	1425,4	175,7	415,5	3	1425,4	175,7	415,5
	1375,0	135,1	405,4		1375,0	135,1	405,4
15	1405,5	415,5	985,6	15	1405,5	415,5	985,6
	1275,0	115,3	985,7		1275,0	115,3	985,7
60	970,3	165,2	1410,3	60	970,3	165,2	1410,3
	1016,7	65,6	1650,7		1016,7	65,6	1650,7

* По этому фону пирамидин вносили в дозе 12 кг/га.

Изменение нитрогеназной активности почвы при внесении пирамидина в полевом опыте (мкг N₂ на 1 кг почвы за 24 ч; в числителе — без пирамидина, в знаменателе — с пирамидином в дозе 8 кг/га)

Сроки отбора образцов, дней	Без удобрения	540N120P740K	Жидкий навоз, 200 т/га	Жидкий навоз + 60P370K	Жидкий навоз*, 200 т/га
3	4742	2846	4876	5245	4925
	<u>3035</u>	<u>1975</u>	<u>4756</u>	<u>4445</u>	<u>3866</u>
15	4202	3756	5748	5810	5810
	<u>3840</u>	<u>3505</u>	<u>5780</u>	<u>5786</u>	<u>5766</u>
60	4775	4105	6116	5886	6066
	<u>4888</u>	<u>4190</u>	<u>6370</u>	<u>5945</u>	<u>6102</u>

* По этому фону пирамидин вносили в дозе 12 кг/га.

дов грибов. При внесении в почву пирамидина в оптимальной для средней полосы норме (8 кг/га) количество *Penicillium* и *Trichoderma* уменьшилось, но увеличилось число спорышней грибов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor* и др.

Неодинаковая чувствительность к пирамидину свойственна отдельным систематическим группам микроорганизмов. Однако и внутри этих групп далеко не все микроорганизмы одинаково относятся к пирамидину. Так, среди анаэробных бактерий рода *Clostridium* наиболее чувствительны к нему *Cl. butyricum* (табл. 2). Его развитие подавлялось в течение 60 дней, особенно на фоне минеральных удобрений. Увеличение норм пирамидина до 12 кг на 1 га привело к значительному уменьшению численности бактерий *Cl. acetobutylicum*. При нормальных его нормах (8 кг/га) отмечена стимуляция роста *Cl. pasteurianum* и *Cl. sporogenes*. По-видимому, пирамидин включается в трофический метаболизм бактерий, он служит источником питания и энергии. Таким образом, при внесении в почву обычно используемых в производстве норм пирамидина существенного подавления почвенной микрофлоры не наблюдалось. Однако в связи с разной чувствительностью к нему отдель-

ных групп микроорганизмов и видов произошла некоторая их перегруппировка, что, в свою очередь, могло нарушить на некоторое время нормальное течение микробиологических процессов в почве.

Известно, что все химические соединения, оказывающие токсическое действие на почвенные микроорганизмы, подразделяются на две группы: вещества с общей токсичностью и вещества с селективной токсичностью. Однако строго отнести пирамидин к соединениям той или иной группы не представляется возможным, так как действие гербицида зависит не только от его свойств, но и от степени контакта микроорганизмов с пестицидом. Так, в наших опытах при внесении 8 кг препарата на 1 га осуществлялся умеренный контакт между микроорганизмами и гербицидом; при этом последний вел себя как селективный токсический продукт и угнетал только некоторые чувствительные виды микроорганизмов. При более высокой норме (12 кг/га) пирамидин становится в определенной степени веществом с общей токсичностью и может оказывать заметное биостатическое действие (табл. 2).

Однако не только норма гербицида, но и характер его взаимодействия с почвенным поглощающим комплексом, особенно при высоких нормах удобрений, в значительной мере влияет на его токсичность по отношению к почвенной микрофлоре. Как было показано ранее [12], внесение навоза увеличивало сорбцию пирамидина и концентрация последнего в почвенном растворе уменьшалась. На фоне минеральных удобрений, наоборот, концентрация пирамидина в почвенном растворе повышалась.

Влияние пирамидина на нитрогеназную активность почвы

Пирамидин при норме 8 кг/га оказывал некоторое ингибирующее действие на нитрогеназную активность почвы, особенно в вариантах с минеральными удобрениями в первые 3 дня с момента его внесения в почву (табл. 3). Отмеченный эффект значительно снижался или полностью исчезал через 15—60 сут. При этом жидкий навоз существенно влиял на поведение пирамидина в почве. Так, на фоне жидкого навоза огра-

Таблица 4
Изменение нитрогеназной активности почвы при внесении пирамидина в модельном опыте (мкг N₂ на 1 кг почвы за 24 ч; в числителе — без удобрений; в знаменателе — жидкий навоз)

Норма пирамидина, мг/кг	Сроки отбора образцов, дней		
	3	10	30
0	4736	4685	4360
	<u>6835</u>	<u>6966</u>	<u>7430</u>
5	3966	2775	4480
	<u>6130</u>	<u>5878</u>	<u>7648</u>
10	3472	3347	3225
	<u>5860</u>	<u>5054</u>	<u>7549</u>
50	874	810	874
	<u>1160</u>	<u>1100</u>	<u>2260</u>

нический депрессивный эффект пирамиды на восстановление C_2H_2 наблюдался только в первые 3 дня после его применения. Даже при увеличении нормы пирамиды до 12 кг/га на фоне навоза нитрогеназная активность ($C_2H_2 \rightarrow C_4H_4$) снижалась в основном только в первые 3 дня, через 15 дней она значительно увеличивалась и в последующие сроки полностью восстанавливалась.

Таким образом, внесение в почву обычно используемых норм пирамиды в основном не приостанавливает деятельность микроорганизмов. Ингибирующий эффект в этом случае кратковременный, особенно в почвах, обогащенных органическими удобрениями.

Иная картина наблюдалась в модельном опыте. Повышенные нормы гербицида (5 и 10 мг/кг) на фоне навоза оказывали ингибирующее действие на нитрогеназную активность почвы в первые 10 дней (табл. 4). Ингибирующий эффект гербицида на неудообренном фоне усиливался. При внесении 50 мг пирамиды на 1 кг как на неудообренном фоне, так и на фоне с органическими удобрениями нитрогеназная активность почвы существенно подавлялась в течение длительного периода (до 30 дней). Как известно, микробиота почвы состоит в основном из гетеротрофных микроорганизмов, получающих энергию для своего развития главным образом от растений, которые снабжают их питательным субстратом в виде корневых экссудатов, органических остатков и т. д. Органические удобрения расширяют диапазон видового состава микроорганизмов и таким образом увеличивают возможность метаболизма пестицидов и,

следовательно, снижают его ингибирующее действие на микробиологическую активность почвы. Полученные данные показывают, что токсическое действие пирамиды не является необратимым. При этом, по-видимому, под влиянием пирамиды появляются адаптивные формы микроорганизмов, способные развиваться и выполнять основные функции в присутствии гербицида. Совместное применение пирамиды и органических удобрений является главным условием предупреждения токсического действия гербицида на биологическую активность почвы и поддержания ее плодородия.

Выводы

1. При внесении в почву обычно используемой в средней полосе нормы пирамиды (8 кг/га) общая численность микроорганизмов изменяется незначительно.

2. Чувствительность отдельных таксономических групп микроорганизмов к пирамиде была неодинаковой. Менее чувствительными к действию пирамиды оказались анаэробные бактерии рода *Clostridium*.

3. Пирамиды при норме 8 кг/га в основном не приостанавливали деятельность микроорганизмов, в частности их азотфиксирующую активность. При повышенных нормах гербицида степень ингибирования нитрогеназной активности изменялась пропорционально количеству пирамиды.

4. Применение органических удобрений резко снижало ингибирующий эффект пирамиды по отношению к почвенной микрофлоре, и, наоборот, минеральные удобрения способствовали усилению его ингибирующего действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бешанов А. В. Влияние гербицидов на фитопатогенность овощного поля. — Тр. ВНИИ защиты растений. Биол. основы рационального применения гербицидов, 1977, вып. 54, с. 87—91. — 2. Головлева Л. А. Роль микроорганизмов в разложении пестицидов и практические задачи охраны окружающей среды. — Бюл. ВНИИ с.-х. микробиол., 1979, № 3, с. 31—39. — 3. Жарасов Ш. У. Влияние гербицидов, примененных на посевах сахарной свеклы, на азотфиксирующие и целлюлозоразлагающие микроорганизмы. — Тр. Каз. НИИ защиты растений, 1975, т. XIII, с. 77—80. — 4. Колесникова О. П., Нестеров О. А., Карван Г. В. Эффективность гербицидов в зависимости от уровня питания растений. — Сиб. вестн. с.-х. науки, 1979, № 2, с. 5—12. — 5. Лобанов В. Е., Поддубная Л. П. Влияние эптама, тиллама и пирамиды на содержание питательных веществ в почве и на развитие микрофлоры. — Химия в сельск. хоз-ве, 1968, № 10, с. 43—45. — 6. Любенов Я. Факторы, които влияят върху ефективността и детоксикацията на хербицидите. — Растителна защита, 1977, № 12, с. 14—17. — 7. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т.

Почвенные азотфиксирующие бактерии рода *Clostridium*. М.: Наука, 1974. — 8. Мишустин Е. Н., Перцовская М. И. Микроорганизмы и самоочищение почв. М.: Изд-во АН СССР, 1954. — 9. Паденов К. П., Парамонов Т. В., Щербаков В. А. Применение гербицидов и защита окружающей среды. М.: Урожай, 1978. — 10. Протасов Н. И. Действие гербицидов на биологическую активность почвы. — Сб. тр. БСХА, 1970, т. 64, 1970. — 11. Ульянова О. М. Роль микроорганизмов в разложении пестицидов в почвах. — Сельск. хоз-во за рубежом, 1972, № 11, с. 11—15. — 12. Фомин А. В. Влияние высоких доз органических и минеральных удобрений на эффективность пирамиды в посевах кормовой свеклы. — Докл. ТСХА, 1979, вып. 248, с. 122—127. — 13. Fryer J. D., Makepeace R. J. — Weed control handbook. Vol. 1. Principles, Blackwell Scientific Publications, 1977. — 14. Greaves M. — Rep. Weed. Res. Org. Oxford, 1978, vol. 7, p. 95—103. — 15. Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K., Burns R. C. — Plant Physiol., 1968, vol. 43, p. 1185—1207.

Статья поступила 6 января 1983 г.