

УДК 632.93.633.491

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕТРАЭТОКСИСИЛАНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕСТИЦИДА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

П.Е. ПУЗЫРЬКОВ, Л.А. ДОРОЖКИНА, В.А. ДОЛГУШКИН

(Кафедра химических средств защиты растений)

В серии полевых опытов показана возможность сокращения нормы расхода инсектицидов и фунгицидов и кратности их применения в борьбе с колорадским жуком и фитофторозом картофеля при введении в рабочую жидкость пестицидов кремнийорганического соединения — тетраэтоксисилана (ТЭС). Снижение экотоксикологической дозы пестицидов с 11 до 5—2 кг/га при использовании ТЭС сопровождалось повышением урожайности картофеля на 9—29% и уменьшением потенциального загрязнения почвы. Агрэкоксикологический индекс (АЭТИ), характеризующий опасность используемого ассортимента пестицидов для защиты картофеля, снижен с 2,1 до 0,3—0,02, что указывает на переход от среднеопасного к малоопасному применению химических средств защиты растений.

Многолетней практикой сельского хозяйства многих стран доказана необходимость проведения высокоорганизованной системы защиты растений с использованием фунгицидов и инсектицидов. Ущерб, наносимый картофелю грибными заболеваниями (фитофторозом, макроспориозом, паршой и др.), в отдельные годы составляет 60—80% потенциального урожая. Неудобор

урожая от повреждения всходов растений колорадским жуком может достигать 30—60%.

В связи с реорганизацией сельского хозяйства, проходящей в последние годы, наблюдается резкое падение применения химических средств защиты растений. С одной стороны, это положительная тенденция, так как отказ от пестицидов приводит к улучшению экологичес-

кой ситуации. Однако это сопровождается снижением урожайности и качества продукции, особенно при отсутствии достаточно эффективного семеноводства картофеля. При этом многие хозяйства и фермеры вынуждены полностью отказаться от пестицидов или сильно ограничить их использование, но не из-за экологических аспектов, а из-за высокой их стоимости.

Снижение уровня химизации привело к уменьшению сборов картофеля. Так, в 1993 г. в Российской Федерации было получено 37,7 млн т, в том числе в Нечерноземной зоне — 16,7 млн т, в 1994 г. — соответственно 33,3 и 14,6 млн т. Закупочная стоимость картофеля в 1994 г. была в 3,4 раза выше, чем в 1993 г.

Существенная роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур принадлежит кремнийсодержащим соединениям [1, 3—5, 7], способным повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам, в том числе к вредителям и болезням. К достоинству таких препаратов, как этилсиликат-40, этилсиликат-32, тетраэтоксисилан (ТЭС), относится и то, что они образуют пленку, состоящую из кремниевой кислоты, с помощью которой возможно закрепление пестицидов на поверхности растений [3].

Однако данные соединения используются в основном в химической промышленности. В 1987—1988 г. мы впервые применили их на виноградных насаждениях в смеси с гербицидами [3]. Полученные положительные результаты послужили основанием для дальнейшего испытания их в смесях с инсектицидами и фунгицидами при производстве картофеля.

Методика

Полевые опыты проведены в 1989—1991 гг. в совхозе «Алябьевский» Мценского района Орловской области. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая. Мощность пахотного горизонта — 25 см, содержание гумуса — 1,9%, подвижного фосфора — 4,0, калия — 8,5 мг на 100 г.

Повторность опытов 4-кратная. Расположение делянок рендомизированное. Площадь опытной делянки — 100 м², схема посадки 70 x 23.

Для обработки растений картофеля сорта Невский в период вегетации применяли следующие препараты: децис 2,5% к.э., сумицидин, 20% к.э., фталофос 20% к.э., арцерид 60% с.п., поликарбоцин 80% с.п., полихом 80% с.п., цинеб 80% с.п., тубарид 60% с.п., тетраэтоксисилан (ТЭС) 97%.

Опрыскивание проводили ранцевым опрыскивателем из расчета 400 л рабочего раствора на 1 га.

Первая обработка картофеля от фитофтороза была приурочена к началу появления признаков заболевания. Пораженность растений оценивали по 5-балльной шкале: 0 — отсутствие поражения, 1 — поражено до 10% поверхности листьев, 2 — поражено от 11 до 25, 3 — поражено от 26 до 50, 4 — поражено более 50%.

Распространение болезни (Р) рассчитывали по формуле

$$P = (n \times 10) / N,$$

где N — общее число обследованных растений; n — количество больных растений.

Обработку против колорадского жука проводили в период массового отрождения личинок.

Схемы опытов 1989—1991 гг. приведены в табл. 1, 3 и 5. За контроль был принят вариант 1, где применяли нормы расхода пестицидов, рекомендованные «Списком» на год проведения исследований [6]. В остальных вариантах препараты вносили совместно с ТЭС.

Результаты

В 1989 г. первую обработку провели баковой смесью, содержащей инсектициды и фунгицид для подавления фитофтороза и колорадского жука (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Пестициды, применяемые для защиты картофеля в 1989 г., и нормы их расхода (кг/га, л/га по препарату)

Вариант	Срок обработки				Всего внесено
	26.06	25.07	04.08	20.08	
1	Децис, 0,3 + цинеб, 2,6	Арцерид, 2,5	Поликарбозин, 2,5 + сумицидин, 0,3	Цинеб, 2,6	10,8
2	Децис, 0,3 + цинеб, 2,6 + ТЭС	Арцерид, 2,5 + ТЭС		5,4	
3	Децис, 0,06 + цинеб 1,3 + ТЭС	Арцерид, 1,0 + ТЭС		2,36	
4	Сумицидин, 0,3 + поликарбозин, 2,5 + ТЭС	Тубарид, 2,5 + ТЭС		5,3	
5	Сумицидин, 0,15 + поликарбозин, 1,2 + ТЭС	Тубарид, 1,0 + ТЭС		2,35	

После опрыскивания растений децисом во всех вариантах отмечена полная гибель личинок и жуков. При этом эффективность дециса в дозе 0,06 л/га в смеси с ТЭС была такой же, как при рекомендованной норме расхода 0,3 л/га. Аналогичные результаты получены при использовании сумицидина. При этом также не наблюдалось различий в эффективности действия смесей препарата с ТЭС при норме расхода инсектицида 0,3 и 0,15 л/га. Следовательно, введение кремнийоргани-

ческого соединения (ТЭС) в эмульсию пиретроидов дало возможность снизить норму их расхода соответственно в 5 и 2 раза без изменения токсичности относительно вредного объекта.

В начале августа отмечено появление второго поколения колорадского жука. Однако, поскольку численность жуков превышала экономический порог вредоносности (ЭПВ) только в варианте 1, повторное опрыскивание картофеля проводилось именно в этом варианте.

Для защиты от колорадского жука был применен сумицидин 20% к.э. при норме расхода 0,3 л/га.

Таким образом, использование ТЭС совместно с инсектицидами позволило не только сократить норму их расхода, но и снять одну обработку, что имеет большое значение как для хозяйства, так и для экологической безопасности применения химических средств защиты растений.

В связи с тем, что защитное действие цинеба и поликарбоцина выражается в ингибировании развития спор гриба, их применение только временно приостановило распространение фитофтороза, а спустя 30 дней возникла необходимость в повторном опрыскивании посадок картофеля фунгицидами. В этом случае использовали смешанные препараты: арцерид 60% с.п. и тубарид 60% с.п., обладающие и лечебным, и защитным действием.

Учет пораженности растений фитофторозом свидетельствует о высокой эффективности системных фунгицидов, при этом различий в их действии не отмечалось. Наиболее важным было то, что при использовании смеси арцериды или тубарида с ТЭС до конца вегетации не потребовалось проведения дополнительных опрыскиваний для защиты картофеля от фитофтороза. В этом состояло главное отличие этих вариантов от контрольного (вариант 1), где до уборки картофеля провели еще 2 обработки контактными фунгицидами: поликарбоцином (2,5 кг/га) и цинебом (2,6 кг/га).

Таким образом, для защиты картофеля от колорадского жука и фитофтороза в варианте 1 внесено 10,8 кг препаратов на 1 га, а в вари-

антах, где пестициды применяли совместно с ТЭС, — соответственно 5,4; 2,36; 5,3; 2,35 кг/га.

Из табл. 2 видно, что применение кремнийсодержащего препарата и сокращение экотоксикологической дозы используемых пестицидов положительно отразилось на урожайности картофеля.

В варианте 1, где применялась система химической защиты картофеля, принятая во многих хозяйствах Орловской области, было внесено 10,8 кг препаратов в расчете на 1 га, урожайность картофеля была на 12—14 ц/га ниже, чем в вариантах, где пестициды использовались совместно с ТЭС, причем в дозах значительно более низких, чем в контроле.

Положительное влияние кремния на урожайность сельскохозяйственных культур и их качество, прежде всего риса, отмечали многие исследователи. В данном опыте также наблюдалась тенденция к увеличению выхода стандартных клубней (на 2—2,6%) и уменьшению клубней, пораженных фитофторозом и паршой (на 2%), при использовании ТЭС совместно с инсектофунгицидами.

В 1990 г. первое опрыскивание было проведено только фунгицидами для подавления развития фитофтороза. Во всех вариантах использовали поликарбоцин 80% с.п. при норме расхода 2,5 и 1,2 кг/га (табл. 3). Существенных различий в эффективности их действия в первые дни не отмечалось. Однако в начале июля интенсивность распространения заболевания стала возрастать, особенно в варианте 1. В связи с этим возникла необходимость в последующей обработке фунгицидами.

Урожайность и качество картофеля в 1989 г.

Показатель	Вариант				
	1	2	3	4	5
Урожайность, ц/га	204,8	217,2	218,0	218,6	217,9
Стандартные клубни, %	90,1	92,2	92,6	92,0	92,2
Крахмал, %	15,2	15,1	15,4	15,5	15,0
NO ₃ , мг/кг	114	122	118	120	122
Анализ клубней, %:					
здоровые	86,9	89,7	89,6	90,1	89,5
пораженные	13,1	10,3	10,4	9,9	10,5
в т.ч.:					
механические повреждения	5,2	4,3	4,8	4,2	4,3
больные	7,9	6,0	5,6	5,7	6,2
из них:					
фитофторозом	4,8	3,0	2,9	2,9	3,2
паршой обыкновенной	3,1	3,0	2,7	2,8	3,0
Мелкие клубни	8,1	7,2	6,8	7,2	6,9

П р и м е ч а н и е. НСР₀₅ по урожаю 18,4 ц/га.

В это время началось и массовое отрождение личинок колорадского жука. Поэтому для второго опрыс-

кивания растений использовали баковую смесь арцерида 60% с.п. с децисом 2,5% к.э.

Пестициды, применяемые для защиты картофеля в 1990 г., и нормы их расхода (кг/га по препарату)

Вариант	Дата обработки				Всего
	20.06	04.07	22.07	17.08	
1	Поликарбозин, 2,5	Арцерид, 2,5 + децис, 0,3	Тубарид, 2,5	Поликарбозин, 2,5	10,3
2	Поликарбозин, 2,5 + ТЭС	Арцерид, 2,5 + децис, 0,3 + ТЭС			5,3
3	Поликарбозин, 1,2 + ТЭС	Арцерид, 1,0 + децис, 0,6 + ТЭС			2,26

При введении в рабочие растворы пестицидов (варианты 2 и 3) ТЭС этих двух обработок фунгицидами

было достаточно для защиты растений от фитофтороза. К моменту уборки урожая пораженность лис-

тового аппарата заболеванием не превышала 1 балла. В варианте 1 для достижения такого же эффекта потребовалось провести еще 2 опрыскивания.

Для подавления колорадского жука достаточно было однократового применения дециса во всех вариантах. При этом в последнем варианте, где норма расхода была снижена в 5 раз и составляла 0,06 л/га, степень поражения растений колорадским жуком была такой же низкой, как и в двух предыдущих при использовании рекомендованной нормы 0,3 л/га.

Перед уборкой урожая растения двух последних вариантов отличались более темной окраской листьев, что характерно было и для опыта 1989 г. Положительное влияние кремния на содержание хлорофилла в листьях отмечали и другие исследователи [1, 5].

Проведение защитных мероприятий с использованием ТЭС позволило сократить количество обработок в 2 раза. Однако это не сказалось на степени пораженности растений фитофторозом. Только в варианте 3 распространенность заболевания к моменту уборки картофеля возросла в среднем на 5% по сравнению с вариантами 1 и 2.

Применение кремнийорганического соединения с одновременным сокращением количества вносимых пестицидов положительно отразилось на урожайности картофеля и качестве клубней (табл. 4). Урожайность картофеля увеличилась на 59—60 ц/га. Практически она была одинаковой в вариантах 2 и 3. Возрос выход стандартных клубней в среднем на 4%, а пораженность болезнями (в основном фитофторозом

и паршой) снизилась на 4%. По содержанию крахмала и нитратов в клубнях картофеля варианты практически не различались.

При возделывании картофеля в 1991 г. для защиты растений от колорадского жука была проведена одна обработка, а от фитофтороза 3 (табл. 5).

Для защиты картофеля от колорадского жука использовали синтетические пиретроиды: децис и сумицидин и фосфорорганическое соединение фталофос. Их результативность в борьбе с вредителем была высокой, и повторной обработки не потребовалось как при использовании их в рекомендованных нормах, так и в сниженных в 2 раза для сумицидина и фталофоса и в 5 раз для дециса при условии, что они применялись в смеси с ТЭС.

Первая обработка проводилась баковыми смесями, содержащими инсектициды и фунгициды (контактные — цинеб, поликарбозин, полихом — и системный — арцерид). Существенных различий в действии контактных и системных препаратов при их совместном применении с ТЭС в этот период не установлено. Повторная обработка против фитофтороза осуществлена во всех вариантах в один и тот же срок. Однако к этому времени степень распространения заболевания в варианте 1 была несколько выше, чем в остальных. Это свидетельствовало о том, что кремний, входящий в состав ТЭС, способствовал снижению зараженности растений, повысив устойчивость картофеля к фитофторозу. Это согласуется с имеющимися литературными сведениями.

Повторная обработка во всех вариантах, кроме 4-го и 5-го, проведе-

Урожайность картофеля и качество клубней в 1990 г.

Показатель	Вариант		
	1	2	3
Урожайность, ц/га	205,0	264,8	263,9
Стандартные клубни, %	87,4	91,0	92,2
Крахмал, %	16,1	16,0	16,2
NO ₃ , мг/кг	150,0	164,0	163,0
Анализ клубней, %:			
здоровые	79,9	87,8	91,3
пораженные	20,1	12,2	8,7
в т.ч.:			
механические повреждения	10,0	6,5	2,8
больные	10,1	5,7	5,9
из них:			
фитофторозом	6,1	3,6	3,7
паршой обыкновенной	4,0	2,1	2,2
Мелкие клубни	9,1	3,6	3,6

Примечание. НСР₀₅ по урожаю 20,4 ц/га.

на системными фунгицидами (арцеридом или тубаридом). В вариантах 4 и 5 вновь был применен поликарбозин. Для защиты картофеля от фитофтороза этих двух опрыскиваний оказалось достаточно при совместном использовании фунгицидов и ТЭС, даже в тех вариантах (2, 4, 6, 8), где нормы их расхода сокращены в 2 раза.

В варианте 1 до конца вегетации провели еще одно опрыскивание тубаридом. Следовательно, в 1991 г. для защиты картофеля от фитофтороза и колорадского жука потребовалось 3-кратное применение фунгицидов и однократное — инсектицидов. При использовании ТЭС в смеси с инсектофунгицидами достаточно было 2-кратного опрыскивания растений фунгицидами.

Ко времени уборки картофеля пораженность растений фитофторозом несколько возросла, но в целом ботва картофеля оставалась зе-

леной. Меньше всего пострадали от болезни растения вариантов 8 и 9, где оба опрыскивания проведены системными препаратами в смеси с ТЭС. При этом заметных различий в окраске листьев и степени их пораженности в данных вариантах не обнаружено.

Урожайность картофеля в полной степени соответствовала состоянию растения (табл. 6). В вариантах 1 и 5 урожай был практически равным 240—249 ц/га, в вариантах 8 и 9 получена достоверная прибавка урожая. Здесь дважды использовали системные фунгициды в смеси с ТЭС.

Необходимо отметить, что сокращение доз препаратов и применение ТЭС позволили увеличить выход товарной фракции в среднем на 5%. Содержание в клубнях крахмала и нитратов практически было на одном уровне во всех вариантах и составляло соответственно от 15,2 до 15,6% и от 184 до 199 мг/кг.

Т а б л и ц а 5

Пестициды, примененные для защиты картофеля в 1991 г.
(кг/га, л/га по препарату)

Вариант	Срок применения пестицидов			Всего внесено
	24.06	11.07	07.08	
1	Цинеб, 2,7 + децис, 0,3	Арцерид, 2,5	Тубарид, 2,5	8,0
2	Цинеб, 1,3 + децис, 0,06 + ТЭС	Арцерид, 1,0 + ТЭС		2,36
3	Цинеб, 2,7 + децис, 0,3 + ТЭС	Арцерид, 2,5 + ТЭС		5,5
4	Сумицидин, 0,15 + поликарбоцин, 1,2 + ТЭС	Поликарбоцин, 1,2 + ТЭС		2,55
5	Сумицидин, 0,3 + поликарбоцин, 2,7 + ТЭС	Поликарбоцин, 2,7 + ТЭС		5,7
6	Фталофос, 2,0 + полихом, 1,4 + ТЭС	Тубарид, 1,0 + ТЭС		4,4
7	Фталофос, 4,0 + полихом, 2,8 + ТЭС	Тубарид, 2,5 + ТЭС		9,3
8	Децис, 0,06 + арцерид, 1,0 + ТЭС	Тубарид, 1,0 + ТЭС		2,06
9	Децис, 0,3 + арцерид, 2,5 + ТЭС	Тубарид, 2,5 + ТЭС		5,3

Т а б л и ц а 6

Урожайность картофеля и качество клубней в 1991 г.

Вариант	Урожайность, ц/га	Стандартные клубни, %	Крахмал, %	NO ₃ , мг/кг
1	240	88,3	15,5	196
2	246	92,8	15,2	189
3	249	94,0	15,6	190
4	243	93,6	15,5	184
5	244	93,6	15,6	186
6	241	93,9	15,4	199
7	242	93,0	15,4	193
8	258	94,5	15,5	193
9	260	94,4	15,5	184
НСР ₀₅	18,2	—	—	—

Таким образом, 3-летние исследования показали высокую эффективность совместного применения ТЭС с инсектофунгицидами в системе защиты картофеля, возможность снижения норм расхода препаратов и, что самое главное для практиков, возможность сокращения кратности внесения фунгицидов в борьбе с фитофторозом с 4—3 до 2. Все это позволяет существенно снизить затраты на применение пестицидов.

В настоящее время в системе проблем химической защиты растений большое значение приобретает обеспечение экологической безопасности окружающей среды при использовании пестицидов.

В связи с этим в схему полевых опытов были включены препараты, относящиеся к различным классам опасности и обладающие разной биологической активностью.

Для оценки агроэкологической ситуации, сложившейся при использовании для защиты картофеля инсектофунгицидов, включенных в схему опыта 1989 г., мы применяли формулы, предложенные в [2]. Полученные результаты представлены в табл. 7.

Максимальная экотоксикологическая доза соответствовала варианту 1, где проведено 4 обработки. При сокращении количества обработок до 2 (варианты 2—5) она снизилась до 5,4—2,4 кг/га. С учетом

Т а б л и ц а 7

Оценка агроэкологической ситуации при использовании инсектофунгицидов для защиты картофеля в 1989 г.

Вариант	Экотоксикологическая доза ДЭК, кг/га	Пестицидная нагрузка, усл. кг/га	АЭТИ	Класс опасности
1. Децис, 0,3; цинеб, 5,2; арсерид, 2,5; поликарбозин, 2,5; сумицидин, 0,3	10,8	5,4	2,12	Средне-опасный
2. Децис, 0,3; цинеб, 2,6; арсерид, 2,5	5,4	2,9	0,33	Мало-опасный
3. Децис, 0,06; цинеб, 1,3; арсерид, 1,0	2,36	1,3	0,03	»
4. Сумицидин, 0,3; поликарбозин, 2,5; тубарид, 2,5	5,3	2,3	0,16	»
5. Сумицидин, 0,15; поликарбозин, 1,2; тубарид, 1,0	2,35	1,0	0,02	»

гигиенической характеристики препаратов и скорости самоочищения почвы прогнозируемое пестицидное загрязнение, выраженное в условных единицах, было максимальным также в варианте 1 (5,4 усл. кг/га). Расчет агроэкологического индекса (АЭТИ), характеризующего степень опасности загрязнения почвы в этом

варианте, равен 2,12, что свидетельствует о средней опасности данного ассортимента пестицидов.

Во всех других вариантах АЭТИ менее 1, что указывает на малую опасность применения пестицидов, не требующую специального контроля за их внесением. Наименьших значений (0,02—0,03) АЭТИ дости-

гал при сокращении как норм расхода, так и кратности применения препаратов (варианты 3 и 5). Аналогичные данные были получены и в опытах 1990 и 1992 гг. Во все годы исследования при использовании смесей пестицидов с ТЭС остаточные количества препаратов в клубнях картофеля не обнаружены.

Заключение

На основании анализа результатов исследований за 3 года можно однозначно сделать следующее заключение. Использование кремнийорганического соединения ТЭС с пестицидами повышало эффективность их действия, а также устойчивость растений к вредным объектам. Снижение нормы расхода (на 5%) и кратности применения фунгицидов (с 4 до 2) при их использовании совместно с ТЭС способствовало увеличению урожайности картофеля, выхода стандартных клубней и снижению пораженности их грибными заболеваниями. Все это дает возможность снизить себестоимость производства картофеля и практически исключить загрязнение почвы и продукции остаточными количествами пестицидов (АЭТИ 0,02—0,03).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алешин Е.Н.* Кремнефильность риса. — Автореф. докт. дис. Крас-

нодар, 1992. — 2. *Васильев В.П., Кавецкий В.Н., Бублик Л.И.* Интегральная классификация пестицидов по степени опасности и оценка потенциального загрязнения окружающей среды. — *Агрехимия*, 1989, вып. 6, с. 97—100. — 3. *Дорожкина Л.А., Груздев Г.С., Малюганов В.А., Краснощеков В.В., Раскатов В.А.* Влияние кремнийорганических добавок на эффективность гербицидов в виноградниках. — *Изв. ТСХА*, 1989, вып. 3, с. 72—76. — 4. *Ермолаев А.А.* Роль кремния в повышении урожайности винограда, кукурузы и сахарной свеклы. — Автореф. докт. дис. М., 1993. — 5. *Саева Н.Н.* Применение тетраэтоксисилана для повышения урожайности и экологической безопасности пестицидов. — Автореф. канд. дис. М., 1995. — 6. Список химических и биологических средств борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками и регуляторов роста растений, разрешенных для применения в сельском хозяйстве на 1986—1990 гг. М., 1987. — 7. *Чуприков Ю.К., Антоненко Т.В.* Пищевой режим дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур под влиянием кремниевой кислоты. — Сб.: *Вопр. агрохимии азота*. М.: ТСХА, 1982, с. 82—86.

Статья поступила 1 февраля 1996 г.

SUMMARY

In a series of field experiments the possibility to use less insecticides and fungicides and the ratio of their application for controlling Colorado potato beetle and potato blight with introducing into the liquid the pesticides of silicon-organic compound — tetraetoxisilane (TES) has been shown. Reduction of ecotoxicological dose of pesticides from 11 to 5—2 kg/ha with using TES was accompanied by the increase in potato yield by 9—29% and lower potential soil pollution. Agroecotoxicological index (AETI) which characterizes the danger of the set of pesticides used for potato protection is decreased from 2.1 to 0.3—0.02, which shows the change from mid-dangerous to low-dangerous application of chemicals for plant protection.