

## ПОТЕНЦИАЛ УСТОЙЧИВОСТИ К МАТРИНБИО У ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА

Мешков Юрий Иванович<sup>1, 2</sup>, Яковлева Инна Николаевна, Маркова Екатерина Борисовна<sup>3</sup>,  
Захаренко Владимир Андреевич<sup>4</sup>, Муравьева Марина Владимировна<sup>5</sup>,  
Чередниченко Александр Генрихович<sup>3</sup>

133

<sup>1</sup> Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН  
г. Москва, РФ

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
Московская обл., Одинцовский р-н, р.п. Большие Вяземы, Российская Федерация

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, РФ

<sup>4</sup> Отделение сельскохозяйственных наук РАН, г. Москва, РФ

<sup>5</sup> ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, РФ

**Аннотация.** Тепличное производство овощных и декоративных культур сильно страдает от паутинных клещей из семейства Tetranychidae (Acariformes: Prostigmata). Агрохимикаты с акарицидной активностью, разрешённые для применения на территории Российской Федерации представлены 3 классами активных соединений. Постоянно идет формирования резистентности в популяциях фитофага. Выполнены комплексные исследования по разностороннему исследованию акарицидной активности биопестицида МатринБио, ВР (5 г/л матрина, созданного на экстракте корней софоры желтоватой *Sophora flavescens*). Пробит-анализ, проведенный с целью оценки уровня чувствительности к матрину у лабораторных популяций обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch, показал отсутствие кросс-резистентности в линиях паутинного клеща, высокоустойчивых к основным классам пестицидов акарицидного действия (авермектины, фосфорогранические и пиретроидные соединения). Выполненные исследования в виде «селекционных обработок» выявили к девяносто шестой генерации паутинного сформированную устойчивую популяцию.

**Ключевые слова:** обыкновенный паутинный клещ, *Tetranychus urticae*, МатринБио ВР (5 г/л), матрин, резистентность, кросс-резистентность, инсектоакарициды, биопрепараты, теплицы, растения

**Для цитирования:** Мешков, Ю. И., Яковлева, И. Н., Маркова, Е. Б., Захаренко, В. А., Муравьёва, М. В., Чередниченко, А. Г. Потенциал устойчивости к МатринБио у обыкновенного паутинного клеща // Агрофорсайт. — 2025. — № 5. — Саратов : ООО «ЦеСайн», 2025. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

### POTENTIAL FOR RESISTANCE TO MATRINBIO IN THE COMMON SPIDER MITE

Yuri Ivanovich Meshkov<sup>1, 2\*</sup>, Inna Nikolaevna Yakovleva, Ekaterina Borisovna Markova<sup>3</sup>, Vladimir Andreevich Zakharenko<sup>4</sup>, Marina Vladimirovna Muravyova<sup>5</sup>, Alexander Genrikhovich Cherednichenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of Organic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Phytopathology  
Moscow region, Odintsovsky district, rp. Bolshie Vyazemy, RF

<sup>3</sup> Russian University of Peoples' Friendship. P. Lumumba, Moscow, Russian Federation

<sup>4</sup> Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>5</sup> Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** Greenhouse production of vegetable and ornamental crops is severely affected by spider mites of the Tetranychidae family (Acariformes: Prostigmata). Agrochemicals with acaricidal activity approved for use in the Russian Federation represent three classes of active compounds. Resistance is constantly developing in phytophage populations. Comprehensive studies have been conducted to comprehensively investigate the acaricidal activity of the biopesticide MatrinBio, VR (5 g/L matrine, formulated with *Sophora flavescens* root extract). A probit analysis conducted to assess susceptibility to matrine in laboratory populations of the common spider mite *Tetranychus urticae* Koch revealed the absence of cross-resistance in spider mite lines highly resistant to the main classes of acaricidal pesticides (avermectins, organophosphorus, and pyrethroid compounds). The conducted "selective treatment" studies revealed a stable population by the ninety-sixth generation.

**Keywords:** common spider mite, *Tetranychus urticae*, MatrineBio VR (5 g/l), matrine, resistance, cross-resistance, insectoacaricides, biological products, greenhouses, plants

Общемировые требования к экологизации и биологизации систем защиты растений и к снижению рисков при использовании химических средств значительно возросли. В настоящее время решаются вопросы о постепенном переводе агропромышленного сектора экономики на альтернативные методы и технологии ведения сельского хозяйства, где приоритетными признаются биопестициды как часть интегрированной борьбы с вредителями для обеспечения безопасности окружающей среды и человека.

Вместе с тем биопестициды становятся неотъемлемым элементом интегрированной системы защиты растений, значительно дополняя ассортимент используемых химических соединений [Рябчинская и др., 2021].

Биопестициды - это типы пестицидов, получаемые из таких природных материалов, как животные, растения или бактерии. Поиск природных аналогов пестицидов растительного происхождения является одним из перспективных направлений развития биологизированных систем защиты растений.

Мировая практика в тепличных предприятиях основным методом регулирования численности паутинного клеща остается химический. Однако ввиду ограниченного ассортимента препаратов с акарицидной активностью проводятся многократные обработки одним и тем же пестицидом или родственной группой. Такая практика неизбежно приводит к возникновению устойчивости популяций фитофага к применяемым пестицидам. При развитии овощеводства и цветоводства в защищенном грунте в современных условиях возрастают требования к экологизации. Необходимы новые стратегические и тактические подходы к защите растений от вредителей. При интенсивных методах выращивания в течение всего года нередко отсутствует возможность проведения профилактических мероприятий, и специалисты вынуждены увеличивать кратность обработок растений акарицидами и инсектицидами, а нередко и норму расхода препарата. Это приводит к накоплению остатков препаратов и их токсических метаболитов в субстрате, растениях и плодах, резкому ухудшению условий труда рабочих в теплицах.

В практике человечества уже накоплено достаточно много данных по использованию веществ биологического, а не химического, синтеза. Известны нереистоксины – метаболиты морских колчательных червей, макроциклические лактоны – метаболиты актиномицетов, пиретрины – метаболиты астровых, азадирахтин – метаболит мелиевых. В 1958 году стало известно и еще об одном веществе растительного происхождения, а именно об алкалоиде матрине - метаболите бобовых из рода Софора. В системе химического метода защиты синтетические акарициды занимают особое место (Яковлева и др., 2011; Jakubowska et al., 2022). Однако к ним паутинные клещи способны формировать устойчивые популяции (Яковлева др.2016), появляется востребованность в биологических веществах. Матрины являются уникальными тетрацикло-хинолизидиновыми алкалоидами и обн аружены до сих пор только у представителей рода софора [Sun et al., 2012].



Рисунок 1. Растение рода Софора  
Источник: Интернет

В Восточной Азии произрастает несколько видов софор (сем. Fabaceae). Софора желтоватая, или желтеющая (*Sophora flavescens Ait.*) – многолетнее травянистое растение до 0,7 м высоты с многочисленными прямостоячими ветвистыми стеблями, густо покрытыми желтоватыми волосками. Листья непарноперистые, с 50 парами листочеков. Цветки бледно-жёлтые, собранные в густую кисть. Цветёт в июле. Бобы 50-70 мм длиной, тёмно-коричневые, с перетяжками между участками, заключающими семена. Корни имеют неприятный запах и горький вкус.

Корни и корневища софоры содержат до 1-2 % алкалоидов, в том числе изоматрин, матрин, матрин-N-оксид. Алкалоиды - это циклические соединения, содержащие в составе цикла или боковой цепи один или несколько атомов азота и по химической природе проявляющие свойства слабой щелочи

В тепличных комбинатах Российской Федерации одними из наиболее опасных вредителей возделываемых культур являются паутинные клещи сем. Tetranychidae. Для регуляции их численности в защищенном грунте на протяжении многих лет использовали химический метод защиты растений, в основном органические синтетические пестициды.

Поиск природных аналогов пестицидов растительного происхождения является одним из перспективных направлений развития биологизированных систем защиты растений. В сельскохозяйственном производстве разных стран разрабатываются и находят применение препараты, обладающие биологической эффективностью и экологической безопасностью.

Представителем биопестицидов растительного происхождения, занимающих особое место среди природных соединений благодаря широкому спектру действия, является алкалоид матрин, в «Каталог разрешенных в РФ пестицидов...» для применения на помидоре, огурце, розе (в защищенном и открытом грунте), сое, виноградниках и в садах инсектоакарицид МатринБио, ВР (5 г/л матрина) включен в 2020 году. Данный биопестицид может быть включен в интегрированную систему защиты тепличных культур.

Во всех крупных аграрных регионах мира отмечается интенсивный рост рынка биопестицидов и масштабный рост объемов применения биологических средств [Sokolov, Et. All. 2020]. Использование биопестицидов, однако, не отменяет риски, связанные с потенциалом развития к ним резистентности у растительноядных членистоногих (вредных насекомых и клещей) [Захаренко, 2001], особенно при увеличении объемов их применения в органических и обычных системах земледелия и массированном их применении [Монастырский, Першакова, 2009; El-Wakeil et al., 2013; Tangtrakulwanich, Reddy, 2014; Surendra, 2018]. Анализ данных мировой литературы свидетельствует о возможности развития членистоногих к различным типам биопестицидов, в т.ч. и растительного происхождения [Директива 2009]. Необходимо всесторонне исследовать биопестициды, способствующие совершенствованию антирезистентной программы подавления численности вредных членистоногих.

Цель исследований - влияние препарата МатринБио на паутинного клеща *Tetranychus urticae*. Задачей стало изучить потенциал развития резистентности обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* к препарату биологического происхождения в лабораторных условиях.

### **Материалы и методы**

Объектом исследований служили самки клещей. В качестве чувствительной использовали лабораторную популяцию обыкновенного паутинного клеща – S-внииф, более 30-ти лет не контактирующую с пестицидами. В программу мониторинга резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих вошли стандартные токсикологические методы.

Представитель биопестицидов растительного происхождения (с широким спектром действия) - алкалоид матрин, экстрагируемый из корней софоры желтоватой (*Sophora flavescens Ait.*) [Xin et al., 2016]. Матрин - один из основных алкалоидов, содержащийся в корнях софоры; впервые выделен и идентифицирован в 1958 году. Матрины уникальные тетрацикло-хинолизидиновые алкалоиды, обнаружены до сих пор только у представителей рода софора [Сакаева и др., 2001; Шретер и др., 2004; Sun et al., 2012].

Действующее вещество матрин является алкалоидом растений семейства Бобовых; относится к группе лупиновых алкалоидов (лупианы). Матрин обладает контактно-кишечным действием, при попадании в организм членистоногих действует на нервную систему, что приводит к прекращению питания и последующей гибели фитофага. Для теплокровных матрин низкотоксичен (3 класс опасности). Известны работы по оценке эффективности инсектоакарицида на основе матрина в сочетании с иными средствами защиты [Filgueiras et al., 2018]. Матрин относится к тетрациклохинолизидиновым алкалоидам. Структурная формула матрина показана на рисунке 2. Технический материал (90-98 % чистоты) представляет собой белый кристаллический порошок. Он хорошо растворяется в воде и органических растворителях. Экстракт матрина представляет собой тёмно-коричневую жидкость со слабым квасным запахом.

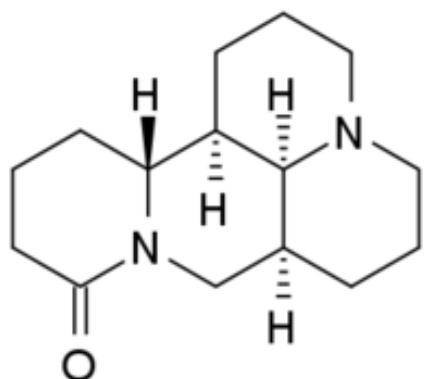


Рисунок 2. Структурная формула матрина (м. м. 248.364)

В Азии произрастает несколько видов софор (Яковлев, 1967). Софора желтоватая, или желтеющая *Sophora flavescens Ait.* (сем. Fabaceae) является многолетним растением до 1 м высоты с многочисленными ветвистыми стеблями, непарноперистыми листьями, с корнями специфического запаха (Ефремов, 2015). Софора желтеющая встречается на Дальнем Востоке и в Забайкалье. Основной ареал расположен в северо-восточной части Монгольской Даурии, в Китае, Корее и Японии.

Этот вид травянистого растения используется в народной медицине Сибири и Китая [Sun et al., 2012]. Основными биологически активными веществами софоры желтеющей являются флавоноиды, алкалоиды и полисахариды типа альфа-4,6-глюканы.

Кроме того, корни софоры желтеющей содержат тритерпеновые сапонины, жирные кислоты, эфирные масла, хиноны, кумарины и т.д. Из алкалоидного состава корней идентифицированы 12 хинолизидиновых алкалоидов трех групп – матрина, спартеина и цитизина, из которых большую часть составляют представители группы матрина (Ефремов, 2015).

Содержание суммы алкалоидов колеблется от 0,4 до 2,0 %, в составе которых преобладают матрин и оксиматрин (около 80% от суммы алкалоидов).

Выполнена оценка потенциала формирования резистентности паутинного клеща к МатринБио. Эксперименты выполняли на ранее выделенной сублинии (R-Матрин) из культивируемой в лаборатории чувствительной линии паутинного клеща *Tetranychus urticae* (S-ВНИИФ). Селективные обработки пестицидом осуществляли раз в месяц, т.е. в среднем через 2-3 генерации паутинного клеща.

Опыты проведены с использованием двулистковых черенков фасоли, заселенных паутинными клещами из расчёта около 100 самок на лист. Через сутки, после того как паутинные клещи закреплялись на листьях, растения обрабатывали методом погружения их в рабочие растворы пестицида. Учёт погибших и живых особей проводили на 3 сутки после обработки пестицидом. Оценку уровня резистентности самок паутинного клеща к МатринБио проводили через 8-10 генераций в течение отбора при возрастающих концентрациях пестицида. Также в процессе изучения скорости развития резистентности смертность самок клещей оценивали на 3-е сутки после каждой обработки, проводимой 1 раз в месяц (это в среднем примерно через 2-3 генерации паутинного клеща). Суммарно и последовательно должным образом обработки проводили в период развития 112-ти поколений фитофага в течение 2-х летнего периода (рис. 2). За это время концентрацию активного вещества постоянно увеличивали, сначала в 10 раз, а в дальнейшем - в 25, 50 и 70 раз по сравнению с исходной. По мере восстановления численности популяции паутинного клеща через 3-4 поколения проводили селектирующие обработки раствором препарата МатринБио с 250 мкг д.в./мл до 500 мкг д.в./мл. Полученные данные обрабатывали методом пробит-анализа для определения среднесмертельных концентраций ( $С_{K50}$ ,  $С_{K95}$ ) и показателей резистентности ( $ПР_{50}$ ,  $ПР_{95}$ ) клещей к испытуемому препарату в модификации Миллера-Тейнтара с помощью компьютерной программы PROB.

## Результаты

Сравнительная оценка лабораторных линий паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch, отселектированных на устойчивость к Вертимеку, КЭ (абамектин 18 г/л) с  $ПР_{50}$  16600, Фуфанон Эксперту, ВЭ (малатион 440 г/л) с  $ПР_{50}$  2200, Клиперу, КЭ (бифентрин 100 г/л) с  $ПР_{50}$  283 проведена для определения кросс-резистентности матрина (таблица 1).

**Таблица 1. – Чувствительность к биопестициду МатринБио, ВР 5 г/л самок обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch) из резистентных линий**

Популяция, (линия) клеща	Среднесмертельные концентрации по активному веществу		Показатель резистентности	
	СК <sub>50</sub> , мкг/мл	СК <sub>95</sub> , мкг/мл	ПР <sub>50</sub>	ПР <sub>95</sub>
S-ВНИИФ	2,6 (1,9÷3,9)	20 (9,6÷35,4)	1	1
R-вертимек (абамектин)	6,2 (5,9÷14,8)	67 (56÷88)	2,4	3,4
R-клипер (бифентрин)	15 (11÷20)	210 (150÷290)	5,8	10,5
R-фуфанон (малатион)	1,0 (0,9÷10,0)	10 (1,1÷94)	0,4	0,5

Установлено, что препарат МатринБио проявил высокую степень активности для всех лабораторных линий клеща, как чувствительной (СК<sub>50</sub> 2,6), так и резистентных к Вертимеку, Фуфанону Эксперту и Клиперу. Отсутствие кросс-резистентности к МатринуБио препаратов из других групп свидетельствует о возможности эффективного применения его в защищенном грунте на фоне использования различных химических групп инсектоакарицидов.

Для изучения скорости развития резистентности к МатринБио эксперименты выполняли на ранее выделенной сублинии (R-Матрин) из культивируемой в лаборатории чувствительной линии клеща *Tetranychus urticae* (S-ВНИИФ).

Проведена оценка потенциала формирования резистентности паутинного клеща к МатринБио в ходе отбора при возрастающих концентрациях пестицида.

В результате предварительной обработки самок паутинного клеща препаратом в низкой концентрации 2,5 мкг д.в./мл (что соответствует концентрации 0,05 % по препарату в рабочем растворе) был установлен среднелетальный уровень 32,7% (табл. 2). Основной концентрацией активного вещества в селектирующем растворе препарата в последующие две обработки была 10 мкг д.в./мл.

**Таблица 2. – Влияние селектирующих обработок препаратом МатринБио (д.в. матрин) на самок паутинного клеща (ВНИИФ, 2020-2023 гг.)**

Концентрация, мкг д.в./мл	№ обработки	Смертность самок клеща, % $x_{cp} \pm S_x$
2,5	предварительная	34,8 ± 13,4
10,0	1	84,8 ± 4,75
10,0	2	73,1 ± 12,4
100	3	95,5 ± 3,0
100	4	95,6 ± 3,0
100	5	93,8 ± 2,8
100	6	56,5 ± 13,8
250	7	73,2 ± 12,4
250	8	50,3 ± 9,5
500	9	90,8 ± 14,2

500	10	96,4 ± 12,4
500	11	93,6 ± 17,8
100	12	53,2 ± 10,9
250	13	82,8 ± 8,8
250	14	69,7 ± 14,2
250	15	82,6 ± 9,5
250	16	69,2 ± 5,0
250	17	45,6 ± 12,1
500	18	94,2 ± 3,9
500	19	85,2 ± 14,5
500	20	96,8 ± 1,7
500	21	65,4 ± 10,3
1000	22	87,7 ± 6,1
1000	23	99,3 ± 0,4
700	24	99,9 ± 2,5
700	25	89,0 ± 16,9
700	26	81,8 ± 13,4
700	27	82,8 ± 5,1
700	28	79,2 ± 9,2

Было установлено, что при начальном этапе, характеризующемся элиминацией наиболее чувствительных особей, длившемся до 11-12 поколения, смертность паутинных клещей достигала уровня 75-97%. При увеличении концентрации в 10 раз при последующих 4-х обработках смертность существенно снизилась; она также была низкой и после 9-й обработки при увеличении концентрации ещё в 25 раз. Таким образом, можно констатировать о быстрой элиминации чувствительных особей, что свидетельствует о роли матрина как фактора резистентности в популяции обыкновенного паутинного клеща.

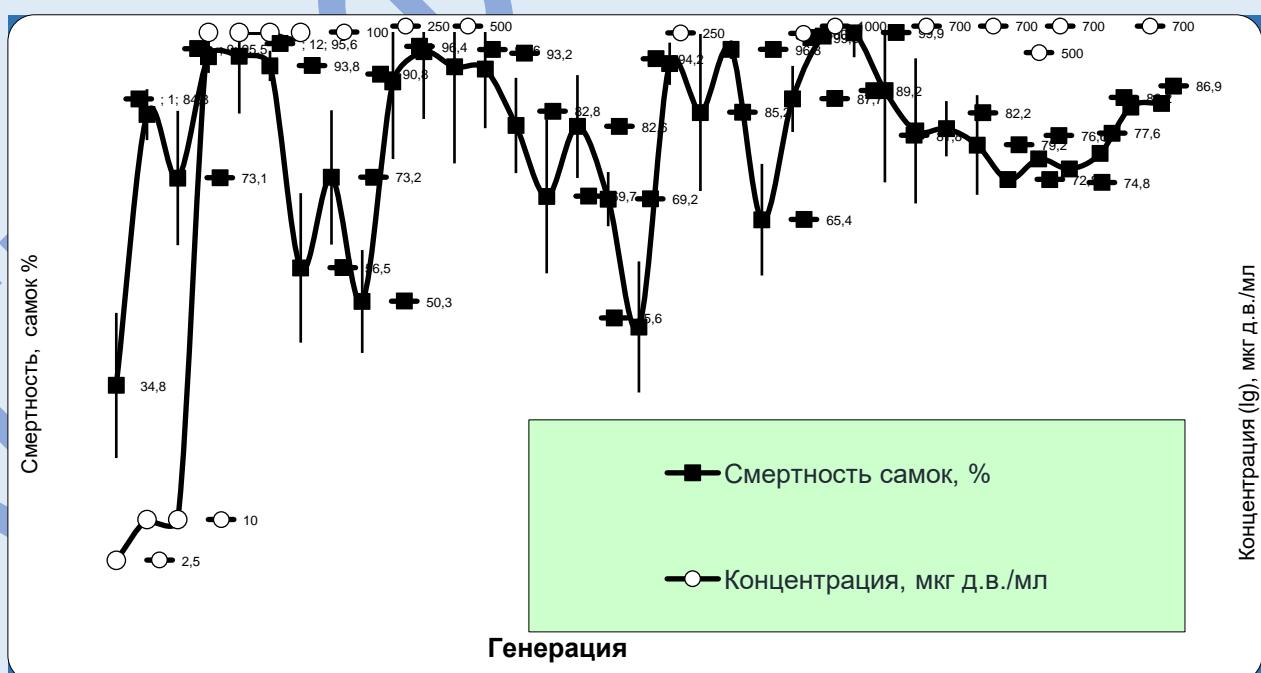


Рисунок 2. Изменение уровня смертности самок паутинного клеща (*Tetranychus urticae* Koch) при селектирующих обработках препаратом МатринБио с возрастанием концентраций матрина (мкг/мл) (ВНИИФ, 2020-2023 гг.)

**Таблица 3. – Смертность самок паутинного клеща в ходе селектирующих обработок препаратором МатринБио (д.в. матрин) (ВНИИФ, 2023 гг.)**

Поколение	Дата обработки	Концентрация		Смертность, %	
		% по преп.	ppm по д.в.		
118	17.01.23	10	0,05	500	72,8±6,4
120	22.02.23	14	0,07	700	76,6±4,9
122	23.03.23	14	0,07	700	74,8±6,4
125	25.04.23	14	0,07	700	77,6±8,3
128	27.05.23	14	0,07	700	86,2±9,4
131	05.07.23	14	0,07	700	86,9±5,9

Согласно методическому плану по мере восстановления численности популяции паутинного клеща через 3-4 поколения проводили селектирующие обработки (раствором препарата МатринБио с 250 мкг д.в./мл до 500 мкг д.в./мл), позволявшие получить достоверный результат формирования (к 105-й генерации) - резистентной популяции паутинного клеща с показателями резистентности  $\text{PR}_{50}$  66,2 крат и  $\text{PR}_{95}$  301 крат (табл. 4).

**Таблица 4. – Динамика чувствительности к биопестициду МатринБио, ВР (5 г/л матрина) у самок обыкновенного паутинного клеща (*Tetranychus urticae*) в селектируемой к матрину линии (ВНИИФ, 2020-2022 гг.)**

Линия	Поколение	Смертельные концентрации по активному веществу (мкг д.в./мл)		Показатель резистентности	
		$\text{CK}_{50}$	$\text{CK}_{95}$	$\text{PR}_{50}$	$\text{PR}_{95}$
S-vnif	0	2,6 (1,9÷3,9)	20,0 (9,6÷35,4)	1	1
R-matrin	2	7,4	39,4	2,8	2,0
R-matrin	58	9,58	92,4	3,7	4,6
R-matrin	96	172,2	6020,8	66,2	301,0

### Выводы

В ходе мониторинга чувствительности установлено, что некоторые популяции паутинного клеща проявляют устойчивость к сублетальной концентрации (0,08%) препарата МатринБио (д.в. матрин).

Осуществлены этапы по изучению потенциала развития резистентности обыкновенного паутинного клеща к препарату биологического происхождения Матрин Био (д.в. матрин). Проведено 28 селектирующих обработок пестицидным препаратом. На основе экспериментальных данных можно сделать предположение об относительно быстром формировании резистентной к Матрин Био популяции паутинного клеща. К девяносто шестому поколению фитофага сформирована устойчивая популяция с  $\text{PR}_{50}$  172,2-крат. Возникновение резистентности инсектоакарицидов может быть объяснено возникновением резистентных механизмов у клещей на компоненты препаратов, например, МатринБио, что требует дополнительных изысканий.

### Список источников

1. Sokolov, M. S., Semenov, A. M., Spiridonov, Y. Y. et al. Healthy soil — Condition for sustainability and development of the agro- and sociospheres (Problem-Analytical review) // Biol. Bull. — 2020. — Vol. 47. — P. 18–26. — EDN: LEHREP.
2. Захаренко, В. И. Проблема резистентности к пестицидам — мировая проблема // Вестник защиты растений. — 2001. — С. 3–17.
3. Монастырский, О. А., Першакова, Т. В. Современные проблемы и решения создания биопрепаратов для защиты сельскохозяйственных культур от возбудителей болезней // Агро XXI. — 2009. — № 7–9. — С. 3–5.
4. El-Wakeil, N., Gaafar, N., Sallam, A., Volkmar, C. Side effects of insecticide applications on natural enemies and possibility of integration in plant protection strategies // Insecticides: development of safer and more effective technologies. — Intech Open Access Publisher, 2013. — P. 3–56. — DOI: 10.5772/54199.
5. Tangtrakulwanich, K., Reddy, G. V. P. Development of insect resistance to plant // Biopesticides: An Overview / ed. by D. Singh // Advances in Plant Biopesticides. — Springer, New Delhi, 2014. — P. 47–62. — DOI: 10.1007/978-81-322-2006-0\_4.
6. Surendra, K. D. Insect resistance to biopesticides // Journal of Entomology and Biologics. UCANR Electronic Extension Journal (previously published as «Strawberries and Vegetables»). — 2018. — 1 Oct. — URL: <https://www.researchgate.net/publication/322368893> (дата обращения: не указана).
7. Директива 2009/128/EC Европейского парламента и Совета ЕС, устанавливающая правовые основы для деятельности сообщества в целях достижения экологически устойчивого применения пестицидов (Страсбург, 21 октября 2009 года). — URL: <https://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/14/direktivano2009128es.pdf> (дата обращения: не указана).
8. Рябчинская, Т. А., Бобрешова, И. Ю., Каширских, Ю. В., Мелькумова, Е. А. К вопросу разработки нового биоцидного препарата на основе растительных компонентов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2021. — № 2 (69). — С. 57–70. — DOI: 10.17238/issn2071-2243\_2021\_2\_57.
9. Xin, X., Man, Y., Leilei, F., Zhi-Qing, M., Xing, Z. The botanical pesticide derived from Sophora flavescens for controlling insect pests can also improve growth and development of tomato plants // Ind. Crops Prod. — 2016. — Vol. 92. — P. 13–18. — DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.07.043.
10. Filgueiras, M. D. G., Moreira, P. F., Rodrigues, J. A. A., Alves, F. M., Fernandes, E. K. K. Acaricide effect of the alkaloid matrine and the fungus Metarrhizium anisopliae S. S. against the tick Rhipicephalus microplus // III Congresso Latino-Americano de Acarologia e VI Simpósio Brasileiro de Acarologia (29 Julho – 02 Agosto 2018, Pirenópolis, Goias, Brasil). — 2018. — ISBN: 978-85-66836-21-9.
11. Яковлев, Г. П. Заметки по систематике и географии рода Sophora L. и близких родов // Труды Ленинградского химико-фармацевтического института. — 1967. — Т. 21. — С. 42–62.
12. Ефремов, А. П. Софора желтеющая — универсальное лекарство / под ред. д-ра мед. наук В. П. Нужного. — Москва : Травант, 2015. — 92 с.
13. Sun, M., Cao, H., Sun, L., Dong, S., Bian, Y., Han, J., Zhang, L., Ren, S., Hu, Y., Liu, C., Xu, L., Liu, P. Antitumor activities of kushen: literature review // Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. — 2012. — Vol. 2012. — 11 p. — DOI: 10.1155/2012/373219.
14. Яковлева, И. Н., Мешков, Ю. И. Борьба с паутинными клещами в теплицах // Защита и карантин растений. — 2011. — № 3. — С. 27–31.
15. Jakubowska, M., Dobosz, R., Zawada, D., Kowalska, J. A review of crop protection methods against the twospotted spider mite — Tetranychus urticae Koch (Acar: Tetranychidae) — with special reference to alternative methods // Agriculture. — 2022. — Vol. 12, No. 7. — Article 898. — URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/7/898> (дата обращения: не указана).
16. Яковлева, И. Н., Мешков, Ю. И. Исторические аспекты резистентности Tetranychus urticae Koch (Acariformes: Tetranychidae) к инсектоакарицидам // Агрохимия. — 2016. — № 3. — С. 81–90. — URL: [http://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=759225](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=759225) (дата обращения: не указана).
17. Яковлева, И. Н., Мешков, Ю. И., Зуева, Ю. В., Сидоров, И. И., Измайлова, Е. С., Соколовская, М. В. Особенности формирования резистентности к инсектоакарициду клипер (бифентрин) у паутинного клеща Tetranychus urticae (Trombidiformes: Tetranychidae) // Достижения науки и техники АПК. — 2024. — Т. 38, № 2.

## References

1. Sokolov, M. S., Semenov, A. M., Spiridonov, Y. Y., et al. (2020). Healthy soil — Condition for sustainability and development of the agro- and sociospheres (Problem-analytical review). *Biology Bulletin*, 47, 18–26. EDN: LEHREP.
2. Zakharenko, V. I. (2001). The problem of pesticide resistance is a global problem [Problema rezistentnosti k pestisidam — mirovaya problema]. *Plant Protection News*, pp. 3–17. (In Russian)
3. Monastyrskiy, O. A., & Pershakova, T. V. (2009). Current problems and solutions for developing biopreparations to protect agricultural crops from disease pathogens [Sovremennye problemy i resheniya sozdaniya biopreparatov dlya zashchity sel'skokhozyaystvennykh kul'tur ot vozobuditeley bolezney]. *Agro XXI*, (7–9), pp. 3–5. (In Russian)
4. El-Wakeil, N., Gaafar, N., Sallam, A., & Volkmar, C. (2013). Side effects of insecticide applications on natural enemies and possibility of integration in plant protection strategies. In *Insecticides: Development of safer and more effective technologies* (pp. 3–56). Intech Open Access Publisher. <https://doi.org/10.5772/54199>
5. Tangtrakulwanich, K., & Reddy, G. V. P. (2014). Development of insect resistance to plant. In D. Singh (Ed.), *Advances in plant biopesticides: Biopesticides — an overview* (pp. 47–62). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_4)
6. Surendra, K. D. (2018, October 1). Insect resistance to biopesticides. *Journal of Entomology and Biologics*. UCANR Electronic Extension Journal (formerly Strawberries and Vegetables). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/322368893>
7. European Parliament and Council of the European Union. (2009). *Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the sustainable use of pesticides* (Strasbourg, 21 October 2009). Retrieved from <https://www.fumigaciya.ru/sites/default/files/public/page/2011-09/14/direktivano2009128es.pdf>
8. Ryabchinskaya, T. A., Bobreshova, I. Yu., Kashirskikh, Yu. V., & Melkumova, E. A. (2021). On the development of a new biocidal preparation based on plant components [K voprosu razrabotki novogo biotsidnogo preparata na osnove rastitel'nykh komponentov]. *Bulletin of Voronezh State Agrarian University*, (2), pp. 57–70. [https://doi.org/10.17238/issn2071-2243\\_2021\\_2\\_57](https://doi.org/10.17238/issn2071-2243_2021_2_57) (In Russian)
9. Xin, X., Man, Y., Leilei, F., Zhi-Qing, M., & Xing, Z. (2016). The botanical pesticide derived from *Sophora flavescens* for controlling insect pests can also improve growth and development of tomato plants. *Industrial Crops and Products*, 92, 13–18. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.07.043>
10. Filgueiras, M. D. G., Moreira, P. F., Rodrigues, J. A. A., Alves, F. M., & Fernandes, E. K. K. (2018). Acaricide effect of the alkaloid matrine and the fungus *Metarrhizium anisopliae* S. S. against the tick *Rhipicephalus microplus*. In *III Congresso Latino-Americano de Acarologia e VI Simpósio Brasileiro de Acarologia* (29 July–2 August 2018, Pirenópolis, Goiás, Brazil). ISBN: 978-85-66836-21-9.
11. Yakovlev, G. P. (1967). Notes on the taxonomy and geography of the genus *Sophora* L. and related genera [Zametki po sistematike i geografii roda *Sophora* L. i blizkikh rodov]. *Proceedings of the Leningrad Chemical-Pharmaceutical Institute*, 21, 42–62. (In Russian)
12. Efremov, A. P. (2015). *Sophora flavescens* — a universal remedy [Sofora zhelteyushchaya — universal'noe lekarstvo] (V. P. Nuzhnyy, Ed.). Moscow: Travant. (In Russian)
13. Sun, M., Cao, H., Sun, L., Dong, S., Bian, Y., Han, J., Zhang, L., Ren, S., Hu, Y., Liu, C., Xu, L., & Liu, P. (2012). Antitumor activities of kushen: Literature review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, Article 373219. <https://doi.org/10.1155/2012/373219>
14. Yakovleva, I. N., & Meshkov, Yu. I. (2011). Control of spider mites in greenhouses [Bor'ba s pautinnymi kleshchami v teplitsakh]. *Plant Protection and Quarantine*, (3), 27–31. (In Russian)
15. Jakubowska, M., Dobosz, R., Zawada, D., & Kowalska, J. (2022). A review of crop protection methods against the twospotted spider mite — *Tetranychus urticae* Koch (Acaria: Tetranychidae) — with special reference to alternative methods. *Agriculture*, 12(7), Article 898. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/7/898>
16. Yakovleva, I. N., & Meshkov, Yu. I. (2016). Historical aspects of resistance of *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) to insectoacaricides [Istoricheskie aspekty rezistentnosti *Tetranychus urticae* Koch (Acariformes: Tetranychidae) k insectoakaritsidam]. *Agrokhimiya*, (3), 81–90. Retrieved from [http://elibrary.ru/author\\_items.asp?authorid=759225](http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=759225) (In Russian)
17. Yakovleva, I. N., Meshkov, Yu. I., Zueva, Yu. V., Sidorov, I. I., Izmaylova, E. S., & Sokolovskaya, M. V. (2024). Features of resistance formation to the insectoacaricide clipper (bifenthrin) in the spider mite *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae) [Osobennosti formirovaniya rezistentnosti k insectoakaritsidu kliper (bifentrin) u pautinnogo kleshcha *Tetranychus urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae)]. *Achievements of Science and Technology of AIC*, 38(2), 23–28. [https://doi.org/10.53859/02352451\\_2024\\_38\\_2\\_23](https://doi.org/10.53859/02352451_2024_38_2_23) (In Russian)

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов**