

DOI 10.33952/2542-0720-2021-2-26-8-18

УДК 632.937

Агасьева И. С., Федоренко Е. В., Нефедова М. В., Настасий А. С.
**МОДИФИКАЦИИ ПРИЕМОВ РАЗВЕДЕНИЯ КЛЕЩЕЙ PHYTOSEIIDAE ДЛЯ
ПОДАВЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПАУТИННОГО КЛЕЩА**
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»

Реферат. В популяциях клещей *Tetranychidae* наблюдается высокая устойчивость к акарицидам, что приводит к возрастанию пестицидной нагрузки на агроценоз. Альтернативой химическим препаратам может стать использование хищных клещей семейства *Phytoseiidae*. Цель исследований – усовершенствование методов разведения, хранения и применения хищных клещей против *Tetranychus urticae* Koch. В 2015–2018 гг. определяли оптимальную толщину слоя субстрата (2,0; 4,0 и 6,0 см) для разведения кормового объекта *Acaris fagus* Oud., изучали влияние состава субстрата (пшеничные отруби – контроль и пшеничные отруби с добавлением соевого шрота) на плотность популяции *Amblyseius andersoni* Chant.; в 2016–2019 гг. проводили опыты по хранению *Neoseiulus barkeri* Hughes, *Neoseiulus cucumeris* Oud. и *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot при температуре 4 °С (контроль – без хранения). Для контроля *T. urticae* в открытом грунте (2018 и 2019 гг.) на сое использовали смесь *N. cucumeris* и *A. andersoni* методом интродукции в естественные очаги жертвы. Оптимальная толщиной субстрата для выращивания *A. fagus* составила 4 см, которая позволила получить 6983 экз. в 1 см³ за семь суток. Добавление соевого шрота увеличило выход *A. andersoni* на 22,3 % по сравнению с контролем (263 экз. против 204 экз. в 1 см³). Эффективные сроки хранения: для *N. barkeri* – 30–45 суток, для *N. cucumeris* – 30, для *A. swirskii* – не более 10 суток. При применении смеси *N. cucumeris* и *A. andersoni* в среднем за 2018 и 2019 гг. численность *T. urticae* в контроле составила 14,6, в опыте – 5,3 экз./лист, но хищническую активность на яйцах не наблюдали. Для предотвращения развития паутинного клеща необходимо проводить выпуск *N. cucumeris* и *A. andersoni* не менее двух раз через пять–семь суток.

Ключевые слова: разведение хищных клещей, хранение, биологическая защита, паутинный клещ *Tetranychus urticae* Koch.

Для цитирования: Агасьева И. С., Федоренко Е. В., Нефедова М. В., Настасий А. С. Модификации приемов разведения клещей *Phytoseiidae* для подавления численности паутинного клеща // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2(26). С. 8–18. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-8-18.

For citation: Agasyeva I. S., Fedorenko E. V., Nefedova M. V., Nastasiy A. S. Modifications of Phytoseiidae mite breeding methods to suppress spider mite // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2(26). P. 8–18. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-2-26-8-18.

Введение

В связи с развитием органического растениеводства во многих странах мира возникает потребность в широком использовании энтомофагов и акарифагов для биологического контроля целого ряда вредителей сельскохозяйственных культур открытого грунта. Основными сдерживающими факторами могут оказаться высокая себестоимость и риски, связанные с ожидаемой эффективностью программ биологического контроля. Развитие новейших методов применения биоагентов и технологий их комплексного использования с другими биологическими и биорациональными средствами защиты растений позволяет эти трудности преодолеть.

К настоящему времени во многих популяциях тетраниховых клещей отмечена высокая резистентность к акарицидам, которая приводит к значительному снижению эффективности защитных мероприятий и увеличению пестицидной нагрузки на агроэкосистемы, что предопределяет необходимость поиска альтернативных методов подавления их численности [1–3].

В современных программах биологического контроля вредителей большую роль играет направленное использование существующих в природе взаимосвязей между фитофагами и их паразитами и хищниками. Одним из направлений такого контроля является массовый выпуск в агроценозы искусственно размноженных энтомофагов и акарифагов, а также содействие естественному накоплению природных популяций паразитов и хищников в агробиоценозах [4]. Второе направление осуществляется путем биологических механизмов регуляции и стабилизации фитосанитарного состояния агроценоза, включающих интродукцию, акклиматизацию, сезонную колонизацию и создание микрозаповедников полезной биоты с сохранением естественной кормовой базы [5].

Методики и эффективность применения клещей-фитосейид против целого ряда вредителей культур защищенного грунта достаточно широко освещены [6–10]. Распространенность применения клещей-фитосейид родов *Neoseiulus* и *Amblyseius* объясняется полифагией, их можно применять против табачной (*Bemisia tabaci* Gennadius) и тепличной (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) белокрылок, против обыкновенного западного цветочного трипса (*Frankliniella occidentalis* Pergande) [11], а также тетраниховых клещей (*Tetranychus*) [10, 12, 13].

Для разведения акарифагов в лабораторных условиях проводят поиск доступных кормовых объектов и технологичных методик. Ведут поиск новых видов кормов, получение которых в лаборатории более экономично, чем традиционное использование кормовых клещей, разводимых на отрубях. Были оценены искусственные диеты, состоящие из меда, сахарозы, пыльцы, перги, триптона, яичного желтка, гемолимфы черной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus), яиц мельничной огневки (*Ephesia kuehniella* Zeller), яиц ракообразных рода арметия [10, 14]. Тем не менее, основным видом корма для фитосейид остаются кормовые клещи [11].

Разработкой процесса массового разведения клещей из семейства Phytoseiidae еще в 1985 г. занимались ученые ВНИИФ и ВИЗР [15–17]. Позднее усовершенствование методик контроля качества культур было продолжено [18, 19]. Основными элементами массового разведения клещей-фитосейид, в частности представителей рода *Amblyseius*, являются следующие этапы: 1) приготовление питательного субстрата для разведения мучного клеща; 2) массовое разведение мучного клеща; 3) разведение хищника. Чтобы предотвратить заражение мучного клеща хищником, их маточные культуры необходимо содержать изолированно друг от друга. На первом этапе проводят обеззараживание отрубей, которое позволяет избежать загнивания субстрата. Наиболее оптимальным способом обеззараживания является прокалывание отрубей в специальном паровом термостате. Также особое внимание при разведении следует уделять контролю чистоты маточных культур [20, 21]. Один из недостатков технологии массового разведения клещей родов *Neoseiulus* и *Amblyseius* – присутствие в отрубях фракции меньше 1 мм, что приводит к слеживанию, развитию патогенной микрофлоры (появление плесени), уменьшению наработки хищника и затруднению внесения биоматериала при применении.

Цель исследований – усовершенствование методов разведения, хранения и применения хищных клещей против обыкновенного паутинового клеща *T. urticae*.

Материалы и методы исследований

Лабораторные испытания проводили на базе лаборатории Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений, а полевые опыты осуществляли в условиях научного севооборота в 2018 и 2019 гг. ФГБНУ ФНЦБЗР (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений», г. Краснодар).

Разведение хищников требует оптимальных условий – температуры воздуха 23–27 °С и относительной влажности воздуха 80 %. В эксикатор насыпали субстрат с хищником численностью 250–270 экз. в 1 см³, слоем 1–2 см, затем сверху добавляли субстрат с мучным клещом. Субстрат не перемешивали. Через 7–10 суток популяция разводимого биоагента размножается до количества, достаточного для использования. Регулярно проводили отборы проб объемом 3–5 см³, в которых определяли плотность популяции хищника и жертвы [5].

Для совершенствования методов массового разведения хищных клещей-фитосейд использовали маточные культуры мучного клеща *Acaris farus* Oud. и маточные популяции хищных клещей (*A. andersoni*, *N. barkeri*, *N. cucumeris* и *A. swirskii*).

В 2015–2018 гг. проводили определение оптимальной толщины слоя субстрата для наработки кормового клеща *A. farus*. В экспериментах использовали пшеничные отруби в трех вариантах толщины слоя: 2,0; 4,0 и 6,0 см. О влиянии толщины слоя субстрата на эффективность накопления *A. farus* судили по плотности клеща в 1 см³ через семь суток после закладки опыта.

Пшеничные отруби, предназначенные для размножения мучного клеща, предварительно просеивали, оставляя только крупную фракцию, мелкую фракцию использовали для выращивания насекомых, необходимых для разведения других видов энтомофагов. Дезинфекцию кормового субстрата проводили в сушильном шкафу при температуре 120 °С в течение 30 минут с последующим увлажнением водой до оптимальной влажности 55–65 %.

Эксперименты по влиянию состава кормового субстрата на плотность хищного клеща *A. andersoni* проводили в 2015–2018 гг. в садках, предназначенных для разведения клещей, в трехкратной повторности. Клещ содержался в двух вариантах состава субстрата: пшеничные отруби, на которых разводится пищевой объект – *A. farus* (контрольный вариант) и пшеничные отруби с *A. farus* с добавлением соевого шрота (опытный вариант). Соотношение пшеничных отрубей к соевому шроту в субстрате – 1,00:0,25. Кроме состава субстрата рассматривали разные варианты его толщины: 5–6, 8–9, 10–12 см. Эффективность определяли по биологическим показателям развития клещей: время наработки биологического материала, численность мучного и хищного клещей в 1 см³.

Опыты по хранению Phytoseiidae выполняли в 2016–2019 гг. Хранение хищных клещей *N. barkeri*, *N. cucumeris*, *A. swirskii* проводили при температуре 4 °С. Опыт проводили по схеме: контроль – вариант без хранения, при котором клещи находились в обычных, оптимальных для их развития и размножения условиях, опытные варианты – содержание клещей при температуре 4 °С в течение 10, 20, 30, 45, 60 суток. Об оптимальности сроков хранения судили по плотности популяции хищных клещей, подсчитывая их количество в 1 см³ и сравнивая их с показателями в контрольном варианте.

Учет эффективности применения смеси хищных клещей *N. cucumeris* и *A. andersoni* против паутинного клеща *T. urticae* проводили в 2018–2019 г. на опытных участках сои сорта Вилана (ФГБНУ ФНЦБЗР, г. Краснодар) методом интродукции хищников в естественные очаги жертвы по мере их обнаружения. Для этого

пшеничные отруби с находящимися в них хищными клещами на различных стадиях развития расфасовывали в бумажные пакеты и равномерно развешивали на растениях сои в верхнем ярусе, в очагах паутинного клеща в количестве 300–400 особей/раст. Через семь суток был проведен повторный выпуск хищников. Схема опыта представляла собой следующие варианты: опытный (площадь – 25 м²), где применяли хищные клещи *N. cucumeris* и *A. andersoni* (300–400 экз./раст.) и контрольный – участок сои площадью 25 м² без обработки и выпусков акарифагов. Для учетов на обоих участках брали пробы в трехкратной повторности (по 30 листовых пластинок с каждого варианта). Учет эффективности хищных клещей осуществляли, подсчитывая личинок и имаго вредителя с помощью лупы на трех–четырёх листьях, отобранных из разных ярусов на десяти растениях каждой повторности, учеты проводили на пятые, десятые и пятнадцатые сутки после выпуска.

Климат центральной зоны Краснодарского края умеренно континентальный, благоприятный по температурному режиму для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Место проведения исследований характеризуется неустойчивым умеренным увлажнением, осадков выпадает 500–645 мм в год. Зима умеренно мягкая, снег в большинстве мест (60–80 %) неустойчив. Общее число дней с сушевыми на большей части территории – 45–75.

Метеоусловия 2018 и 2019 гг. отличались между собой по температурному режиму: наиболее близкой по значениям к среднемноголетней была температура 2019 г., в 2018 г. показатели температуры воздуха почти на 10 °С превышали средние многолетние данные (таблица 1).

Таблица 1 – Метеоданные периода вегетации 2018–2019 гг. (станция Круглик, г. Краснодар)

Основной показатель	Месяц и декада												
	май			июнь			июль			август			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2018 г.	температура воздуха, °С												
	Среднее многолетнее*	15,0	16,8	18,5	19,5	20,4	21,3	20,3	23,2	25,0	23,9	22,7	21,9
	Показатель текущего года	25,2	23,3	29,9	26,9	31,0	33,0	33,6	30,5	32,1	32,9	32,2	33,1
	сумма осадков, мм												
	Среднее многолетнее*	18,0	19,0	20,0	22,0	23,0	22,0	21,0	19,0	19,0	16,0	18,0	18,0
	Показатель текущего года	9,0	10,0	12,0	-	3,0	6,0	-	20,3	14,5	-	-	-
2019 г.	относительная влажность воздуха, %												
	Среднее многолетнее*	67	67	67	66	66	65	65	64	63	63	63	65
	Показатель текущего года	60	60	47	41	44	47	43	53	61	45	33	38
	температура воздуха, °С												
	Среднее многолетнее*	16,8	18,5	16,8	19,5	20,4	21,3	20,3	23,2	25,0	23,7	21,6	21,5
	Показатель текущего года	19,8	18,3	21,4	21,1	24,5	27,1	26,7	26,1	26,5	23,0	25,0	26,0
2019 г.	сумма осадков, мм												
	Среднее многолетнее*	18	19	20	22	23	22	21	20	19	19	16	19
	Показатель текущего года	20,2	7,3	34,2	5,5	3,5	15,4	0,0	41,3	72,5	25,1	37,2	-
	относительная влажность воздуха, %												
	Среднее многолетнее*	67	67	67	66	66	65	65	65	64	63	63	65
	Показатель текущего года	54	64	57	56	49	54	45	62	59	67	63	49

Степень зараженных листьев учитывали по пятибалльной шкале: 1 балл – повреждено до 5 % листовой пластинки; 2 балла – до 25 %; 3 балла – до 50 %; 4 балла – до 75 %; 5 баллов – до 100 % [22].

В исследованиях использовали материально-техническую базу УНУ «Технологическая линия по массовому разведению насекомых-энтомофагов» (<http://ckp-rf.ru/> реестровый № 671922), а также объекты БРК «Государственная

коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФГБНУ ФНЦБЗР (БРК «ГКЭМ» <http://ckp-rf.ru/>, реестровый № 585858).

Статистическую обработку результатов проводили по общепринятой методике [23]. В таблицах представлены средние (M) и стандартные отклонения (\pm SD). Расчеты выполняли с использованием программы Statistica 13. Статистическую значимость различий оценивали с помощью критерия Дункана при уровне вероятности $p = 95\%$.

Результаты и их обсуждение

Усовершенствование ключевых этапов массового разведения мучного клеща *A. farus* позволяет значительно ускорить процесс получения высокой плотности популяции кормового клеща. Для разведения мучного клеща на дно емкости насыпали маточную культуру мучного клеща слоем 3–4 см, сверху добавляли приготовленные пшеничные отруби слоем 3,5–4,0 см. Затем субстрат прикрыли неплотно крышкой. Отруби не перемешивали в течение семи суток. За это время плотность популяции кормового клеща достигла около 7000 тыс. особей в 1 см³. Оптимальной для развития была температура 25 °С, влажность 75–80 %, высота слоя корма 4 см. Плотность популяции клеща при этой высоте слоя составила 6983,0 экз. в 1 см³, что больше на 1975,7 экз. в 1 см³, чем в случае с вариантом слоя в 2 см и на 2973,7 экз. в 1 см³, чем в варианте со слоем в 6 см (таблица 2).

Таблица 2 – Плотность популяции мучного клеща (*A. Farus*) в зависимости от способа разведения (среднее за 2015–2018 гг.)

Высота слоя субстрата с <i>A. farus</i> , см	Период накопления, сут.	Плотность популяции мучного клеща, экз./1 см ³
2,0	7	5008,7 \pm 129,4 ^b
4,0	7	6983,0 \pm 275,0 ^c
6,0	7	4009,3 \pm 114,0 ^a

Примечание. Здесь и далее: между вариантами, обозначенными одинаковыми буквенными индексами, при сравнении в пределах столбцов нет статистически достоверных различий по критерию Дункана при уровне вероятности 95 %.

Установлено, что для нормального размножения хищных клещей *Neoseiulus* и *Amblyseius* большое значение имеет степень аэрации в слое отрубей. Следует подчеркнуть, что аэрация субстрата зависит от механического состава, то есть от величины составляющих его частиц и соотношения крупной (соевый шрот) и мелкой (пшеничные отруби) фракций (таблица 3).

Таблица 3 – Результативность выкормки хищного клеща *A. andersoni* в зависимости от состава и высоты слоя кормового субстрата (среднее за 2015–2018 гг.)

Высота слоя субстрата, см		Плотность популяции мучного клеща*, экз. в 1 см ³		Плотность популяции амблисейуса**, экз. в 1 см ³	
без добавления соевого шрота	с добавлением соевого шрота	без добавления соевого шрота	с добавлением соевого шрота	без добавления соевого шрота	с добавлением соевого шрота
5–6	5–6	3997,3 \pm 164,1 ^a	5507,7 \pm 167,5 ^b	165,0 \pm 11,8 ^{bc}	202,3 \pm 13,7 ^a
8–9	8–9	5329,0 \pm 317,3 ^b	6853,0 \pm 235,7 ^d	204,3 \pm 14,6 ^a	263,0 \pm 11,1 ^d
10–12	10–12	3879,3 \pm 210,5 ^a	4535,3 \pm 195,1 ^c	153,0 \pm 11,4 ^b	188,3 \pm 17,6 ^{ac}

Добавление соевого шрота в качестве наполнителя существенно улучшает качество субстрата, на котором разводят хищников, так как увеличение аэрации

способствует полному освоению его кормовой базы. При толщине слоя субстрата 8–9 см плотность популяции *A. andersoni* в 1 см³ составила 263,0 ± 11,1 экз.

В связи с ограниченностью производственных мощностей в лабораторных условиях не всегда удается наработать необходимое количество биоматериала в нужный срок. Поэтому возникает потребность в накоплении энтомоакарифагов, что может быть обеспечено краткосрочным или длительным их хранением. При этом следует подбирать такие условия хранения, которые не окажут существенного влияния на качество биоагента. При хранении должна быть обеспечена не только высокая выживаемость энтомоакарифага, но и его агрессивность, а также плодовитость самок хищников.

Проведен ряд экспериментов для оценки возможности длительного хранения хищных клещей-фитосейд *N. barkeri*, *N. cucumeris* и *A. swirskii* (таблица 4).

Таблица 4 – Снижения плотности популяции хищных клещей в зависимости от длительности хранения при температуре 4 °С (среднее за 2016–2019 гг.)

Длительность хранения, сут	Плотность популяции, особей/см ³		
	<i>N. barkeri</i>	<i>N. cucumeris</i>	<i>A. swirskii</i>
0	143,0 ⁱ	130,3 ^{gh}	83,0 ^e
10	134,3 ^h	125,0 ^g	65,3 ^d
20	130,0 ^{gh}	116,3 ^f	37,3 ^c
30	126,0 ^{gh}	115,7 ^f	9,3 ^b
45	110,7 ^f	13,0 ^b	0 ^a
60	13,7 ^b	0 ^a	0 ^a

Длительность эффективного хранения биоматериала зависит от вида клеща и срока хранения. Так, через 20 суток выживаемость *N. barkeri* составила 91,0 %, *N. cucumeris* – 89,3 %, *A. swirskii* – 45,0 %, через 30 суток – 88,1 %, 88,8 % и 11,2 % соответственно, а через 45 суток величины эти показателей составили 77,4 %, 10,0 % и 0,0 %. Таким образом, эффективными сроками хранения при температуре 4 °С можно считать для *N. barkeri* 30–45 суток, для *N. cucumeris* – 30, а для *A. swirskii* – не более 10 суток.

Для изучения возможности подавления численности паутиного клеща *T. urticae* в открытом грунте без использования химических препаратов в 2018 и 2019 гг. проведен мониторинг динамики численности вредителя, а также выпуск смеси акарифагов *N. cucumeris* и *A. andersoni*.

В 2018 г. первые особи паутиного клеща появились в середине июля, максимальная плотность популяции вредителя 23,1 экз./лист отмечена во второй декаде августа.

Установлено, что нарастание численности паутиного клеща в начале вегетации в фазе ветвления растений происходило медленно, а при достижении фазы цветения увеличивалась скорость размножения фитофага и количество заселенных листьев паутиным клещом. Хищные клещи эффективны против имаго и личинок паутиного клеща, но из яиц продолжали отрождаться личинки, что и обусловило повторный выпуск хищников.

Динамика численности паутиного клеща в 2018 г. (рисунок), свидетельствует о том, что первые особи вредителя появились в начале июля, а максимальную плотность популяции клещей (16 экз./лист) наблюдали в конце июля и в первой декаде августа. Во второй декаде июля провели выпуск хищников на опытных делянках из расчета 300–400 особей/раст.

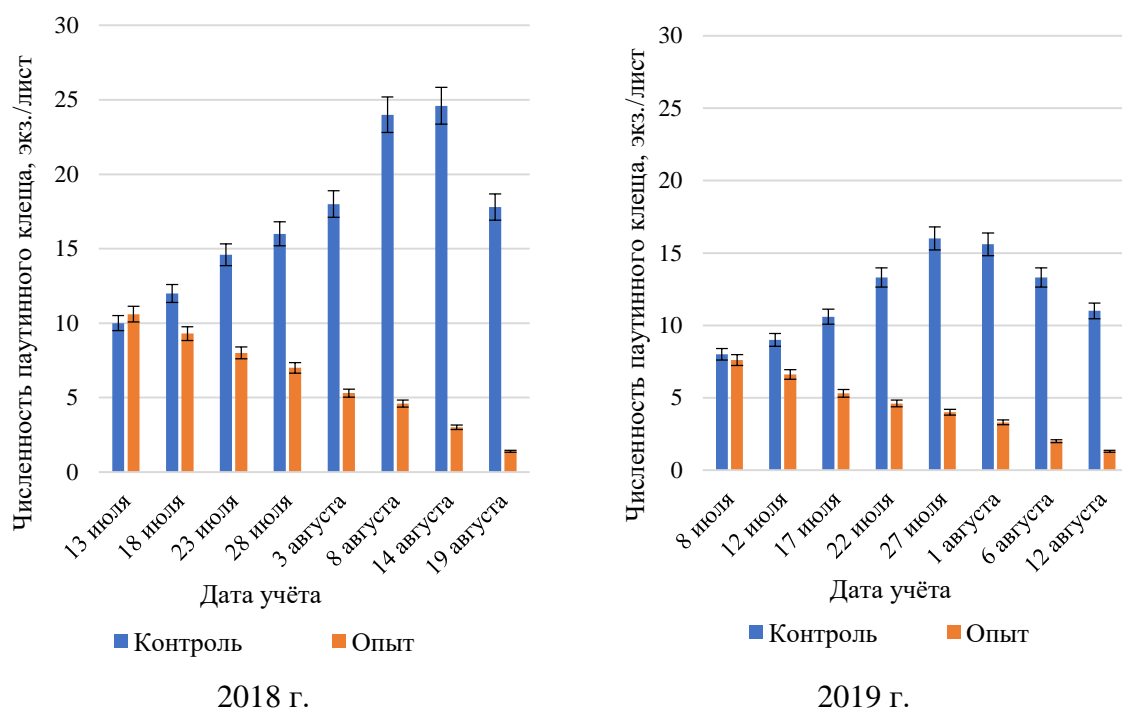


Рисунок – Изменение численности паутинного клеща в результате применения хищных клещей-фитосейд на сое сорта Вилана

В первой декаде августа был проведен повторный выпуск хищника. В результате установлен положительный эффект по применению хищных клещей-фитосейд – на опытных делянках численность клещей значительно снизилась и к середине августа составила 1,4 экз./лист по сравнению с 17,8 экз./лист в контроле.

В 2019 г. численность паутинного клеща в начале вегетации (июль) была почти на одном уровне с показателями 2018 г. (10,3 экз./лист) и составляла 7,8 экз./лист (до применения акарифагов). В контрольном варианте численность *T. urticae* начала возрастать и к первому августа составила 15,6 экз./лист, а в опытном варианте после выпуска клещей (смесь *N. cucumeris* и *A. andersoni*) величина этого показателя снизилась до 3,3 экз./лист.

Среднее значение показателей численности паутинного клеща в 2018 г. при выпуске смеси хищников *N. cucumeris* и *A. andersoni* составило 6,2 экз./лист, в контрольном варианте величина того показателя увеличилась почти в три раза и составил 17,1 экз./лист (таблица 5).

Таблица 5 – Результаты применения смеси хищных клещей *N. cucumeris* и *A. andersoni* против паутинного клеща на сое

Вариант	Численность <i>T. urticae</i> , экз./лист	
	2018 г.	2019 г.
Выпуск смеси <i>N. cucumeris</i> и <i>A. andersoni</i>	6,2 ^a	4,3 ^a
Контроль	17,1 ^c	12,1 ^b

В 2019 г. численность *T. urticae* составила 12,1 экз./лист, выпуск акарифагов позволил регулировать количество особей вредителя (4,3 экз./лист). В среднем за два года исследований количество паутинного клеща в контрольном варианте достигало 14,6 экз./лист, при выпуске смеси *N. cucumeris* и *A. andersoni* – 5,3 экз./лист.

Выводы

В результате исследований были получены данные, которые позволяют усовершенствовать технологию разведения хищных клещей-фитосейд родов *Neoseiulus* и *Amblyseius*. Так, при разведении мучного клеща наиболее эффективным является слой пищевого субстрата в 4 см. В этом варианте плотность *A. farus* достигала наибольших показателей – $6983,0 \pm 275,0$ экз. в 1 см^3 .

При добавлении соевого шрота в состав питательного субстрата среды для разведения *A. farus* плотность хищного клеща составила $263,0 \pm 11,1$ экз. в 1 см^3 при толщине слоя 8–9 см, что на 22,3 % больше в сравнении с вариантом без шрота.

Установлены оптимальные периоды хранения хищников при температуре 4 °С, которые составили для *N. barkeri* 30–45 суток, для *N. cucumeris* – 30 суток, для *A. swirskii* – не более 10 суток.

Результаты полевой оценки по итогам 2018 и 2019 гг. показали достаточную эффективность смеси хищных клещей *N. cucumeris* и *A. andersoni*: количество паутинного клеща при выпуске акарифагов в 2018 г. составило 6,2 экз./лист, в контрольном варианте этот показатель составил 17,1 экз./лист, в 2019 г. – 12,1 и 4,3 экз./лист соответственно.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 0686-2019-0009.

Литература

1. Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review // *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2010. No. 40 (8). P. 563–572. DOI: 10.1016/j.ibmb.2010.05.008.
2. Schmidt-Jeffris R. A., Beers E.H. Potential impacts of orchard pesticides on *Tetranychus urticae*: a predator-prey perspective // *Crop Protection*. 2018. No. 103. P. 56–64. DOI: 10.1016/j.cropro.2017.09.009.
3. Ижевский С. С., Ахатов А. К. Защита тепличных и оранжерейных растений от вредителей. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 307 с.
4. Горячев В. П., Горячева С. А., Полищук Н. Н., Бабенко С. Б. Влияние современных препаратов на урожайность озимой пшеницы // *Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур»*. пос. Персиановский: ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2015. С. 239–243.
5. Агасьева И. С., Исмаилов В. Я. Разработка системы биологического контроля экономически значимых вредителей сои // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2017. № 65. С. 53–59. DOI: 10.21515/1999-1703-65-53-59.
6. Доброхотов С. А. Совершенствование методов разведения применения хищных клещей из рода *Amblyseius* для борьбы с трипсами в теплицах. Автореф. дисс. ... к.б.н. СПб: ВИЗР, 2008. 19 с.
7. Labbe R. M., Gagnier D., Shipp L. Comparison of *Transeius montdorensis* (Acari: Phytoseiidae) to other phytoseiid mites for the short-season suppression of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) // *Environmental Entomology*. 2019. No. 48(2). P. 335–342. DOI: 10.1093/ee/nvz017.
8. Schoeller E. N., McKenzie C. L., Osborne L. S. Comparison of the phytoseiid mites *Amblyseius swirskii* and *Amblydromalus limonicus* for biological control of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) // *Experimental and Applied Acarology*. 2020 No. 82(3). P. 309–318. DOI: 10.1007/s10493-020-00556-5.
9. Ghasemzadeh S., Leman A., Messelink G. J. Biological control of *Echinothrips americanus* by phytoseiid predatory mites and the effect of pollen as supplemental food // *Experimental and Applied Acarology*. 2017. No. 73(2). P. 209–221. DOI: 10.1007/s10493-017-0191-1.
10. Delisle J. F., Brodeur J., Shipp L. Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) // *Experimental and Applied Acarology*. 2015. No. 65(4). P. 483–494. DOI: 10.1007/s10493-014-9862-3.
11. Красавина Л. П., Трапезникова О. В. Лабораторная оценка пригодности разных видов кормовых клещей для разведения *Amblyseius swirskii* и *Neoseiulus cucumeris* (Mesostigmata, Phytoseiidae) // *Вестник защиты растений*. 2020. № 3. С. 177–181.

12. Calvo F. J., Knapp M., van Houten Y. M., Hoogerbrugge H., Belda J. E. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? // *Experimental and Applied Acarology*. 2015. No. 65(4). P. 419–433. DOI: 10.1007/s10493-014-9873-0.
13. Bouagga S., Urbaneja A., Perez-Hedo M. Combined use of predatory mirids with *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to enhance pest management in sweet pepper // *Journal of Economic Entomology*. 2018. No. 111(3). P. 1112–1120. DOI: 10.1093/jee/toy072.
14. Nguyen D. T., Vangansbeke D., De Clercq P. Solid artificial diets for the phytoseiid predator *Amblyseius swirskii* // *BioControl*. 2016. No. 9. P. 719–727. DOI: 10.11158/saa.21.9.2.
15. Бегляров Г. А., Сучалкин Ф. А. Методические указания по биологическому методу борьбы с табачным трипсом в защищенном грунте. М.: Колос, 1985. 40 с.
16. Сучалкин Ф. А. Амблисейус маккензи *Amblyseius mackenziei* Sch. et Pr. // В кн.: Биологическая защита овощных культур в защищенном грунте: методические рекомендации. М: ВАСХНИЛ, 1985. 18 с.
17. Анисимов А. И., Доброхотов С. А. О методике и точности учета мучного клеща и амблисейуса при их разведении // *Защита и карантин растений*. 2007. № 11. С. 33–34.
18. Доброхотов С. А. Опыт разведения хищного клеща в теплицах // *Сборник научных трудов «Интегрированная защита сельскохозяйственных растений»*. Л., 1990. С. 9–10.
19. Доброхотов С. А., Прищепова А. В., Исаева Е. А. Опыт массового разведения и применения хищного клеща амблисейуса в борьбе с табачным трипсом // *Защита растений*. 1980. № 3. С.13–19.
20. Красавина Л. П., Козлова Е. Г., Зуева Л. И. Оптимизация массового разведения хищных клещей амблисейулюсов // *Защита и карантин растений*. 2009. № 12. С.39–40.
21. Güldalı B., Çobanoğlu S. The effect of different temperatures and relative humidities on development of *Carpoglyphus lactis* (L., 1758) (Acari: Carpoglyphidae) // *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 2011. No. 35(2). P. 313–324.
22. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве // Под ред. Долженко В. И. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2009. 321 с.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review // *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2010. No. 40 (8). P. 563–572. DOI: 10.1016/j.ibmb.2010.05.008.
2. Schmidt-Jeffris R. A., Beers E. H. Potential impacts of orchard pesticides on *Tetranychus urticae*: a predator-prey perspective // *Crop Protection*. 2018. No. 103. P. 56–64. DOI: 10.1016/j.cropro.2017.09.009.
3. Izhevsky S. S., Akhatov A. K. Protection of greenhouse and orangery plants from pests. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2004. 307 p.
4. Goryachev V. P., Goryacheva S. A., Polishchuk N. N., Babenko S. B. Influence of modern preparations on productivity of winter wheat // *Materials of the international scientific and practical conference “Innovations in technologies for the cultivation of agricultural crops”*. Persianovsky settlement: Don State Agrarian University, 2015. P. 239–243.
5. Agasieva I. S., Ismailov V. Ya. Development of methods for biological control of economically important soybean pests // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2017. No. 65. P. 53–59. DOI: 10.21515/1999-1703-65-53-59.
6. Dobrokhотов S. A. Improvement of breeding methods for the use of predatory mites from the genus *Amblyseius* to control thrips in greenhouses. Author’s abstract diss. ... Cand. Sc. (Biol.) Saint-Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), 2008. 19 p.
7. Labbe R. M., Gagnier D., Shipp L. Comparison of *Transeius montdorensis* (Acari: Phytoseiidae) to other phytoseiid mites for the short-season suppression of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) // *Environmental Entomology*. 2019. No. 48(2). P. 335–342. DOI: 10.1093/ee/nvz017.
8. Schoeller E. N., McKenzie C. L., Osborne L. S. Comparison of the phytoseiid mites *Amblyseius swirskii* and *Amblydromalus limonicus* for biological control of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) // *Experimental and Applied Acarology*. 2020. No. 82(3). P. 309–318. DOI: 10.1007/s10493-020-00556-5.
9. Ghasemzadeh S., Leman A., Messelink G. J. Biological control of *Echinothrips americanus* by phytoseiid predatory mites and the effect of pollen as supplemental food // *Experimental and Applied Acarology*. 2017. No. 73(2). P. 209–221. DOI: 10.1007/s10493-017-0191-1.

10. Delisle J. F., Brodeur J., Shipp L. Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) // Experimental and Applied Acarology. 2015. No. 65(4). P. 483–494. DOI: 10.1007/s10493-014-9862-3.
11. Krasavina L. P., Trapeznikova O. V. Assessment of different species of fodder mites for mass rearing of the predatory mites *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Mesostigmata, Phytoseiidae) under laboratory conditions // Plant Protection News. 2020. No. 3(103). P. 177–181. DOI: 10.31993/2308-6459-2020-103-3-13943.
12. Calvo F. J., Knapp M., van Houten Y. M., Hoogerbrugge H., Belda J. E. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent? // Experimental and Applied Acarology. 2015. No. 65(4). P. 419–433. DOI: 10.1007/s10493-014-9873-0.
13. Bouagga S., Urbaneja A., Perez-Hedo M. Combined use of predatory mirids with *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) to enhance pest management in sweet pepper // Journal of Economic Entomology. 2018. No. 111(3). P. 1112–1120. DOI: 10.1093/jee/toy072.
14. Nguyen D. T., Vangansbeke D., De Clercq P. Solid artificial diets for the phytoseiid predator *Amblyseius swirskii* // BioControl. 2016. No. 9. P. 719–727. DOI: 10.1007/s10526-014-9607-6.
15. Beglyarov G. A. Suchalkin F. A. Guidelines for the biological method of combating tobacco thrips in protected ground. Moscow: Kolos, 1985. 40 p.
16. Suchalkin F. A. *Amblyseius mackenziei* Sch. et Pr. // In book: Biological protection of vegetable crops in greenhouses: guidelines. Moscow: Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL), 1985. 18 p.
17. Anisimov A. I., Dobrokhotov S. A. On the methodology and accuracy of accounting for flour mites and amblyseius during their breeding // Plant protection and quarantine. 2007. No. 11. P. 33–34.
18. Dobrokhotov S. A. The experience of breeding a predatory mite in greenhouses // Collection of scientific papers “Integrated protection of agricultural plants”. Leningrad, 1990. P. 9–10.
19. Dobrokhotov S. A., Prishchepova A. V., Isaeva E. A. Experience of mass breeding and use of the predatory mite amblyseius in the fight against tobacco thrips // Plant Protection. 1980. No. 3. P. 13–19.
20. Krasavina L. P., Kozlova E. G., Zueva L. I. Optimization of mass breeding of predatory amblyseius mites // Plant protection and quarantine. 2009. No. 12. P. 39–40.
21. Güldalı B., Çobanoğlu S. The effect of different temperatures and relative humidities on development of *Carpoglyphus lactis* (L., 1758) (Acari: Carpglyphidae) // Türkiye Entomoloji Dergisi (Turkish Journal of Entomology). 2011. No. 35(2). P. 313–324.
22. Methodological guidelines for registration testing of insecticides, acaricides, molluscicides and rodenticides in agriculture // Ed. by Dolzhenko V. I. Saint-Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR), 2009. 321 p.
23. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 632.937

Agasyeva I. S., Fedorenko E. V., Nefedova M. V., Nastasiy A. S.

MODIFICATIONS OF PHYTOSEIIDAE MITE BREEDING METHODS TO SUPPRESS SPIDER MITE

Summary. Populations of mites from the Tetranychidae family are characterized as high-resistant to acaricides, which, in turn, leads to an increase in the pesticide load on the agrocenoses ecosystem. Carnivorous arthropods from the Phytoseiidae family can be used as an alternative pest control. Our research aimed at improving the methods of breeding, storage and use of predatory mites against *Tetranychus urticae* Koch. In 2015–2018, work was being undertaken to define the optimum thickness of the substrate layer (2.0, 4.0 and 6.0 cm) for breeding the food object – *Acaris farus* Oud. We also assessed the effect of the fodder substrate composition (wheat bran – control, wheat bran + soybean meal – experimental variant) on the population density of *Amblyseius andersoni* Chant. In 2016–2019, experiments on the storage of *Neoseiulus barkeri* Hughes, *Neoseiulus cucumeris* Oud. and *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot at 4 °C (control – no storage) were carried out. In 2018–2019, to control *Tetranychus urticae* Koch. in the soybean field, a mixture of *N. cucumeris* and *A. andersoni* was used according to the method of introduction into natural foci of prey. The optimum thickness of the substrate layer was found to be 4 cm. In this case, it was possible to obtain 6,983 mites in 1 cm³ for

7 days. Soybean meal addition increased the number of *A. andersoni* by 22.3 % compared to control (263 ind. vs 204 ind. per cm³). 30–45 days – an effective storage period for *N. barkeri*, 30 days – for *N. cucumeris*, no more than 10 days – for *A. swirskii*. On average, in 2018–2019, *N. cucumeris* and *A. andersoni* mixture reduced the number of *T. urticae*. The number of spider mites in the control variant was 14.6, in the experimental one – 5.3 ind./leaf. No predatory activity was observed on eggs. To prevent the development of spider mites, it is necessary to use *N. cucumeris* and *A. andersoni* at least twice with an interval of 5–7 days.

Keywords: breeding of predatory mites, storage, biological protection, spider mite *Tetranychus urticae* Koch.

Агасьева Ирина Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: agasieva5@yandex.ru.

Федоренко Елена Валентиновна, младший научный сотрудник лаборатории Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: ms.fedor1960@mail.ru.

Нефедова Мария Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: dollkaSneba@yandex.ru.

Настасий Антон Сергеевич, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории Государственной коллекции энтомоакарифагов и первичной оценки биологических средств защиты растений ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений»; 350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39; e-mail: nastasy.anton@yandex.ru.

Agasyeva Irina Sergeevna, Cand. Sc. (Biol.), leading researcher, head of the Laboratory of the state collection of entomoakariphages and initial evaluation of biological means of plant protection, FSBSI “Federal Research Centre of Biological Plant Protection”; 1, VNIIBZR str., (p/o 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: agasieva5@yandex.ru.

Fedorenko Elena Valentinovna, junior researcher of the Laboratory of the state collection of entomoakariphages and initial evaluation of biological means of plant protection, FSBSI “Federal Research Centre of Biological Plant Protection”; 1, VNIIBZR str., (p/o 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: ms.fedor1960@mail.ru.

Nefedova Mariya Vladimirovna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of the state collection of entomoakariphages and initial evaluation of biological means of plant protection, FSBSI “Federal Research Centre of Biological Plant Protection”; 1, VNIIBZR str., (p/o 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: dollkaSneba@yandex.ru.

Nastasiy Anton Sergeevich, junior researcher of the Laboratory of the state collection of entomoakariphages and initial evaluation of biological means of plant protection, FSBSI “Federal Research Centre of Biological Plant Protection”; 1, VNIIBZR str., (p/o 39), Krasnodar, 350039, Russia; e-mail: nastasy.anton@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 28.01.2021.
Дата принятия к печати – 05.03.2021.