

**Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование  
Российской Федерации**

---

**4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ**

**Определение остаточных количеств  
пестицидов в пищевых продуктах,  
сельскохозяйственном сырье и объектах  
окружающей среды**

**Сборник методических указаний**

**Выпуск 4  
Часть 2  
МУК 4.1.1430—4.1.1433—03**

**Москва • 2004**

УТВЕРЖДАЮ

Главный государственный санитарный  
врач Российской Федерации,  
Первый заместитель Министра  
здравоохранения Российской  
Федерации

Г. Г. Онищенко

24 июня 2003 г.

Дата введения: 30 июня 2003 г.

## 4.1. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ. ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

### Определение остаточных количеств Римсульфурина в клубнях картофеля методом высокочастотной жидкостной хроматографии

Методические указания  
**МУК 4.1.1432—03**

#### 1. Вводная часть

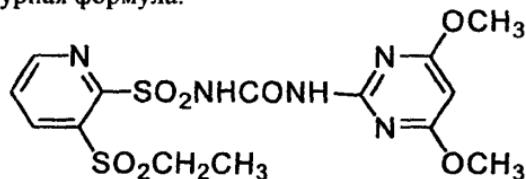
Фирма производитель: Дюпон.

Торговое название: Титус.

Название действующего вещества по ИСО: Римсульфурон.

Название действующего вещества по ИЮПАК: 1-(4,6-диметокси-4,5-дигидро-2-изопримидин-2-ил)-3-(3-этилсульфонил-2-пиридилсульфонил) мочевина.

Структурная формула:



Эмпирическая формула: C<sub>14</sub>H<sub>17</sub>N<sub>5</sub>O<sub>7</sub>S<sub>2</sub>

М. м. 431,4

Химически чистый Римсульфурон представляет собой белый кристаллический порошок без запаха.

Температура плавления: 176—178 °С.

Давление паров  $1,7 \cdot 10^{-3}$  мПа (при 25 °С).

Коэффициент распределения октанол – вода  $K_{ow} \log P = 0,288$  (рН 5) – 1,47 (рН 7).

Растворимость в воде (мг/л, 25 °С): 135 (рН 5), 7 300 (рН 7), 5 560 (рН 9).

Растворимость в органических растворителях (г/л при 20 °С): ацетон – 14,8, ацетонитрил – 17,2, этилацетат – 2,85, гексан < 0,01, метанол – 1,55, хлористый метилен – 35,5, N,N-диметилформамид – 241,0.

Константа диссоциации  $pK_a$  (при 25 °С) – 4,0.

Стабилен при температуре 55 °С. Гидролизуется в водных растворах:  $DT_{50}$  4,6 дней (рН 5), 7,2 дня (рН 7), 0,3 дня (рН 9).

Римсульфурон быстро разлагается в почве. Подвергается, главным образом, химическому гидролизу и в очень малой мере микробиологической деградации. Скорость деградации зависит от рН;  $DT_{50}$  в почве составляет 10—20 дней (в лабораторных условиях).

В устойчивых растениях быстро разлагается до нетоксичных компонентов ( $DT_{50}$  в кукурузе – 6 ч).

*Краткая токсикологическая характеристика.* Римсульфурон относится к малоопасным соединениям по острой оральной (ЛД<sub>50</sub> для крыс составляет более 5 000 мг/кг) и дермальной (ЛД<sub>50</sub> для кроликов более 2 000 мг/кг) токсичности и умеренно опасным веществам по ингаляционной (ЛК<sub>50</sub> для крыс (4 ч) более 5,4 мг/л) токсичности. Не вызывает покраснения кожи, слабо раздражает слизистую оболочку глаз. Не проявляет тератогенных и мутагенных свойств.

В России установлены следующие гигиенические нормативы для Римсульфурана:

ДСД – 0,02 мг/кг массы тела человека;

ОДК в почве – 0,03 мг/кг;

МДУ (мг/кг): кукуруза, картофель – 0,01.

*Область применения препарата.* Римсульфурон – гербицид системного действия, проникающий через корни и листья растений и ингибирующий биосинтез изолейцина и валина. Рекомендуется как послевсходовый гербицид для подавления однолетних и многолетних злаковых и некоторых широколистных сорняков на посевах кукурузы. Также используется на посадках картофеля и томатов. Хорошо подавляет развитие чувствительных к нему сорняков при норме расхода 15 г д.в./га.

**2. Методика определения остаточных количеств Римсульфурина  
в клубнях картофеля методом высокоеффективной  
жидкостной хроматографии**

**2.1. Основные положения**

**2.1.1. Принцип метода**

Методика основана на определении Римсульфурина методом высокоеффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с использованием ультрафиолетового детектора после его экстракции из образцов органическим растворителем, очистки экстракта путем перераспределения между двумя несмешивающимися органическими растворителями и на концентрирующих патронах на основе силикагеля (Диапак-Амин). Идентификация веществ проводится по времени удерживания, а количественное определение методом абсолютной калибровки.

**2.1.2. Метрологическая характеристика метода**

Метрологическая характеристика метода представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Метрологическая характеристика метода**

Метрологические параметры, $p = 0,95$ , $n = 20$					
анализируемый объект	предел обнаружения, мг/кг (мг/л)	диапазон определяемых концентраций, мг/кг (мг/л)	среднее значение определения, %	стандартное отклонение, S	доверительный интервал среднего результата, %, ±
Картофель	0,01	0,01—0,1	74,45	1,7	2,11

Таблица 2

**Полнота определения Римсульфурина в клубнях картофеля  
(5 повторностей для каждой концентрации)**

Среда	Внесено Римсульфурина, мг/кг (мг/л)	Обнаружено, мг/кг (мг/л)	Доверительный интервал, ±	Полнота определения, %
Клубни картофеля	0,01	0,00743	0,0001	74,30
	0,02	0,01482	0,0004	74,10
	0,05	0,03650	0,0008	73,00
	0,10	0,07640	0,0008	76,40
среднее				74,45

### *2.1.3. Избирательность метода*

В предлагаемых условиях метод специфичен в присутствии пестицидов, применяемых при выращивании картофеля.

### *2.2. Реактивы, растворы, материалы и оборудование*

#### *2.2.1. Реактивы, материалы и растворы*

Римсульфурон, аналитический стандарт с содержанием д.в. 98,8 %, фирма Дюпон	
Ацетонитрил	ТУ 6-09-3534--87
Вода бидистиллированная, деионизированная	ГОСТ 7602—72
Гексан, ч	ТУ 6-09-3375—78
Гелий, осч	
Калий марганцово-кислый, чда	ГОСТ 20490—75
Кислота ортофосфорная, хч	ГОСТ 6552—80
Кислота уксусная, ледяная	ГОСТ 61—75
Натрий серно-кислый, безводный, хч	ГОСТ 4166—76
Натрий хлористый, хч	ГОСТ 4233—77
Натрия гидроокись, хч	ГОСТ 4328—77
Подвижная фаза для ВЭЖХ: ацетонитрил – 400 мл, 0,1 %-ный водный раствор ортодифосфорной кислоты – 600 мл	
Концентрирующие патроны	
Диапак-Амин (0,6 г), Диапак С	ТУ 4215-002-05451931—94
Фильтры бумажные, «красная лента»	ТУ 6-09-1678—86
Хлороформ, ч	ГОСТ 20015—74
Этиловый эфир уксусной кислоты	ГОСТ 223000—76
Фильтры для очистки растворителей, диаметром 20 мм с отверстиями пор 20 мкм, фирма Уотерс.	
Aлонж прямой с отводом для вакуума для работы с концентрирующими патронами	
Диапак-Амин	
Ванна ультразвуковая	
Весы аналитические ВЛА-200, или аналогичные	ГОСТ 34104—80 Е

## МУК 4.1.1432—03

Весы лабораторные общего назначения, с наибольшим пределом взвешивания до 500 г и пределом допустимой погрешности $\pm 0,038$ г	ГОСТ 19491—74
Воронки делительные на 250 и 500 мл	ГОСТ 25336—82Е
Воронки конические, стеклянные диаметром 50—60 мм	ГОСТ 25336—82Е
Встряхиватель механический или аналогичный	ТУ 64-673М
Колбы конические плоскодонные на 250 и 500 мл	ГОСТ 9737—70
Колбы мерные на 25, 50 и 100 мл	ГОСТ 1770—74
Колонка хроматографическая стальная, длиной 250 мм, внутренним диаметром 4,6 мм, Symmetry Shield RP 18, зернением 5 мкм	
Концентраторы грушевидные и круглодонные, объемом 50, 100 и 250 мл, КГУ-100-14/19	ГОСТ 10394—75
Микрошприц для жидкостного хроматографа на 50—100 мкл	
Насос водоструйный	ГОСТ 10696—75
Пипетки мерные на 0,2; 1,0; 2,0; и 5,0 мл	ГОСТ 20292—74
Ротационный вакуумный испаритель ИР-1М или аналогичный	ТУ 25-11-917—74
Стаканы стеклянные на 100—500 мл	ГОСТ 25366—80Е
Хроматограф жидкостный «Уотерс 510» с ультрафиолетовым детектором с изменяемой длиной волны и чувствительностью не ниже 0,005 единиц адсорбции на шкалу или другой аналогичного типа.	

### 2.3. Подготовка к определению

#### 2.3.1. Подготовка и кондиционирование колонки для жидкостной хроматографии

Колонку Symmetry Shield RP 18 устанавливают в терmostате хроматографа и стабилизируют при температуре 25 °С и скорости потока подвижной фазы 1 мл/мин в течение 3—4 ч.

### 2.3.2. Подготовка растворителей

Перед началом эксперимента проверяют чистоту гексана, этил-ацетата и хлороформа. Для этого досуха упаривают на ротационном вакуумном испарителе 100 мл растворителя, добавляют в концентратор 2 мл ацетонитрила, тщательно обмывают стеки концентратора и хроматографируют при 230 нм. При недостаточной чистоте растворителей проводят их очистку.

Гексан встряхивают с концентрированной серной кислотой, промывают бледно-розовым раствором марганцово-кислого калия до тех пор, пока раствор не перестанет обесцвечиваться, затем промывают водой, сушат над безводным хлористым кальцием и перегоняют (Гордон А., Форд Р. Спутник химика. Москва, 1976, с. 441).

Хлороформ встряхивают с концентрированной серной кислотой, промывают водой, сушат над безводным хлористым кальцием и перегоняют (Гордон А., Форд Р. Спутник химика. Москва, 1976, с. 443).

Этиловый эфир уксусной кислоты промывают равным объемом 5 %-ного раствора соды, сушат над безводным хлористым кальцием (Беккер Г. И др. Органикум. Москва, 1979, с. 372), кипятят в точеннице с прокаленным сульфатом магния и затем перегоняют.

Бидистиллят кипятят в течение 6 ч с марганцово-кислым калием, добавленным из расчета 1 г/л, и затем перегоняют.

Магний серно-кислый 7-водный прокаливают в течение 5 ч (до полного испарения воды).

### 2.3.3. Приготовление стандартных растворов

Взвешивают 100 мг Римсульфурана в мерной колбе объемом 100 мл. Навеску растворяют в ацетонитриле и доводят объем до метки ацетонитрилом (стандартный раствор с концентрацией Римсульфурана 1,0 мг/мл). Затем 10,0 мл стандартного раствора с концентрацией 1,0 мг/мл отбирают пипеткой в мерную колбу объемом 100 мл и доводят объем до метки ацетонитрилом при перемешивании (стандартный раствор с концентрацией Римсульфурана 100,0 мкг/мл). Стандартные растворы можно хранить в холодильнике в течение месяца. Для хроматографического исследования и внесения в контрольные образцы из стандартного раствора с концентрацией 100 мкг/мл методом последовательного разведения ацетонитрилом готовят растворы, содержащие по 5,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,2 и 0,1 мкг/мл Римсульфурана.

### *2.3.4. Приготовление растворов для проведения анализа*

#### *2.3.4.1. Приготовление 0,05 М фосфатного щелочного буфера с pH 9.*

В мерную колбу объемом 1 000 мл помещают 800 мл дистиллированной воды и растворяют в ней 8,75 г калия фосфорно-кислого двузамещенного и 100 г хлористого натрия, доводят pH по потенциометру до 9,0, используя 1 М раствор гидроксида натрия, после чего доводят раствор до метки дистиллированной водой.

#### *2.3.4.2. Приготовление 0,1 %-ного раствора уксусной кислоты в этилацетате.*

В мерную колбу объемом 100 мл помещают 50 мл этилацетата и туда же добавляют 0,1 мл ледяной уксусной кислоты и доводят до метки этилацетатом, тщательно перемешивая. Раствор используют для элюирования Римсульфурина с концентрирующего патрона Диапак С.

#### *2.3.4.3. Приготовление 2 %-ного раствора уксусной кислоты в этилацетате.*

В мерную колбу объемом 100 мл помещают 50 мл этилацетата и туда же добавляют 2,0 мл ледяной уксусной кислоты и доводят до метки этилацетатом, тщательно перемешивая. Раствор используют для элюирования Римсульфурина с концентрирующего патрона Диапак-Амин.

### *2.3.5. Приготовление растворов для жидкостной хроматографии*

Для приготовления подвижной фазы используют свежеперегнанный ацетонитрил и очищенную воду.

#### *2.3.5.1. Приготовление 0,1 %-ного раствора ортофосфорной кислоты.*

В мерную колбу объемом 1 000 мл наливают 500 мл очищенной воды, добавляют туда 1 мл концентрированной ортофосфорной кислоты, перемешивают, доводят до метки очищенной водой и тщательно перемешивают.

#### *2.3.5.2. Приготовление подвижной фазы для ВЭЖХ.*

В плоскодонную колбу объемом 1 л помещают 400 мл ацетонитрила и 600 мл 0,1 %-ного раствора ортофосфорной кислоты. Смесь тщательно перемешивают, пропускают через нее газообразный гелий со скоростью 20 мл/мин в течение 5 мин, после чего помещают в ультразвуковую ванну для удаления растворенных газов на 1 мин. Полученный раствор используют в качестве подвижной фазы.

### *2.3.6. Построение калибровочного графика*

Для построения калибровочного **графика** вводят в хроматограф последовательно 3 раза по 20 мкл **каждого** из стандартных растворов, содержащих Римсульфурон, с концентрациями 1,0; 0,5; 0,2 и 0,1 мкг/мл, измеряют площадь пиков, рассчитывают среднее значение площади пика для каждой концентрации и строят график зависимости площади пика от концентрации Римсульфуриона.

### *2.3.7. Подготовка концентрирующего патрона Диапак-Амин (0,6 г) для очистки экстракта*

Все процедуры происходят с использованием вакуума, скорость потока растворов через патрон не должна превышать 5 мл/мин.

Патрон Диапак-Амин устанавливают на **лонж** с отводом для вакуума, сверху в патрон вставляют шприц с разъемом типа Люор объемом не менее 10 мл (используют как емкость для элюентов).

Кондиционирование: концентрирующий патрон промывают 10 мл этилацетата. Элюат отбрасывают. Нельзя допускать высыхания поверхности концентрирующий патрона!

#### *2.3.7.1. Проверка хроматографического Поведения Римсульфуриона на концентрирующем патроне Диапак-Амин.*

Из стандартного раствора Римсульфуриона в ацетонитриле, содержащего 1 мкг/мл, отбирают 2 мл, помещают в круглодонную колбу объемом 100 мл и упаривают на ротационном вакуумном испарителе досуха при температуре не выше 30 °С. Сухой остаток растворяют в 5 мл этилацетата, помещают на 30 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывают стенки концентратора и полученный раствор вносят на концентрирующий патрон. Затем в концентратор добавляют 5 мл этилацетата, обмывают стенки концентратора и полученный раствор также вносят на концентрирующий патрон. Элюат собирают в концентратор, упаривают досуха, сухой остаток растворяют в 2 мл ацетонитрила, помещают на 30 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывают стенки концентратора и хроматографируют. Концентратор тщательно обмывают 10 мл 0,1 %-ной уксусной кислоты в этилацетате и смесь также вносят на концентрирующий патрон. Элюат собирают в концентратор, упаривают досуха, сухой остаток растворяют в 2 мл ацетонитрила, помещают на 30 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывают стенки концентратора и хроматографируют.

Римсульфурон элюируют с концентрирующего патрона 10 мл 2 %-ной уксусной кислоты в этилацетате порциями по 5 мл, элюат

после внесения каждой порции упаривают досуха на ротационном вакуумном испарителе при температуре не выше 30 °С. Остатки уксусной кислоты отдувают холодным воздухом. Сухой остаток растворяют в 2 мл ацетонитрила, помещают на 30 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывают стенки концентратора и хроматографируют. Определяют фракции, содержащие Римсульфурон, и объединяют их.

#### **2.4. Отбор проб**

Отбор проб производится в соответствии с «Унифицированными правилами отбора проб сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов» (N 2051—79 от 21.08.79). Отобранные пробы картофеля хранят в полиэтиленовой таре в морозильной камере при температуре -18 °С.

#### **2.5. Описание определения**

##### **2.5.1. Клубни картофеля**

*Экстракция и предварительная очистка.* Образец измельченных клубней картофеля массой 20 г помещают в коническую колбу объемом 250 мл, прибавляют 50 мл ацетонитрила и экстрагируют на ультразвуковой ванне в течение 5 мин и дополнительно 5 мин на механическом встряхивателе. Экстракцию повторяют еще два раза, используя по 50 мл ацетонитрила и экстрагируя на ультразвуковой ванне 5 мин и дополнительно 5 мин на механическом встряхивателе. Экстракт фильтруют в делительную воронку объемом 500 мл через фильтр «красная лента». В ту же воронку добавляют 50 мл гексана и интенсивно встряхивают в течение 2 мин. После полного разделения фаз нижний ацетонитрильный слой собирают в химический стакан объемом 250 мл, а верхний гексановый слой отбрасывают.

Затем ацетонитрильный экстракт возвращают в делительную воронку и промывают еще раз 50 мл гексана. После полного разделения слоев нижний ацетонитрильный слой собирают в концентратор через ватный тампон, верхний гексановый слой отбрасывают. Ацетонитрильный экстракт упаривают до водного остатка при температуре не выше 30 °С.

К водному остатку в концентраторе добавляют 100 мл фосфатного буфера (0,05 М K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, pH 9), тщательно обмывают стенки концентратора и раствор переносят в чистую делительную воронку. К раствору в делительной воронке добавляют 50 мл хлороформа и

интенсивно встряхивают в течение 2 мин. После полного разделения фаз нижний слой (хлороформ) отбрасывают. Водный остаток в делительной воронке промывают еще раз 50 мл хлороформа, хлороформ отбрасывают, а водный остаток переносят в химический стакан емкостью 100 мл и подкисляют 0,1 М раствором феофорной кислоты до pH 3,5 (по потенциометру).

Подкисленный водный раствор переносят в делительную воронку, добавляют туда же 50 мл гексана и интенсивно встряхивают в течение 2 мин. После полного разделения фаз нижний водный слой собирают в химический стакан объемом 100 мл, и гексан отбрасывают. Водный остаток возвращают в делительную воронку и промывают еще раз 50 мл гексана. Собирают в концентратор объемом 250 мл, пропуская через слой безводного сульфата натрия толщиной 1 см. Экстракцию повторяют еще двумя порциями ацетонитрила по 20 мл, экстракты объединяют и упаривают досуха при температуре не выше 30 °С.

*Очистка экстракта.* Сухой остаток растворяют в 5 мл этилацетата, помещают на 30 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывают стенки концентратора и полученный раствор вносят в концентрирующий патрон. Затем в концентратор добавляют 5 мл этилацетата, обмывают стенки концентратора и полученный раствор также вносят в концентрирующий патрон. Концентратор тщательно обмывают 10 мл 0,1%-ной уксусной кислоты в этилацетате и смесь также вносят в концентрирующий патрон. Элюят отбрасывают.

Римсульфурон элюируют с концентрирующего патрона 10 мл 2%-ной уксусной кислоты в этилацетате, элюят упаривают досуха на ротационном вакуумном испарителе при температуре не выше 30 °С. Сухой остаток растворяют в 2 мл ацетонитрила, помещают на 5 с в ультразвуковую ванну, тщательно обмывая стенки колбы, и аликвоту 20 мкл вводят в хроматограф.

## 2.6. Условия хроматографирования и обработка результатов

### 2.6.1. Условия хроматографирования

Хроматограф «Waters» или другой с аналогичными характеристиками с ультрафиолетовым детектором с изменяемой длиной волны.

Колонка стальная Symmetry Shield RP 18, 4,6 мм x 25 см, твернением 5 мкм.

Предколонка Symmetry Shield RP 18, 4,6 мм x 2 см, твернением 5 мкм.

## МУК 4.1.1432—03

Время выхода Римсульфурана 9,24—9,81 мин.

Альтернативная колонка Symmetry Shield RP 18, 4,6 мм х 25 см, зернением 5 мкм.

Время выхода Римсульфурана 12,91—13,73 мин.

Температура колонки: 25 °С.

Подвижная фаза: ацетонитрил – 0,1 % ортофосфорная кислота в соотношении 40 : 60.

Чувствительность 0,005 ед. оптической плотности на шкалу.

Объем вводимой пробы 20 мкл.

Линейный диапазон детектирования сохраняется в пределах 2—20 нг.

### 2.6.2. Обработка результатов анализа

Содержание Римсульфурана рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{S_{np} \cdot A \cdot V}{100 \cdot S_{cm \cdot m}} \cdot P, \text{ где}$$

$X$  — содержание Римсульфурана в пробе, мг/кг или мг/л;

$S_{cm}$  — высота (площадь) пика стандарта, мм;

$S_{np}$  — высота (площадь) пика образца, мм;

$A$  — концентрация стандартного раствора, мкг/мл;

$V$  — объем экстракта, подготовленного для хроматографирования, мл;

$m$  — масса анализируемого образца, г (мл);

$P$  — содержание Римсульфурана в аналитическом стандарте, %.

### 3. Требования техники безопасности

Необходимо соблюдать общепринятые правила безопасности при работе с органическими растворителями, токсичными веществами, электронагревательными приборами и сжатыми газами.

### 4. Разработчики

Калинин В. А., профессор, канд. с-х. наук, Довгилевич Е. В., канд. биол. наук, Калинина Т. С., канд. с-х. наук, Довгилевич А. В., канд. хим. наук, Устименко Н. В., канд. биол. наук.

Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева.

Учебно-научный консультационный центр «АгроЭкология пестицидов и агрохимикатов». 127550, Москва, Тимирязевская ул., д. 53/1. Телефон: (095) 976-37-68, факс: (095) 976-43-26.