

УДК 631.98:632.122

**СТАБИЛЬНОСТЬ И МИГРАЦИЯ ПРЕПАРАТА ДЯК В ПОЧВЕ,
ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОДАХ**

И. К. БЛИНОВСКИЙ, Г. Л. СОРКИНА, В. П. ТУЧКОВ, В. Т. МАЗАЕВ, В. Е. ВАСИЛЕНКО
(Межфакультетская лаборатория регуляторов роста и развития с.-х. растений)

Изучены стабильность и миграция 2,2-диметилгидразида янтарной кислоты (ДЯК) в дерново-подзолистой и черноземной почвах, а также в поверхностных и грунтовых водах. На основании полученных данных разработаны модели процессов миграции и деструкции препарата в этих объектах.

В мировой сельскохозяйственной практике в настоящее время используется около 40 регуляторов роста и развития растений, и число их постоянно растет. При расширяющихся масштабах применения средств химизации создается потенциальная опасность загрязнения объектов окружающей природной среды и регуляторами роста растений. В нашей стране разрешено использовать в сельском хозяйстве 20 рострегулирующих препаратов. Препарат ДЯК рекомендован для

опытно-производственного применения на зимних сортах яблони с целью ускорения вступления в товарное плодоношение и повышения урожайности молодых деревьев [21].

Его действующее вещество — 2,2-диметилгидразид янтарной кислоты. ДЯК малотоксичен для теплокровных животных (ЛД₅₀ для белых крыс выше 10 000 мг/кг, а для белых мышей — выше 5000 мг/кг). Максимально допустимый уровень его остаточных количеств в яблоках — 3 мг/кг, предельно допустимая концентрация (ПДК) в воде водоемов — 0,05 мг/л, ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) в воздухе рабочей зоны — 1,7 мг/м³. ДЯК хорошо растворим в воде, содержит 75 % д. в. и ряд добавок, повышающих его эффективность. Применяется в насаждениях яблони в дозе 1,6—2,4 кг д. в. на 1 га. Изучается возможность применения препарата также на картофеле и клевере с целью повышения их семенной продуктивности.

Препарат отличается большей стабильностью, чем другие регуляторы роста, причем снижение уровня остатков в растениях происходит в основном благодаря биоразложению [2].

Исследования стабильности и миграции ДЯК в почве и воде проводились в 1983—1984 гг. по договору о творческом научно-техническом содружестве, заключенному между Тимирязевской сельскохозяйственной академией и 1-м Московским медицинским институтом им. И. М. Сеченова.

При постановке экспериментов применяли методы математического планирования многофакторных опытов. Полученные результаты обрабатывали, используя корреляционный и регрессионный анализы с целью создания математических моделей изучаемых процессов [1, 14, 16, 17].

Стабильность и миграцию препарата ДЯК изучали в лабораторных условиях на почвах, преобладающих в предполагаемых районах широкого его применения. Характеристика почв следующая: дерново-подзолистая, по механическому составу легкий песчано-крупнопылеватый суглинок, горизонт Н глубиной 0—40 см; рН 5,8, содержание P₂O₅ — 36,7 мг на 100 г (по Кирсанову), K₂O — 12,7 мг на 100 г (по Масловой), гумуса — 1,7—1,8 %; чернозем обыкновенный легкосуглинистый, горизонт Н глубиной 0—40 см; темно-серый, рыхлый, рН 7,2, содержание P₂O₅ — 25,3 мг на 100 г (по Мачигину), K₂O — 42,2 мг на 100 г (по Масловой), гумуса — 5,8 %, нитрификационная способность — 23 мг/кг.

Миграция препарата ДЯК в почве

Цель данного исследования — определение возможностей и условий попадания препарата ДЯК из почвы в грунтовые воды.

В доступной нам литературе имеется мало данных о миграции химических веществ в окружающей среде. В основном они касаются миграции пестицидов [4, 6, 18, 19, 23, 24] и хлорхолинхлорида [3, 13, 25]. Ведущими факторами, влияющими на миграцию этих веществ в почве, являются физико-химические свойства самих препаратов и почвы, внесимая доза и кратность обработки, климато-географические и гидрогеологические условия в местах применения.

Опыты по выявлению закономерностей миграции ДЯК в почве с ливневыми водами проводили на фильтровальных установках конструкции Е. И. Гончарука [7], которые обеспечивают свободную фильтрацию жидкости и воспроизводимость всего комплекса физико-химических процессов, происходящих в почве при фильтрации. Почву (12 кг), предварительно доведенную до влажности 40 и 60 % максимальной влагоемкости, помещали в установки при высоте набивки 30 см.

ДЯК хорошо растворим в воде, и в связи с этим основными изучаемыми факторами в данном эксперименте были количество выпавших осадков и дозы препарата. Задаваемое количество осадков — 1 и 5 миллиметров в сутки, что соответствует среднему минималь-

Кодирование факторов и интервалы варьирования в опыте по изучению миграции ДЯК в почве

Фактор	+1	0	-1
x_1 — доза препарата, кг/га	30	18	6
x_2 — длительность выпадения осадков, сут	10	6	2
x_3 — норма выпадения осадков, мм	5	3	1

ному и максимальному их количеству за последние 10 лет в весенне-летние месяцы (май — июнь) в Московской области. При норме 1 мм почва в установке орошалась 32 мл воды один раз в сутки, при норме 5 мм — 157 мл воды дробно через 1,5—2 ч.

Выбор доз препарата обусловливался методическими указаниями по испытанию ДЯК на яблоне [20] и «Методическими рекомендациями по установлению ПДК химических веществ в почве» [22]. Принятые в опыте дозы — 6 и 30 кг д. в. препарата на 1 га, или в расчете на объем почвы, загружаемый в установку, 20 и 100 мг.

При изучении миграции ДЯК в почве использовался метод математического планирования многофакторного эксперимента типа

$$N = 2^x = 2^3 = 8,$$

где N — количество серий опытов; x — количество изучаемых факторов; 2^x — количество комбинаций факторов.

Составление плана эксперимента заключалось в выборе точек, симметричных относительно нулевого уровня (табл. 1), и построении матрицы, определившей 8 комбинаций изучаемых факторов (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что в пробах дренажных вод препарат обнаруживался со 2-х по 10-е сутки после его внесения. Количество вымываемого препарата зависело от интенсивности осадков, длительности их выпадения и дозы.

В результате обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов получено уравнение (модель I):

$$y = 2,14749 - 0,019083 x_1 + 0,093441 x_2 + 0,1055 x_3 + 0,0046353 x_1 x_2 + 0,05265 x_1 x_3 + 0,235312 x_2 x_3 - 0,0052604 x_1 x_2 x_3,$$

где y — выведение препарата, % к внесенному (с разбросом $\pm 1,1$ %); x_1 — доза ДЯК, кг/га; x_2 — длительность выпадения осадков, сут; x_3 — норма выпадения осадков, мм.

Анализ данной математической модели показал, что наибольшее влияние на вынос препарата оказывает количество выпавших осадков (x_3 и x_2). По результатам расчетов модели I была построена номограмма динамики миграции ДЯК в почве (рис. 1).

После прекращения выноса препарата в дренажные воды на 10-е сутки исследовали его остаточные количества в почве. Пробы почвы

Т а б л и ц а 2

Матрица эксперимента и результаты изучения миграции ДЯК в почве (при влажности 60 % максимальной влагоемкости и температуре 20°)

№ опыта	x_1	x_2	x_3	Выведение ДЯК из	почвы, % от внесен-
				дерново-подзолистая	($M \pm m$) черноземная
1	30	10	5	16,20 \pm 2,00	14,76 \pm 1,80
2	6	10	5	15,54 \pm 1,90	13,42 \pm 1,20
3	30	2	5	11,24 \pm 1,40	6,11 \pm 0,74
4	6	9	5	6,42 \pm 0,78	6,21 \pm 0,68
5	30	10	1	6,36 \pm 0,77	6,38 \pm 0,18
6	6	10	1	5,72 \pm 0,19	6,87 \pm 0,74
7	30	2	1	3,88 \pm 0,94	2,96 \pm 0,86
8	6	6	1	3,12 \pm 0,91	2,97 \pm 0,61

Таблица 3

Остаточные количества ДЯК (мг/кг)
в дерново-подзолистой почве
на 10-й день эксперимента

Слой почвы, см	Внесено ДЯК. мг			
	20		100	
	выпало осадков, мм			
	1	5	1	5
0—5	1,06	0,93	5,48	5,11
5—10	0,98	0,84	4,63	4,95
10—15	0,08	0,37	0,26	1,13
15—20	0,09	0,42	0,44	2,21

при внесении 30 кг/га. При этом наибольшее его количество (до 10 % внесенной дозы) обнаруживалось в слое почвы 0—10 см.

Стабильность препарата ДЯК в почве

Цель данного исследования — определение стабильности препарата в почве для обоснования возможности прогнозирования остаточных его количеств в естественных условиях.

Влажность и температура почвы воздействуют на метаболизм почвенных микроорганизмов и высших растений, ферментные системы которых могут участвовать в расщеплении молекул химических веществ [9, 12, 15, 26]. Степень разрушения химических соединений под действием этих факторов внешней среды зависит от времени контакта химического агента с почвой.

При изучении стабильности пестицидов и ретарданта хлорхолин-хлорида было установлено [8, 10, 13, 25, 26], что на содержание препаратов в почве влияют различные факторы, в том числе вид и механический состав почвы. Поэтому для наших опытов использовались

два разных вида почвы (см. выше). Тип многофакторного эксперимента был тем же, что и при изучении миграции препарата:

$$N = 2^x,$$

где N — количество опытов; x — количество изучаемых факторов; 2^x — количество комбинаций.

Составление плана эксперимента заключалось в выборе точек, симметричных относительно нулевого уровня (табл. 4), и построении матрицы, определившей 8 комбинаций изучаемых факторов (табл. 5).

В опыте использовали конические колбы объемом 500 мл с марлевыми пробками. Почву доводили до воздушно-сухого состояния, затем просеивали через сито Кноппа № 3. Из подготовленных образцов брали навески по 100 г, в которые с помощью пульверизатора вносили по 10 мг препарата, растворенного в воде. Количество воды добавляли в соответствии с матрицей эксперимента для обеспечения 60 и 20 %.

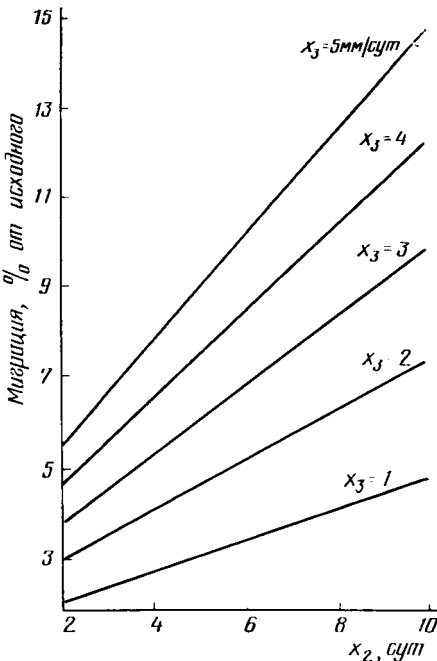


Рис. 1. Номограмма определения миграции ДЯК из почвы с ливневыми и поливными водами.

Кодирование факторов и интервалы варьирования в опыте по изучению стабильности ДЯК в почве

Фактор	+1	0	-1
x_1 — тип почвы и содержание гумуса, %	Черноземная 5,8	3,8	Дерново-подзолистая 1,8
x_2 — влажность почвы, % максимальной влагоемкости	60	40	20
x_3 — температура почвы, °С	20	12	4

Таблица 5

Матрица эксперимента

№ опыта	x_1	x_2	x_3
1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1
4	-1	-1	+1
5	+1	+1	-1
6	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1
8	-1	-1	-1

влажности почвы к ее максимальной влагоемкости. Такую влажность почвы поддерживали в течение всего эксперимента.

Всего было подготовлено 192 пробы почвы, из них 96 проб (опыты 1—4 по матрице эксперимента) помещали в термостат, где поддерживали температуру $20 \pm 1^\circ$, а остальные 96 проб (опыты 5—8) — в холодильник с температурой $4 \pm 1,5^\circ$. Периодичность отбора проб устанавливали, исходя из процента деструкции в течение первого дня эксперимента. Степень деструкции колебалась от 4 до 15 %, в связи с чем в соответствии с «Методическими рекомендациями по установлению ПДК химических веществ в почве» определение остаточных количеств препарата проводилось через 1, 5, 15, 30, 45, 60 и 110 сут после введения ДЯК. В каждый срок для анализа отбирали 24 пробы (по 3 на каждый опыт согласно матрице). В отобранные пробы вносили по 100 мл дистиллированной воды и аккуратно их перемешивали в течение 30 мин, а затем анализировали указанным ранее методом.

На основании полученных результатов определяли для каждого опыта (по матрице) в каждый срок наблюдения среднее значение содержания остатков препарата и значение ошибки опыта ($M \pm m$).

Из табл. 6 видно, что изменение содержания ДЯК в почве во времени близко к экспоненциальной зависимости

$$C_t = C_0 \cdot e^{-kt},$$

где C_t — содержание препарата в данный момент времени t , мг; C_0 — исходное его содержание; k — константа скорости разложения ДЯК; e — основание натурального логарифма.

По данным табл. 6 рассчитаны константы скорости разложения и периоды полуразложения препарата ДЯК в почве (табл. 7).

В результате обработки экспериментальных данных методом наименьших квадратов получено уравнение, описывающее процесс разложения ДЯК в почве (модель II):

$$y = -0,028587 + 0,005305x_1 + 0,0004197x_2 + 0,009742x_3 - 0,000076x_1x_2 - 0,001557x_1x_3 - 0,0000654x_2x_3 + 0,0000116x_1x_2x_3,$$

Таблица 6

Динамика изменения содержания ДЯК (мг) в пробах почвы

№ опыта	Срок наблюдения, сут			
	1	15	45	110
1	7,5±0,80	6,09±0,53	3,37±0,42	1,55±0,08
2	8,57±0,65	0,27±0,04	0,07±0,01	0,0
3	9,56±0,37	7,83±0,63	4,44±0,38	2,10±0,11
4	9,43±0,38	0,97±0,12	0,06±0,02	0,0
5	8,57±0,54	8,14±0,72	7,63±0,93	5,82±0,67
6	8,34±0,46	6,17±0,57	3,23±0,28	1,55±0,12
7	8,09±0,71	7,64±0,63	6,49±0,52	5,24±0,31
8	8,13±1,11	6,87±0,76	4,95±0,65	2,46±0,31

Константы скорости разложения (k) и периоды полуразложения ($t_{0,5}$) ДЯК в почве в зависимости от действия факторов внешней среды

№ опыта	k	$t_{0,5}$, сут
1	0,01736±0,00043	39,93±0,96
2	0,08330±0,02200	8,32±1,80
3	0,01668±0,00014	41,56±0,36
4	0,10757±0,00280	6,44±0,18
5	0,00421±0,00048	164,66±21,00
6	0,01502±0,00330	46,15±8,30
7	0,00476±0,00032	145,63±9,00
8	0,01080±0,0025	64,19±12,00

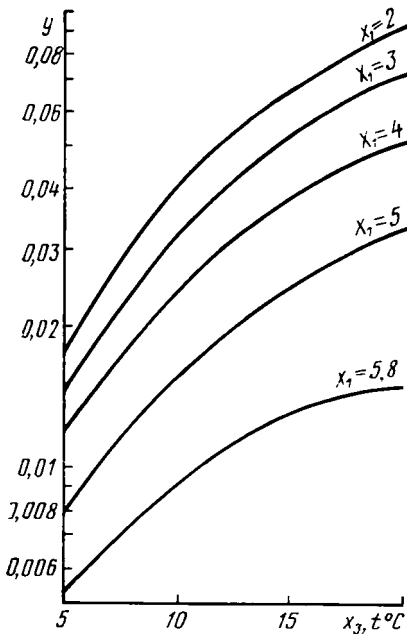


Рис. 2. Номограмма определения константы скорости разложения ДЯК (y) в почве (при влажности 40 % максимальной влагоемкости).

где y — константа скорости разложения ДЯК в почве (при разбросе $\pm 0,0004$), x_1 — тип почвы по содержанию гумуса от 1,8 до 5,8 %; x_2 — влажность почвы от 20 до 60 % максимальной влагоемкости; x_3 — температура почвы от 4 до 20°

Анализ данного уравнения показал, что степень разложения препарата зависит в первую очередь от температуры почвы, а затем от типа почвы. С увеличением температуры процесс разложения ускоряется, а с увеличением содержания гумуса в почве — замедляется. Последнее может быть обусловлено образованием гидразидсодержащих метаболитов — продуктов взаимодействия препарата и гуминовых веществ почвы. Влажность почвы оказывает меньшее влияние.

Расчеты по модели II позволили построить номограмму для определения степени разложения ДЯК в почве в зависимости от ее температуры и содержания в ней гумуса (рис. 2).

Пользуясь определенной по номограмме или модели константой скорости разложения препарата и уравнением экспоненты, можно определить остаточные количества препарата в почве на любой конкретный срок наблюдения при известном расходе препарата.

Стабильность препарата в водной среде

Значительная стабильность препарата ДЯК в почве и его способность мигрировать из почвы с ливневыми и поливными водами определяют возможность попадания препарата в поверхностные и грунтовые воды. В связи с этим задачей данного исследования являлось определение стабильности ДЯК в водной среде при моделировании влияния факторов внешней среды на процессы его разложения.

Поскольку ДЯК может мигрировать с поверхностным стоком в водоемы, а с ливневыми осадками — в грунтовые воды, нами изучалась стабильность препарата в водах разного вида: в воде из пруда Новодевичьего монастыря, в которую исключено попадание как промышленных стоков, так и хозяйственно-бытовых сточных вод (водоем неглубокий, хорошо прогревается солнцем, и, следовательно, процессы самоочищения в нем могут протекать весьма интенсивно за счет деятельности сапрофитной микрофлоры и водорослей); в грунтовой воде, полученной из скважины глубиной 72 м (мощность перекрытия 27 м), качество ее соответствовало требованиям ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая»; в дистиллированной воде с рН 6,8. Модельными водоемами слу-

Таблица 8

Кодирование факторов и интервалы варьирования в опытах по изучению стабильности ДЯК в прудовых и грунтовых водах			
Фактор	+1	0	-1
x_1 — рН воды	9	7	5
x_2 — температура воды, °С	20	12	4

Таблица 9

Матрица эксперимента		
№ опыта	x_1	x_2
1	+1	+1
2	-1	+1
3	+1	-1
4	-1	-1

жили стеклянные аквариумы емкостью 20 л и сосуды объемом 5 л с широким горлом.

Известно, что процесс разложения химических веществ в водной среде может зависеть от ее рН [8, 11]. Поэтому в экспериментах моделировали действие этого фактора. Для большинства поверхностных и грунтовых вод характерны значения рН от 5 до 9. Эти крайние значения рН и были приняты при проведении экспериментов. Требуемый уровень рН получали введением слабых растворов кислот и щелочей.

Температура воды в опытах 20 и 4° (соответственно в термостате и в холодильнике).

При изучении стабильности препарата ДЯК в прудовой и грунтовой водах также использовали методы математического планирования эксперимента. Поставленную задачу решали с помощью полного факторного эксперимента типа:

$$N=2^x \text{ при } x=2 \text{ (рН и } t^\circ\text{)}.$$

Составление плана эксперимента заключалось в выборе симметричных относительно нулевого уровня точек (табл. 8) и построении матрицы эксперимента (табл. 9), позволившей определить необходимость постановки двух серий опытов, по 4 комбинации изучаемых факторов в каждом.

Опыты с дистиллированной водой проводились на свету при рН среды 6,8, температуре 20° и служили контролем.

Пробы воды из модельных водоемов отбирали регулярно с 1-го по 110-й день эксперимента. Содержание остаточных количеств ДЯК определяли указанным ранее методом.

Анализ полученных данных (табл. 10) свидетельствует о том, что процесс разложения ДЯК в водной среде близок экспоненциальной зависимости. Это позволило определить периоды полуразложения препарата и константы скорости его разложения (табл. 11).

В прудовой воде скорость разложения препарата зависит от тем-

Таблица 10

Динамика концентрации препарата ДЯК (мг,л) в водной среде

№ опыта	Срок наблюдения, сут					
	1	3	7	9	43	110
Прудовая вода						
1	1,18	0,55	0,47	0,13	0,12	0,0
2	1,11	0,66	0,36	0,07	0,0	0,0
3	1,10	0,55	0,32	0,37	0,21	0,087
4	0,85	0,48	0,49	0,30	0,12	0,0
Грунтовая вода						
1	0,80	0,51	0,45	0,33	0,06	0,0
9	0,80	0,57	0,28	0,19	0,13	0,05»
3	0,72	0,46	0,39	0,26	0,07	0,0
4	0,81	0,51	0,29	0,25	0,16	0,116
Дистиллированная вода						
	0,79	0,53	0,34	0,24	0,13	0,058

Константы скорости разложения (k) и периоды полуразложения ($t_{0,5}$) препарата ДЯ К в водной среде

№ опыта	Прудовая вода		Грунтовая вода	
	k	$t_{0,5}$, сут	k	$t_{0,5}$, сут
1	0,04053	17,10	0,05692	12,18
2	0,30670	2,26	0,01896	36,56
3	0,01793	38,66	0,05146	13,47
4	0,03948	17,56	0,01352	51,27

Примечание. В дистиллированной воде $k=0,02268$, $t_{0,5}=30,56$ сут.

пературы и pH. Так, при повышении температуры от 4 до 20° период полуразложения сократился в 8 раз. Также в 8 раз сократился $t_{0,5}$,

при снижении pH с 9 до 5. Это дает основание предположить, что существенную роль в разложении препарата в водной среде может играть микрофлора, для которой температура 20° и pH 5 близки к оптимальным.

В грунтовой воде, бедной микроорганизмами, ведущим фактором в разложении препарата является pH, причем с ростом значений pH период полуразложения сокращается. Это согласуется с соответствующими данными для дистиллированной воды, имеющей pH 6,8.

На основании матрицы эксперимента и полученных результатов составлены 2 системы по 4 уравнения вида:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_1x_2,$$

где y — константа скорости разложения ДЯК в водной среде; a_0 — свободный член; a_1 — a_2 — коэффициенты, свидетельствующие о линейном вкладе каждого фактора; a_3 — коэффициент, свидетельствующий о наличии или отсутствии парных взаимодействий факторов.

В результате обработки данных методом наименьших квадратов получено математическое описание процесса разложения ДЯК в прудовой воде (модель III) и грунтовых водах (модель IV) в виде следующих уравнений регрессии:

$$\begin{aligned} y_{п. в.} &= -0,0768924 + 0,0099136x_1 + 0,0358152x_2 - 0,0038228x_1x_2; \\ y_{г. в.} &= -0,0352588 + 0,00948375x_1 + 0,00033844x_2 + 0,0000003125x_1x_2, \end{aligned}$$

где $y_{п. в.}$ и $y_{г. в.}$ — константа скорости разложения ДЯК соответственно в прудовой (поверхностной) и грунтовых водах; x_1 — pH водной среды в пределах 5—9; x_2 — температура воды от 4 до 20°.

Оценка значимости факторов в модели III показывает, что ведущим фактором, влияющим на процесс разложения препарата в поверхностных водах, является температура воды, а pH играет меньшую роль. В грунтовых же водах (модель IV) ведущим фактором является pH, а температура влияет на этот процесс в меньшей степени.

На основании полученных математических моделей построены номограммы для определения констант скорости разложения препарата в водной среде (рис. 3). Пользуясь указанными моделями или номограммами, можно прогнозировать границы распространения препарата в воде.

Пример расчета миграции ДЯК в почве и воде

В этом сообщении приводится пример такого расчета для сада, в котором препаратом ДЯК обрабатывался участок 8-летних яблонь, растущих на дерново-подзолистой почве с содержанием гумуса 3,5 %. Влажность почвы в период обработки 40 %, температура 20°. Дождь, начавшийся через 4 дня после опрыскивания, продолжался 3 дня. При этом выпадало по 5 мм осадков в сутки.

Рис. 3. Номограмма определения константы скорости разложения ДЯК (y) в поверхностных (слева) и в грунтовых водах.

При обработке сада такого возраста до 25 % препарата попало непосредственно на почву, что составило 0,5 кг/га.

По номограмме (рис. 2) определяем, что при данных почвенных условиях константа скорости разложения препарата равна 0,06. По формуле $C_t = C_0 e^{-ki}$ рассчитываем, что

к моменту выпадения осадков остатки препарата в почве составили

$$C_t = 0,5e^{-0,06 \cdot 4} = 0,393 \text{ кг/га.}$$

Опыты с меченым препаратом, проведенные в том же саду, показали, что при нанесении чистого действующего вещества (без добавок, введенных в препаративную форму) на листья и плоды в отмывке с них на 4-й день может находиться около 40 % д. в. Допускаем, что осадки полностью смывают на почву 0,760 кг д. в. на 1 га (т. е. 40 % от 1,9 кг, попавших на деревья при опрыскивании).

Таким образом, суммарное количество препарата, оказавшегося в почве, составляет 1,153 кг/га.

По номограмме (рис. 1) находим, что при интенсивности осадков 5 мм и 3-дневной длительности их выпадения мигрировать может 10 % препарата, т. е. 0,115 кг. В этом случае в грунтовых водах, мощность залегания которых составляет около 3 м, при пористости водоносных пород 0,001 создается следующая концентрация препарата:

$$C_0 = \frac{0,115}{10\,000 \text{ м}^2 \cdot 3 \text{ м} \cdot 0,001} = \frac{0,115}{30 \text{ м}^3} = 3,83 \text{ г/м}^3 = 3,83 \text{ мг/л.}$$

Пользуясь номограммой (рис. 3), определяем, что при значении рН грунтовых вод 7 и их температуре 10° константа скорости разложения препарата равна 0,035.

Зная, что ПДК ДЯК в воде 0,05 мг/л, можно рассчитать время, за которое препарат разложится в грунтовых водах до уровня ПДК.

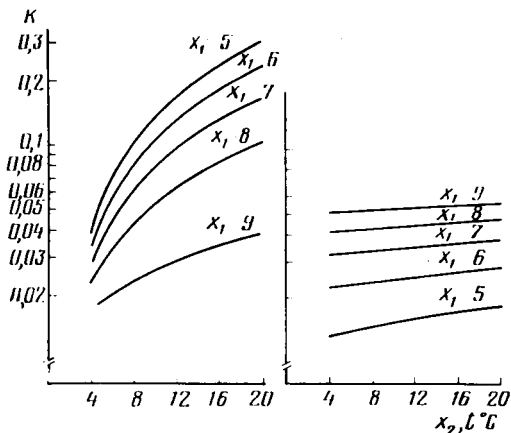
По модели IV находим, что

$$t = \left(\ln \frac{C_0}{C_t} \right) \cdot y^{-1} = \left(\ln \frac{3,83}{0,05} \right) \cdot \frac{1}{0,035} = 123,9 \text{ сут.}$$

Скорость грунтового потока может быть в пределах от 0,1 до 10 м/сут. Взяв в расчет ее значение, близкое к максимальному — 8 м/сут, можем предсказать границу распространения препарата с грунтовыми водами и сроки возможного загрязнения водоемов. Так, если водоем расположен ближе 1000 м от места применения препарата, то загрязненные воды попадут в него через 124 сут. В данном примере рассмотрены экстремальные условия, при которых получено наибольшее распространение препарата с водной средой. В регламентах применения препарата ДЯК принята (на основании наших исследований) удаленность мест применения и слива промывных вод от водосточников, используемых для питьевых целей, не менее 1000 м.

Выводы

1. Препарат ДЯК разлагается в почве и водной среде, и процесс его деструкции в этих средах характеризуется экспоненциальной зависимостью.



2. ДЯК способен частично мигрировать с поливными и ливневыми водами, а также в определенной степени закрепляться в поверхностном слое почвы.

3. Ведущими факторами, определяющими разложение препарата в почве, являются температура, а затем содержание гумуса, причем с увеличением последнего скорость деструкции замедляется.

4. На разложение препарата в поверхностных водах влияют их температура и рН, при этом интенсивность разложения ДЯК выше в условиях, наиболее благоприятных для развития сапрофитной микрофлоры. В грунтовых водах температура оказывает меньшее влияние на разложение ДЯК, а ведущим фактором является рН среды, причем более интенсивно процесс деструкции идет в щелочной среде, что обусловлено химическими свойствами препарата.

5. Препарат ДЯК отличается большей стабильностью в почве и воде по сравнению с такими регуляторами роста, как хлорхолинхлорид и кампозан.

6. Разработанные модели позволяют прогнозировать интенсивность разложения препарата в конкретных условиях и делать расчеты его остаточных количеств на определенный срок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер Ю. П., Марков Е. В., Грановский А. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971. — 2. Блиновский И. К., Тучков В. П., Соркин А. Г. Л. и др. Исследование остаточных количеств 2,2-диметилгидразида янтарной кислоты в различных органах яблоки при разработке регламентов применения препарата ДЯК. — С.-х. биол., 1984, № 10, с. 56—62. — 3. Блиновский И. К., Тучков В. П., Мазаев В. Т. и др. Стабильность и миграция хлорхолинхлорида в почве и воде. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 6, с. 89—95. — 4. Болотный А. В., Письменная М. В., Акоренко С. А. Трансформация фосфорорганических пестицидов анти и хлорофоса в окружающей среде. — Гигиена и санитария, 1978, № 5, с. 28—31. — 5. Бунятян Ю. А., Петросян М. С., Мурадян А. Г. и др. Методические указания по определению ДЯК, ГМК — Na, гидрела, дигидрела методом спектрофотометрии в воде, растительном материале: томаты, яблоки, свекла. — В кн.: Метод, указ. по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. М.: МСХ СССР, 1984, с. 267—274. — 6. Вирченко Е. П., Бобовников А. Ц. И., Егоров В. В. О миграции ДДТ и гамма-ГХЦГ в дерново-подзолистых почвах. — Почвоведение, 1977, № 2, с. 59—63. — 7. Гончарук Е. И. Санитарная охрана почвы от загрязнения химическими веществами. Киев: Здоровье, 1977. — 8. Киселева Н. И. Влияние ультрафиолетового облучения и рН среды на стойкость полихлоркамфена. — Химия в сельск. хоз-ве, 1975, № 5, с. 52. — 9. Ковда В. А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973, т. 1. — 10. Кожинова Л. А. Гигиеническая оценка почвы и растений, обработанных ПХП. — Гигиена и санитария, 1970, № 8, с. 53—56. — 11. Королев А. А., Мазаев В. Т. Трансформация химических веществ в водоемах и в процессе очистки воды как гигиеническая проблема. — Гигиена и санитария, 1975, № 7, с. 83—86. — 12. Короткова О. А. Пестициды и окружающая среда: ароматические амины и солет четвертичных аммониевых оснований. — Химия в сельск. хоз-ве, 1976, № 12, с. 34—39. — 13. Мазаев В. Т., Василенко В. Е. Расчет распространения зоны загрязнения хлорхолинхлоридом грунтовых вод. — Гигиена и санитария, 1982, № 5, с. 13—16. — 14. Нагорный П. В. Изучение комбинированного действия нескольких факторов с помощью регрессионно-корреляционного анализа. — Гигиена и санитария, 1973, № 7, с. 76. — 15. Найштейн С. Я. Актуальные вопросы гигиены почвы. Штиинца, 1974. — 16. Налимов В. В. Теория эксперимента. М.: Наука, 1971. — 17. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экспериментов. М.: Наука, 1965. — 18. Спыну Е. И. Гигиенические аспекты циркуляции пестицидов в окружающей среде. — В сб.: Акт. вопр. применения пестицидов в различных климато-географ. зонах. Ереван: Айастан, 1976, с. 8—11. — 19. Спыну Е. И., Моложанова Е. Г., Стежанский Н. С. Гигиеническое нормирование пестицидов в почве. — Химия в сельск. хоз-ве, 1975, № 10, с. 69—71. — 20. Временные методические указания по испытанию препарата ДЯК в производственных условиях. М.: МСХ СССР, 1978. — 21. Рекомендации по опытно-производственному применению препарата ДЯК на зимних сортах яблоки. М.: МСХ СССР, 1985. — 22. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почве (№ 1427—76 от 19 мая 1976 г.). М.: МЗ СССР, 1976. — 23. Hamaker J. W. — J. Am. Chem. Soc. Adv. Chem. Ser. 1966, vol. 60, p. 102. — 24. Hamaker J. W. The interpretation of soil leaching experiments. Environ. Dyn. Pestic. N. J. L., 1975, p. 115—133. — 25. Linser H. u. a. Zeitschrift fur Pflanz., 1965, Bd. 108, N 1. S. 57—65. — 26. Takahashi E., Yamada A., Konishi S., Matsuda T., Yamamoto O. — J. Sci. of Soil a. Manure. Japan. 1969, vol. 40, N 2, p. 84—88.

Статья поступила 1 января 1986 г.

SUMMARY

Stability and migration of 2.2-demethylhydrazide of succinic acid (DSA) in soddy-podzolic and chernozem soils, as well as in surface and ground waters have been studied. As a result of information obtained, models of migration and destruction processes of the preparation in these objects are developed.