

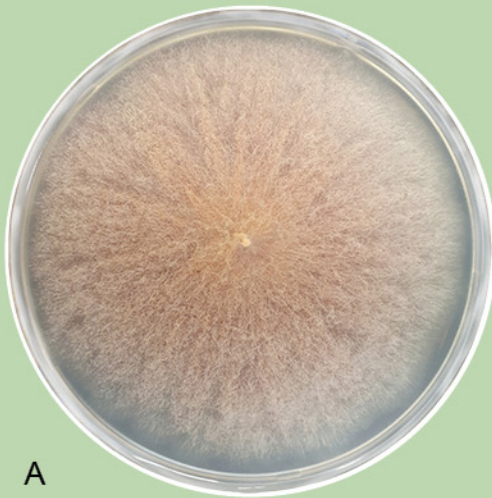


ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

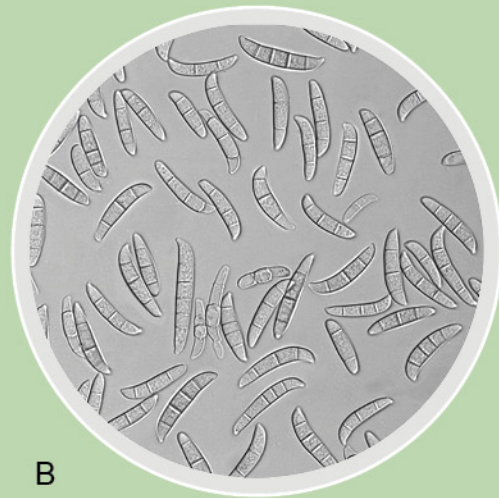
ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023 TOM VOLUME 106 ВЫПУСК ISSUE 3



A



B



C



D

Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia

БИОТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *TRANSEIUS MONTDORENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE) В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЦЕНОЗА

Д.А. Попов*, А.В. Гринцевич

Институт прикладной энтомологии (ИНАППЕН), Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: denis.popov@inappen.com

Субтропический клещ *Transeius montdorensis* широко используется для контроля трипсов и других сосущих вредителей в европейских странах. Для создания отечественной технологии массового разведения *T. montdorensis* проведена оценка его биотического потенциала в производственных условиях. Коэффициент роста лабораторной популяции *T. montdorensis* составляет 0.19 ± 0.017 , среднее время удвоения популяции – 4.7 ± 0.29 дней при температуре $26\text{--}27^\circ\text{C}$. В тестированном диапазоне плотностей ($5\text{--}80$ экз./мл) отмечена тенденция к понижению скорости роста популяции по мере повышения ее плотности. Выявленный тренд описывается логарифмической кривой. При повышении плотности *T. montdorensis* до $60\text{--}80$ экз./мл отмечено не только существенное снижение скорости роста популяции, но и сокращение диапазона колебаний этого показателя. Значительный разброс скорости роста популяции в диапазоне низких плотностей ($5\text{--}15$ экз./мл), возможно, объясняется тем, что в некоторых контейнерах хищник не сдерживает рост популяции лабораторной жертвы (узкого клеща *Tyrophagus entomophagous*). В результате жертва перенаселяет субстрат. Это вызывает загрязнение отрубей продуктами жизнедеятельности узкого клеща, стимулирует развитие нежелательной микрофлоры. Время удвоения популяции является показателем, по которому возможно отбирать лучшую маточную культуру для гарантированного накопления клеща до заданного титра – 60 экз./мл в сроки не более $6\text{--}8$ дней до того, как на субстрате начнет развиваться нежелательная микрофлора. Диапазон $20\text{--}30$ экз./мл является оптимальным стартовым титром при массовом разведении *T. montdorensis*, а по достижении хищником плотности более 60 экз./мл его следует расселять или отправлять на реализацию.

Ключевые слова: *Transeius montdorensis*, Phytoseiidae, массовое разведение, скорость роста популяции, влажность

Поступила в редакцию: 30.08.2023

Принята к печати: 10.10.2023

Введение

Хищный клещ *Transeius montdorensis* (Schicha) (Mesostigmata: Phytoseiidae) (рис. 1) распространен в тропических и субтропических регионах Австралии, на островах Фиджи, Таити, Вануату и Новая Каледония (Schicha, 1979, 1987; Gutierrez, Schicha, 1984; Beard, 2001). *T. montdorensis* имеет широкую пищевую специализацию: питается трипсами, белокрылками и паутиными клещами (Steiner et al., 2003). В течение последних 20 лет этот вид широко используется в защите растений от трипсов на овощных и цветочных культурах (Ильницкая, 2013; Мешков, Салобукина, 2013; Steiner et al., 2003; Hatherly et al. 2004; Manners et al. 2013; Messelink, Kogel, 2013; van Lenteren et al., 2018). По результатам вегетационных опытов, *T. montdorensis* потенциально пригоден для борьбы с томатным ржавым клещом (Castañé et al., 2022) и табачной белокрылкой (Sun et al., 2022).

При питании трипсами *T. montdorensis* отличается более высокой прожорливостью и скоростью роста популяции, чем *Amblyseius swirskii*, *A. limonicus* и *Neoseiulus cucumeris* (Steiner et al. 2003; Vangansbeke et al. 2023).

T. montdorensis сохраняет высокую плодовитость при низких температурах и низкой освещенности. Это обеспечивает его высокую эффективность в зоне умеренного климата (Steiner et al., 2003; Hatherly et al., 2004). Например, в ходе тестирования *T. montdorensis* в теплицах, расположенных в северных широтах, получены доказательства

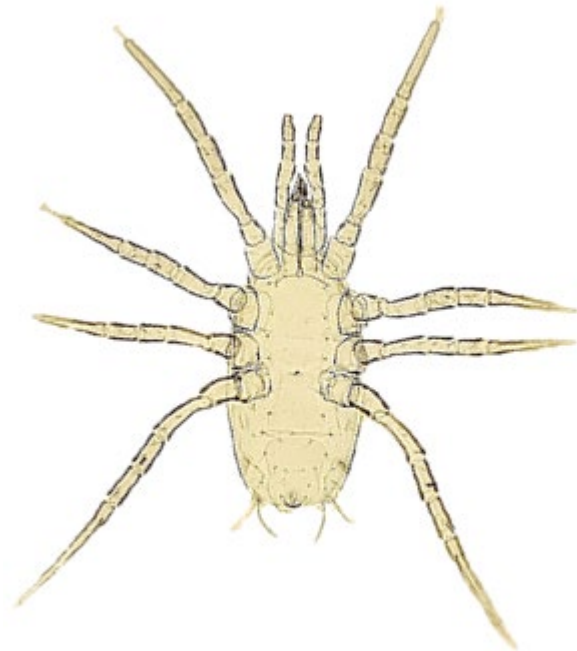


Рисунок 1. Самка *T. montdorensis*

Figure 1. Female *T. montdorensis*

его высокой эффективности в подавлении трипсов на культуре огурца (Labbé et al., 2019).

В Испании (провинция Альмерия) в производственных теплицах была проведена сравнительная оценка эффективности *T. montdorensis* и *A. swirskii* против оранжевой белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis*. При прочих равных условиях численность *T. montdorensis* на растениях была в 1.5–2 раза выше, чем численность *A. swirskii* (Téllez et al., 2020).

Несмотря на широкое использование в защите растений биология *T. montdorensis* изучена фрагментарно. Оценивали продолжительность развития, плодовитость и соотношение полов при питании пылью *Typha* sp. и личинками трипса *Frankliniella schultzei*. Отмечено отсутствие диапаузы при коротком фотопериоде (Hatherly et al., 2004; Steiner et al., 2003).

Исходя из приведенных выше сведений, можно предположить, что *T. montdorensis* весьма перспективен для применения в центральных и северных регионах России. Масштабы применения *T. montdorensis* в России растут с каждым годом. Вид включен в коллекцию энтомофагов ВИЗР, проведено тестирование различных субстратов для его разведения в лабораторных условиях (Красавина, Трапезникова, 2022 а, б).

Традиционно оценку биотического потенциала фитосейид проводят на основе таблиц выживания (life tables), которые составляют на основе следующих показателей:

Материалы и методы

Для проведения исследований использовали 4 климатических бокса площадью 20–30 м², оборудование (стеллажи с освещением и без, емкости для содержания клещей), материалы (отруби и пр.). В боксах работали автоматизированные системы: искусственное освещение, регуляция температуры и влажности; воздухообмен.

Объект исследования: лабораторная популяция хищного клеща *Transeius montdorensis* (Schicha) из коллекции энтомофагов ФГБНУ ВИЗР. Видовая диагностика проведена д.б.н. А.А. Хаустовым (ТюмГУ).

Для контроля качества лабораторной популяции *T. montdorensis* изготавливали микропрепараты. Самок клещей предварительно осветляли в 100% молочной кислоте в течение 2 суток при температуре 60 °С в суховоздушном термостате. Для изготовления препаратов использовали жидкость Хойера. Для удаления пузырьков воздуха и ускорения просветления клещей микропрепараты подогревали на пламени спиртовки. Окончательное просветление и высушивание препаратов производили на термостолке при температуре 60 °С (Walter, Krantz, 2009). Фотографии препаратов делали с использованием микроскопа Микромед 3 U3, оснащенного цифровой камерой TopCam 9.0 с сенсором MT9J003.

1. Содержание лабораторной популяции *T. montdorensis*

Для поддержания популяции *T. montdorensis* использовали адаптированную к имеющимся условиям методику разведения на двух видах корма – сухофруктовым клеще *Carpoglyphus lactis* и узком клеще *Thyreophagus entomophagus* (Красавина, Трапезникова, 2022а). В качестве субстрата для разведения кормовых и хищных клещей

суточная плодовитость, продолжительность развития и выживаемость, соотношение полов. Оценку показателей проводят в режиме индивидуального разведения или на малых выборках (20–30 особей). Такого рода исследования выполнены на *T. montdorensis* в широком диапазоне температур и при разведении на различных кормах (Hatherly et al., 2004, Steiner et al., 2003). Однако следует подчеркнуть, что при индивидуальном содержании невозможно оценить влияние плотности популяции на скорость ее роста, что является ключевой характеристикой, определяющей биотехнологический потенциал энтомофага при массовом разведении. Поэтому для того, чтобы учесть все перечисленные выше факторы популяционной динамики при различных плотностях хищника оценка биотического потенциала *T. montdorensis* в данном исследовании проведена на основе формулы Слободкина (Slobodkin, 1962). Этот метод позволяет работать с биоматериалом, недифференцированным по стадиям развития.

Разведение *T. montdorensis* в производственных условиях проходило на базе НПП ИНАППЕН (Санкт-Петербург). Дальнейшим этапом работы является масштабирование его производства, что требует детального изучения особенностей размножения *T. montdorensis* в широком диапазоне плотностей и гигротермических условий.

Цель исследования – оценить биотический потенциал, динамику соотношения полов и доли ювенильных особей в лабораторной популяции *T. montdorensis* для оптимизации ее производства.

использовали стерильные пшеничные отруби крупного помола, в которых соотношение между крупной фракцией (размером 1–2 мм) и мелкой фракцией (мука) составляет 10:1 по объему. Для получения крупной фракции отруби просеивали через сито с размером ячейки 1 мм. Просеянные отруби высыпали в пластиковый контейнер (5 л) и с помощью пневматического опрыскивания вносили дистиллированную воду в три приема. На 10 литров субстрата добавляли 750 мл воды.

Лабораторную популяцию кормового клеща перемешивали с субстратом, подготовленным по описанной выше методике. При заселении свежих отрубей исходная плотность клещей составляла 50 особей в 1 мл субстрата. Ежедневно аэрировали отруби, при необходимости их увлажняли и добавляли новый субстрат. В помещении поддерживали влажность 70–80%, температуру 23–26 °С.

Оценку плотности кормовых клещей проводили по следующей методике: перемешивали субстрат; мерной ложкой объемом 1 мл отбирали пробу; равномерно распределяли пробу по чашке Петри (Ø=6.5 см), площадь которой была разделена на 52 квадрата; под бинокулярным стереомикроскопом Olympus SZX7 подсчитывали среднее значение особей в 5-ти разных квадратах, умножали полученное среднее на общее количество полей (52), что соответствует плотности популяции в 1 мл.

Накопление кормовых клещей вели 10–15 дней, пока их численность в субстрате не достигала 2–5 тыс. особей на 1 мл отрубей. Затем клещей отделяли от субстрата, используя сито (объем ячейки 0.14 мм). Получившийся концентрат из кормовых клещей использовали для кормления хищных клещей.

Для разведения *T. montdorensis* использовали пластиковые контейнеры объемом 4 л, которые помещали в контейнер (6 л) с водой для изоляции. Контейнеры размещали в климатических камерах Panasonic MRL-352. Влажность 70%, температура 25 и 27 °С. Минимальная исходная плотность популяции хищного клеща в субстрате составляла 5–10 особей в мл, максимальная – 100–150 особей в мл. Объем субстрата в контейнере составлял 200 мл при толщине слоя 3–4 см.

Кормление *T. montdorensis* проводили следующим образом: просеянный концентрат с кормовым клещом (1–2 мл) добавляли в контейнер с *T. montdorensis* 2–3 раза в неделю. Следует отметить, что кормление *T. montdorensis* проводили только при снижении плотности корма (узкого клеща) до единичных особей в мл. Данный режим кормления обусловлен тем, что рост численности узкого клеща имеет взрывной характер. Это может привести к перенаселению субстрата и подавлению размножения хищника, который чувствителен к высокой концентрации кормового клеща и продуктов его жизнедеятельности (Vangansbeke et al., 2023).

2. Тестирование основных показателей биотического потенциала *T. montdorensis*

Оценку биотического потенциала популяции *T. montdorensis* проводили в двух последовательных опытах:

1) 10 вариантов исходных плотностей (15 экз./мл, 20 экз./мл, 25 экз./мл, 30 экз./мл, 35 экз./мл, 40 экз./мл, 50 экз./мл, 60 экз./мл, 70 экз./мл, 80 экз./мл) по 3–4 разновременных повторности в каждом варианте. Динамику численности и скорость роста популяции в отдельных контейнерах оценивали в течение 20 дней.

Результаты и обсуждение

1. Опыты по изучению структуры популяции

В лабораторной популяции *T. montdorensis* оценивали динамику численности, соотношение полов и долю особей на ювенильных стадиях развития (рис. 2). Опыт проводили в 15 контейнерах, каждый из которых содержал по 400 мл субстрата (отруби с кормовыми и хищными клещами). Продолжительность опыта составляла 20 дней и соответствовала средней продолжительности яйцекладки у *T. montdorensis*.

За время проведения опыта при заданной температуре 26–27 °С должно было пройти около 3 поколений хищника. Однако скорость накопления *T. montdorensis* была невысока (рис. 2).

Следует отметить, что субстрат по ходу опыта увлажняли умеренно (1 раз в 2–3 дня по 0.8 мл на 400 мл отрубей), опасаясь развития нежелательной микрофлоры в долгосрочном опыте. Видимо, это стало причиной низкой скорости размножения *T. montdorensis*.

Полученные результаты показали, что структура тестируемой популяции отличается значительной стабильностью. Соотношение полов близко к 1:1 (доля самок колеблется на уровне 50–56%), доля особей на ювенильных стадиях развития несколько растет по мере увеличения плотности популяции, но не превышает 40–45% (рис. 2).

2) 6 вариантов исходных плотностей (5 экз./мл, 10 экз./мл, 15 экз./мл, 20 экз./мл, 25 экз./мл, 30 экз./мл) по 5–7 разновременных повторностей в каждом варианте. Динамику численности и скорость роста оценивали в течение 7–10 дней.

Оценку плотности клещей *T. montdorensis* производили по следующей методике: перемешивали субстрат; мерной ложкой объемом 1 мл отбирали пробу; равномерно распределяли пробу по чашке Петри (Ø=6.5 см), площадь которой была разделена на 52 квадрата для удобства подсчета клещей; под бинокулярным стереомикроскопом Olympus SZX7 подсчитывали количество особей во всех квадратах шаблона последовательно. В каждом контейнере брали по 3 пробы. Подсчитывали среднее значение. Учеты плотности хищных клещей в субстрате проводили каждые 2 дня.

Условия массового разведения фитосейдных клещей на сыпучем субстрате отличаются обилием пищи (кормового клеща) и низкой исходной плотностью хищника в отрубях. Поэтому для оценки биотического потенциала популяции *T. montdorensis* использовали формулу коэффициента мгновенного роста для не лимитирующей среды:

$$r = (\ln N_2 - \ln N_1) / (t_2 - t_1),$$

где N_1 – плотность хищника в момент времени t_1 ; N_2 – плотность хищника в момент времени t_2 (Slobodkin, 1962). Время удвоения популяции определяли по формуле:

$$t = \ln 2 / r,$$

где t – время в сутках, r – коэффициент роста популяции (Одум, 1986).

Для статистической обработки результатов использован дисперсионный и корреляционный анализ в программах Statistica 9.0 и SPSS 20.

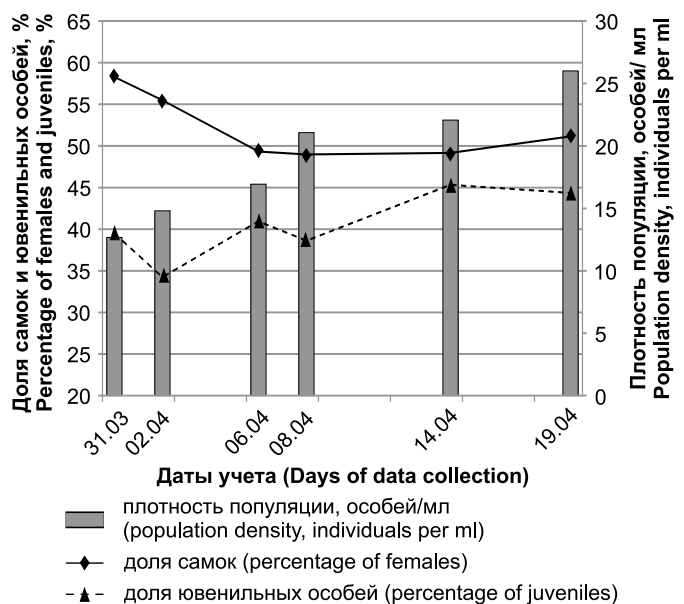


Рисунок 2. Динамика численности и структура лабораторной популяции *T. montdorensis* (температура 26–27 °С, влажность воздуха 80–90%, умеренное увлажнение субстрата, n=15)

Figure 2. Density dynamics and structure of the laboratory population of *T. montdorensis* (temperature 26–27 °C, RH 80–90%, moderate moistening of the substrate, n=15)

2. Биотический потенциал популяции

Средний коэффициент роста популяции *T. montdorensis* составил 0.19 ± 0.017 ($n=120$), среднее время удвоения популяции – 4.7 ± 0.29 дней при температуре $26\text{--}27^\circ\text{C}$. Для сравнения: Плотность популяции *Amblyseius barkery* удваивается за 3.2 дней при температуре 25°C (Bonde, 1989).

Для выявления характера зависимости коэффициента роста популяции (r) от ее плотности был проведен регрессионный анализ (рис. 3). Полученная нами зависимость лучше всего описывается вогнутой логарифмической кривой, которая наряду с линейной функцией является одним из широко распространенных вариантов зависимости скорости роста от плотности популяции у животных. Например, сходный характер зависимости отмечен у ряда насекомых: *Drosophila melanogaster*, *Operophtera brumata*, *Callosobruchus maculatus* (Sibly, Hone, 2002).

Максимальные значения r отмечены при невысокой плотности – $20\text{--}30$ ос/мл. При повышении плотности до $50\text{--}75$ ос/мл коэффициент r снижается и в 4 раза сокращается диапазон его колебаний (рис. 3). При высокой плотности клещей в субстрате массовое разведение замедляется. Причинами этого могут быть снижение плодовитости. Частые встречи с особями своего вида вызывают беспокойство у самок, вследствие чего они откладывают меньше яиц; кроме того может понижаться выживаемость на ювенильных стадиях из-за каннибализма. Поэтому при плотности выше 50 ос/мл материал следует расселять или отправлять на реализацию.

Отдельного внимания заслуживает существенный разброс значений r при низких плотностях ($20\text{--}30$ ос/мл). Наряду с высокими значениями r ($0.3\text{--}0.5$) мы отмечаем величины гораздо ниже среднего. Причиной данных колебаний может быть невыровненность кормовой базы хищника в разных контейнерах. Например, перенаселение субстрата кормовыми клещами могло вызвать беспокойство у *T. montdorensis* и тем самым затруднить процесс спаривания или ингибировать откладку яиц в отдельных контейнерах с низкой концентрацией хищника.

При производстве фитосейид чрезвычайно важным элементом технологии является отбор исходного материала для следующего цикла. Потенциально критерием отбора может быть скорость роста популяции. Было проведено сравнение этого показателя в двух последовательных поколениях. Оценку проводили по времени удвоения популяции, которое является более наглядным показателем для производственных целей, поскольку измеряется днями.

В родительском поколении (P_0) заложили опыт в 4 контейнерах с исходным титром $15\text{--}20$ особей в мл. Через 7 дней оценивали плотность клещей, просеивали биоматериал и пересаживали на свежий субстрат. Чем выше был титр в родительском поколении, тем большее количество контейнеров закладывали в F1, формируя исходную плотность на уровне $15\text{--}20$ мл. Итоговый титр в P_0 составлял $30\text{--}50$ особей в мл. Накопленный материал был разделен на 2 или 3 части соответственно. Через 7 дней оценивали плотность клещей в F1. Результаты представлены на рисунке 4.

Корреляции между временем удвоения популяции в двух последовательных поколениях выявить не удалось

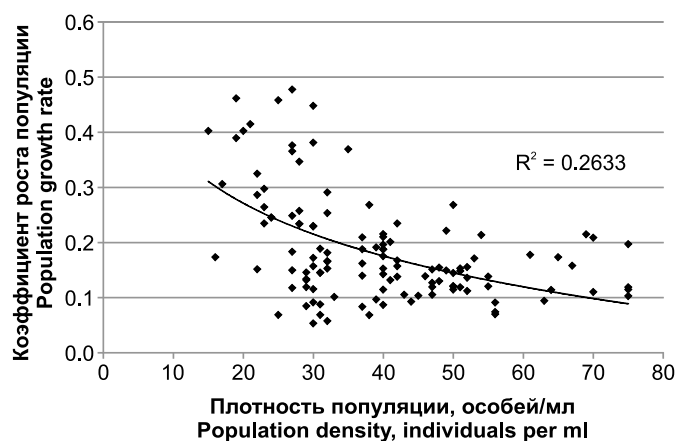
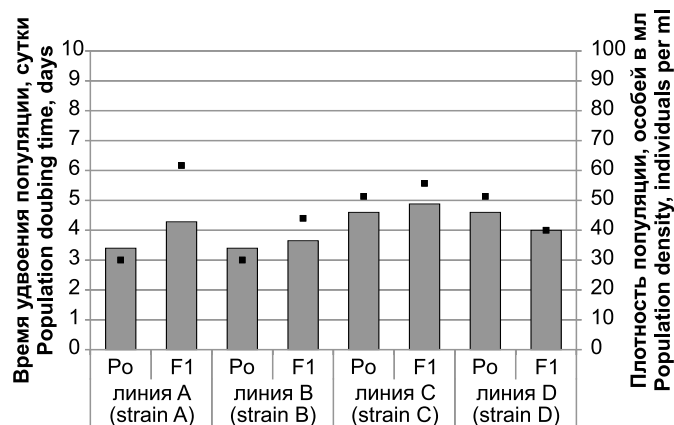


Рисунок 3. Коэффициент мгновенного роста популяции *T. montdorensis* в зависимости от ее исходной плотности.

Температура $26\text{--}27^\circ\text{C}$, влажность воздуха $80\text{--}90\%$, обильное увлажнение субстрата. Временной промежуток для оценки мгновенного роста популяции составляет 7–10 дней

Figure 3. Instantaneous population growth rate of *T. montdorensis* depending on its initial density. Temperature $26\text{--}27^\circ\text{C}$, RH $80\text{--}90\%$, abundant moistening of the substrate, $n=15$. The time interval for population growth estimation is 7–10 days



■ время удвоения популяции, дни (population doubling time, days)
■ итоговая плотность популяции, особей в мл (final population density, individuals per ml)

Рисунок 4. Время удвоения лабораторной популяции *T. montdorensis* в 2-х последовательных поколениях. Родительское поколение – P_0 , следующее поколение – F1. Температура $26\text{--}27^\circ\text{C}$, влажность воздуха $80\text{--}90\%$, интенсивное увлажнение субстрата

Figure 4. The doubling time of the laboratory population of *T. montdorensis* in 2 successive generations. The parent generation – P_0 , the next generation – F1. Temperature $26\text{--}27^\circ\text{C}$, RH $80\text{--}90\%$, intensive moistening of substrate

(рис. 4). Тестируемый показатель существенно варьирует, что не позволит использовать его в качестве критерия отбора материала для дальнейшего размножения.

Корреляции между временем удвоения популяции в двух последовательных поколениях выявить не удалось (рис. 4), что не позволяет использовать этот показатель в качестве критерия отбора материала для дальнейшего размножения.

3. Оптимизация массового разведения *T. montdorensis*

3.1. Выбор исходной плотности и сроков накопления для массового разведения

Описанные в предыдущих разделах данные по динамике плотности популяции *T. montdorensis* позволяют оптимизировать основные технологические параметры производства данного хищника. В условиях массового разведения при низких плотностях популяция *T. montdorensis* активно растет в течение 3–5 дней после начала опыта, а затем наблюдается спад скорости роста. При высоких

плотностях скорость роста достигает максимума через 2–4 дня и затем остается стабильной (рис. 5, А). При увеличении исходного титра отмечено некоторое снижение скорости роста популяции.

Время является ключевым фактором плотности популяции *T. montdorensis*, что является ожидаемым результатом – чем продолжительнее срок накопления, тем выше титр. Исходная плотность тоже достоверно влияет на тестируемый показатель (табл. 1).

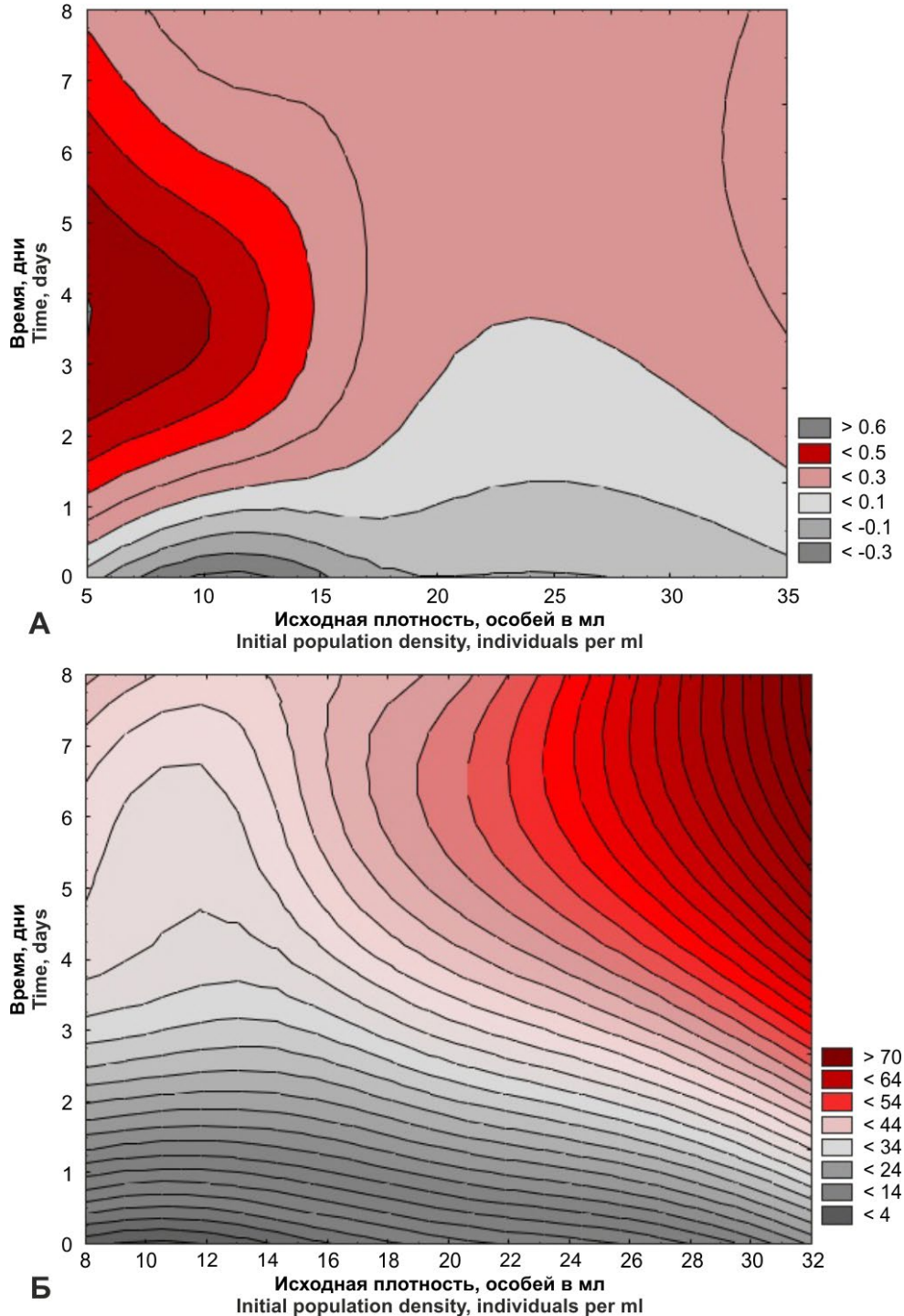


Рисунок 5. Исходная плотность и сроки накопления *T. montdorensis*

(метод взвешенных по расстоянию наименьших квадратов):

А – скорость изменения плотности популяции, Б – плотность популяции

Figure 5. Initial density and accumulation time of *T. montdorensis* (distance-weighted least squares method):

А – the rate of change in population density, Б – population density

Таблица 1. Влияние исходной плотности и сроков накопления на плотность популяции *T. montdorensis* (результаты дисперсионного анализа)

Показатель	Факторы	F	Значимость (p)	Сила влияния фактора, %
Плотность популяции	Исходный титр	33.082	0.000	25.3
	Время	168.198	0.000	72.1
	Взаимодействие факторов	26.155	0.000	28.7
Скорость роста популяции	Исходный титр	1.808	0.169	3.6
	Время	92.525	0.000	65.8
	Взаимодействие факторов	0.049	0.825	1.0

Table 1. The effect of the initial density and accumulation periods on the population density of *T. montdorensis* (results of the analysis of variance)

Indicator	Factors	F	p	Factors influence, %
Population density	Initial density	33.082	0.000	25.3
	Time	168.198	0.000	72.1
	Factors interaction	26.155	0.000	28.7
Rate of population growth	Initial density	1.808	0.169	3.6
	Time	92.525	0.000	65.8
	Factors interaction	0.049	0.825	1.0

При исходной плотности выше 20 экз./мл мы получаем биоматериал с титром, пригодным для реализации (более 50 экз./мл), на 6–8 день (рис. 5, Б). При более низких исходных плотностях, несмотря на более высокую скорость роста популяции, накопление клеща до товарной плотности требует более 10 дней и сопровождается развитием нежелательной микрофлоры в отрубях. Следовательно, данный уровень (20 экз./мл) является нижней границей диапазона оптимальных исходных плотностей для получения готового продукта при массовом разведении *T. montdorensis*.

3.2. Режим увлажнения воздуха

Влажность воздуха – ключевой показатель, который наряду с температурой определяет скорость роста популяций фитосейдных клещей, в том числе *T. montdorensis*, особенно чувствительного к низкой влажности, т.к. при 70% RH гибнет около 50% яиц клеща (Steiner et al., 2003).

Кроме того, поддержание высокой влажности воздуха предохраняет субстрат (отруби) от быстрого высыхания особенно при температурах 27–29 °С, которые оптимальны для *T. montdorensis* и обеспечивают высокую скорость развития данного вида.

Однако поддержание высокой влажности в производственных помещениях весьма ресурсозатратно, кроме того это затрудняет работу персонала. Поэтому для оптимизации массового разведения *T. montdorensis* целесообразно поддерживать высокую (>80%) влажность непосредственно в зоне размножения клещей, при этом фоновая влажность в помещении может оставаться на уровне 60–70%. Для реализации этого подхода необходимо разработать способ локального повышения влажности непосредственно в зоне размножения клещей.

Для дополнительного увлажнения воздуха использовали стеклянные сосуды (объемом 500 мл) с водой, закрытые мельничным газом (рис. 6). Сосуды с водой помещали в контейнеры с субстратом, заселенным клещами. Исходная плотность *T. montdorensis* в субстрате составляла 12–14 особей в мл, объем субстрата – 200 мл.

Измерения локальной влажности в зоне размножения клещей проводили с помощью логгера, который



Рисунок 6. Дополнительное увлажнение воздуха в контейнерах при содержании лабораторной популяции *T. montdorensis*

Figure 6. Additional air moistening in containers with the laboratory population of *T. montdorensis*

размещали на поверхности субстрата. При этом фоновую влажность воздуха в производственном помещении снижали до уровня 60–70% при температуре 27–29 °С. Таким образом, опыт проводили при неоптимальной фоновой влажности в двух вариантах: дополнительное увлажнение и без увлажнения (контроль) (рис. 7).

В варианте опыта с локальным увлажнением воздуха плотность клеща за 5 дней выросла в 2 раза (рис. 7). В варианте без увлажнения (контроль) отмечено достоверное снижение плотности, что, по-видимому, связано с гибелью части особей, которые находились на ранних стадиях развития (яйцо, личинка).

3.3. Режим увлажнения субстрата

Помимо высокой влажности воздуха при разведении *T. montdorensis* необходимо поддерживать влажность субстрата – отрубей, в которых проходит размножение кормового клеща и хищника.

На первом этапе исследований при разведении *T. montdorensis* использовали следующий режим увлажнения: расход воды (общий) на увлажнение отрубей перед их использованием: 1) 50 мл воды на 1 л отрубей; 2) расход воды на увлажнение отрубей при формировании субстрата: 20 мл воды на 400 мл отрубей; 3) расход воды на увлажнение отрубей в контейнерах по ходу разведения, при котором увлажнение субстрата проводили 1 раз в 2–3 дня по мере его высыхания; 4) расход воды – 0.8 мл на 400 мл отрубей. При данных параметрах не происходило слеживания субстрата и размножения нежелательных микроорганизмов.

Однако, при данном режиме увлажнения, рост плотности хищника был замедленным, особенно при исходном титре 12 экз./мл (рис. 8А). Активное накопление хищника отмечено только в течение первых 5 дней. Затем скорость роста популяции снижалась катастрофически (рис. 8Б).

Для повышения скорости размножения хищника расход воды на увлажнение субстрата повысили в 3 раза: с 0.8

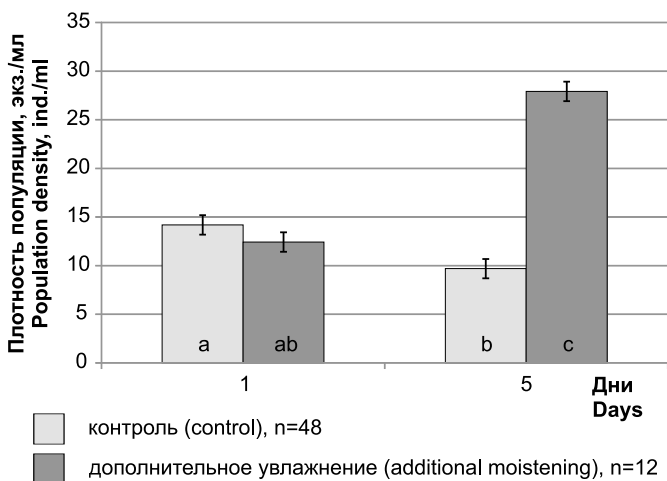


Рисунок 7. Плотность популяции *T. montdorensis* в зависимости от режима увлажнения воздуха в контейнерах.

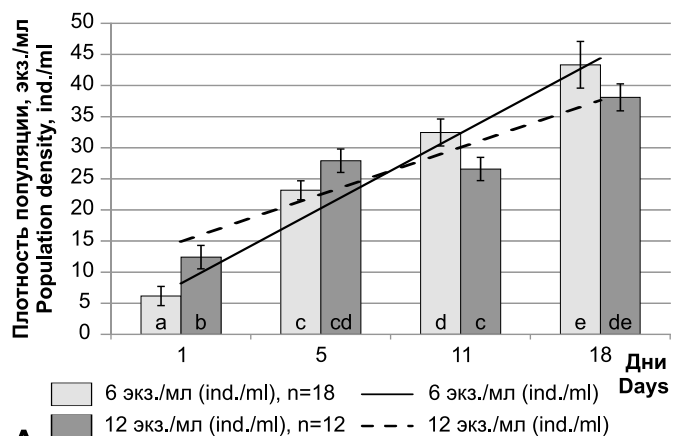
Опыт проводили в 2 одновременных повторностях. Одинаковыми буквами в основании столбцов диаграммы обозначены статистически не различающиеся значения ($p > 0.05$) по t-критерию Стьюдента

Figure 7. Population density of *T. montdorensis* depending on mode of substrate moistening in containers. The experiment was carried out in 2 repetitions at different times. The same letters at the base of the columns of the diagram indicate statistically not different values ($p > 0.05$) according to Student's t-test

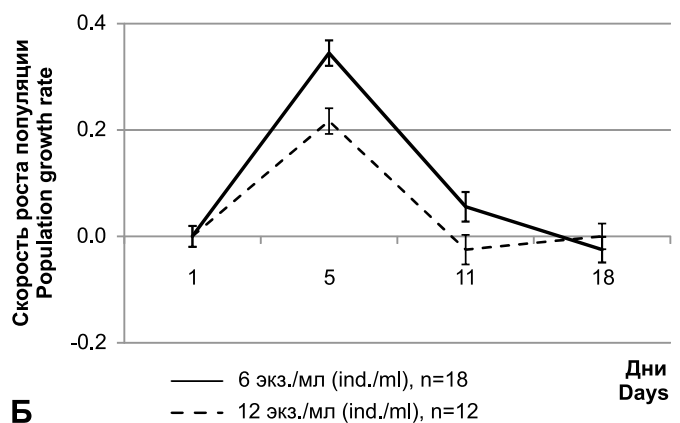
до 2.5 мл на 400 мл отрубей. Увлажнение субстрата проводили, как и раньше, 1 раз в 2–3 дня по мере его высыхания (рис. 9).

При новом режиме увлажнения плотность в 50 особей в мл была отмечена на 10-ый день после начала опыта при исходном титре 15 особей в мл. При повышении исходного титра до 20 особей на мл искомая плотность достигалась на 7-ой день, но в дальнейшем снижалась на 20–25%. Снижение могло быть обусловлено гибелью части клещей из-за развития нежелательной микрофлоры в отрубях, о чем свидетельствовал характерный запах плесени (рис. 9).

Для борьбы с микроорганизмами в отрубях предполагается тестировать антибиотики ампициллин, неомицин и стрептомицин, которые с успехом использовались в практике массового разведения клещей (Korecky et al., 2014).



А



Б

Рисунок 8. Плотность (А) и скорость роста (Б) популяции *T. montdorensis* при стандартном режиме увлажнения субстрата (расход воды – 0.8 мл на 400 мл отрубей).

Опыт проводили в 3 одновременных повторностях. Одинаковыми буквами в основании столбцов диаграммы обозначены статистически не различающиеся значения ($p > 0.05$) по t-критерию Стьюдента

Figure 8. Density (A) and growth rate (Б) of *T. montdorensis* population under the standard substrate moistening mode (water consumption – 0.8 ml per 400 ml of bran). The experiment was carried out in 3 repetitions at different times. The same letters at the base of the columns of the diagram indicate statistically not different values ($p > 0.05$) according to Student's t-test

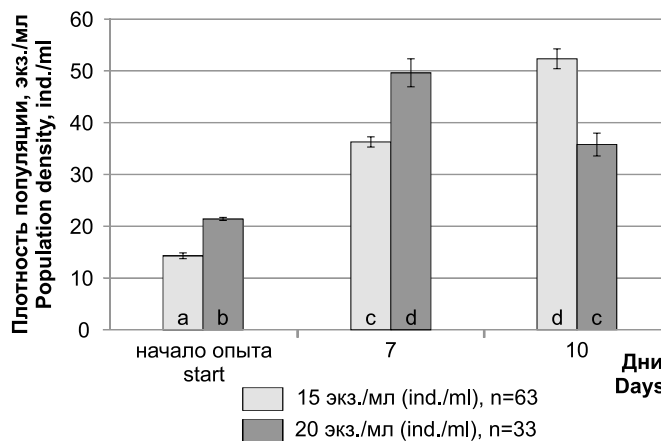


Рисунок 9. Плотность популяции *T. montdorensis* при интенсивном увлажнении субстрата (расход воды – 2.5 мл на 350–400 мл отрубей). Опыт проводили в 3 разновременных повторностях. Одинаковыми буквами в основании столбцов диаграммы обозначены статистически не различающиеся значения ($p > 0.05$) по t-критерию Стьюдента

Figure 9. Population density of *T. montdorensis* with intensive moistening of the substrate (water consumption – 2.5 ml per 350–400 ml of bran). The experiment was carried out in 3 repetitions at different times. The same letters at the base of the columns of the diagram indicate statistically not different values ($p > 0.05$) according to Student's t-test

Заключение

При массовом разведении хищных клещей сем. Phytoseiidae на сыпучем субстрате каждый контейнер содержит десятки миллионов особей хищника. Особи на всех стадиях развития (от яиц до половозрелых клещей) обитают совместно, конкурируя за пищевой ресурс и пространство.

Скученность является одной из основных проблем массового разведения энтомофагов, в том числе хищных клещей. Скученности невозможно избежать из-за высокой себестоимости полезных площадей на биотехнологических производствах, а также особенностей логистики при доставке (максимальное количество биоматериала должно уместиться в минимальном объеме). Поэтому при адаптации вида к условиям массового разведения особый интерес представляет влияние высоких плотностей на скорость роста популяции.

При сверхвысоких плотностях в популяции обычно включаются механизмы, ингибирующие репродукцию и активирующие расселение (Begon, Townsend, 2021). При скученности происходит быстрое накопление фекалий хищника и кормового клеща в субстрате и как следствие развитие нежелательной микрофлоры в субстрате (Vejrnson, 2008). Еще одним последствием скученности потенциально может быть повышение интенсивности каннибализма особенно в отношении яиц. Этот негативный эффект может быть снижен путём включения альтернативной пищи для хищных клещей, в т.ч. пыльцы (Maccossi et al., 2020).

Анализируя результаты, полученные на *T. montdorensis* можно отметить, что вид устойчив к высокой плотности.

Ожидаемого негативного эффекта скученности на рост популяции не отмечено. Скорее, наоборот, при низких исходных плотностях (5–15 особей в мл) накопление хищника идет медленнее, чем ожидается (рис. 5), исходя из выявленного тренда (рис. 3). Предположительной причиной этого является взаимодействие хищника с жертвой – узким клещом, которому свойственны вспышки массового размножения. По-видимому, при высоких плотностях хищник эффективно сдерживает взрывной рост жертвы, а если исходная плотность не велика, то узкий клещ перенаселяет субстрат, что ингибирует рост хищника и является источником стресса. Возможно, продукты жизнедеятельности (в т.ч. метаболические газы и тепло) узкого клеща подавляют репродукцию самок *T. montdorensis* или вызывают повышенную смертность среди ювенильных особей (Vangansbeke et al., 2023).

Анализируя скорость роста популяции *T. montdorensis* следует отметить, что наблюдается тенденция к снижению скорости роста по мере повышения плотности, но в диапазоне плотностей 5–30 особей в мл эти различия статистически не достоверны. Следовательно, при использовании для массового разведения высокой исходной плотности (20–30 особей в мл), потери в скорости роста будут пренебрежимо малы.

Таким образом, разведение в течение 6–8 дней при исходных плотностях в диапазоне 20–30 особей в мл являются оптимальными параметрами для получения готового продукта при массовом разведении *T. montdorensis*.

Библиографический список (References)

Ильницкая ВИ (2013) *Amblyseius montdorensis* для надежного контроля белокрылки и трипса. *Гавриш* (6): 26–27
 Красавина ЛП, Трапезникова ОВ (2022а) Совершенствование способов разведения хищных клещей *Neoseiulus cucumeris* и *Transeius montdorensis* для биологической защиты растений. *Вестник защиты растений* 105(2), 87–93.

Красавина ЛП, Трапезникова ОВ (2022b) Оценка биологической эффективности *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot и *Transeius montdorensis* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae) против обыкновенного паутинового клеща *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) на розах в лаборатории. *Proceedings of the Russian Entomological Society* 93: 112–119.

- Мешков ЮИ, Салобукина НН (2013) Использование хищного клеща для защиты тепличных культур от калифорнийского трипса. *Гавриш* (2): 20–23.
- Одум Ю (1986) Экология: В 2-х т. Т. 2. Пер. с англ., М.: Мир 376 с.
- Beard JJ (2001) A review of Australian *Neoseiulus* Hughes and *Typhlodromips* De Leon (Acari: Phytoseiidae: Amblyseiinae). *Invertebrate Systematics* 15(1): 73–158.
- Begon M, Townsend CR (2021). Ecology: from individuals to ecosystems. John Wiley & Sons. 750 pp.
- Bjørnson S (2008) Natural enemies of mass-reared predatory mites (family Phytoseiidae) used for biological pest control. *Exp Appl Acarol* 46: 299–306.
- Bonde J (1989) Biological studies including population growth parameters of the predatory mite *Amblyseius barkeri* (Acarina.: Phytoseiidae) at 25 °C in the laboratory. *Entomophaga* 34: 275–287.
- Castañé C, Alomar O, Rocha A, Vila E, Riudavets J (2022) Control of *Aculops lycopersici* with the Predatory Mite *Transeius montdorensis*. *Insects* 13(12): 1116.
- Kopecky J et al. (2014) The effect of antibiotics on associated bacterial community of stored product mites. *PLoS One* 9 (11), e112919: 1–12.
- Gutierrez J, Schicha E (1984) Phytoseiidae and Tetranychoida in Fiji and other South Pacific Islands (Acari). *International Journal of Entomology* 26(4): 386–388.
- Hatherly IS, Bale JS, Walters KFA, Worland MR (2004) Thermal biology of *Typhlodromips montdorensis*: implications for its introduction as a glasshouse biological control agent in the UK. *Entomol Exp Appl* 111(2): 97–109.
- Labbé RM, Gagnier D, Shipp L (2019) 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* 48(2): 335–342.
- Manners AG, Dembowski BR, Healey MA (2013). Biological control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), in gerberas, chrysanthemums and roses. *Aust J Entomol* 52: 246–258.
- Marcossi Í et al. (2020) High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). *Entomol Exp Appl* 81: 189–200.
- Messelink GJ, Kogel WJD (2013). Een systeembenadering voor onderzoek an trips bestrijding in de sierteelt onder glas: Een visiedocument vanuit onderzoek en praktijk. Bleiswijk: Wageningen UR Glastuinbouw, Rapporten WUR GTB 1258
- Sibly RM, Hone J (2002) Population growth rate and its determinants: an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 357 (1425): 1153–1170.
- Schicha E (1979) Three new species of *Amblyseius* Berlese from New Caledonia and Australia. *Australian Entomological Magazine* 6 (3): 41–48.
- Schicha E (1987) Phytoseiidae of Australia and neighboring areas. Indira Publishing House. 187 p.
- Slobodkin LB (1962) Growth and regulation of animal populations. Holt, Rinehart and Winston, New York. 184 p.
- Steiner MY, Goodwin S, Wellham TM, Barchia IM, Spohr LJ (2003) Biological studies of the Australian predatory mite *Typhlodromips montdorensis* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae), a potential biocontrol agent for western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *Aust J Entomol* 42: 124–130.
- Sun L, Liao ZX, Zheng YQ, Chen DS, Gao GG, Chen X (2022) Effects of temperature on immature development of *Transeius montdorensis* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae) fed on *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera, Aleyrodidae) biotype Q. *Systematic and Applied Acarology* 27(10): 2004–2011.
- Téllez MM, Cabello T, Gámez M, Burguillo FJ, Rodríguez E (2020) Comparative study of two predatory mites *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot and *Transeius montdorensis* (Schicha) by predator-prey models for improving biological control of greenhouse cucumber. *Ecological Modelling* 431: 109–197.
- van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A (2018) Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl* 63: 39–59.
- Vangansbeke D, Duartem MV, Pekas A, Wäckers F, Bolckmans K (2023) Mass production of predatory mites: state of the art and future challenges. In: Mass production of beneficial organisms: invertebrates and entomopathogens. Academic Press, 195–232.
- Walter DE, Krantz GW (2009) Collecting, rearing, and preparing specimens. In: Krantz GW & Walter DE (Eds.) A manual of Acarology, 3rd edition. Texas Tech University Press, 83–96.

Translation of Russian References

- Ilnitskaya VI (2013). *Amblyseius montdorensis* for reliable control of whiteflies and thrips. *Gavrish* (6): 26–27.
- Krasavina LP, Trapeznikova OV (2022). Improvement of methods for breeding predatory mites *Neoseiulus cucumeris* and *Transeius montdorensis* for biological plant protection. *Plant Protection news* 105(2): 87–93.
- Krasavina LP, Trapeznikova OV (2022). Evaluation of the biological efficacy of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Transeius montdorensis* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae) against the common spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on roses in the laboratory. *Proceedings of the Russian Entomological Society*, 93: 112–119.
- Meshkov YI, Salobukina NN (2013). Using a predatory mite to protect greenhouse crops from California thrips. *Gavrish* (2): 20–23.
- Odum, Y (1986). Ecology. Ripol Classic, p. 376.

BIOTIC POTENTIAL OF *TRANSEIUS MONTDORENSIS* (ACARI: PHYTOSEIIDAE)
UNDER TECHNOCENOSIS CONDITIONS

D.A. Popov*, A.V. Grintsevich

Institute of Applied Entomology, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: denis.popov@inappen.com*

The subtropical mite species *Transeius montdorensis* is widely used to control thrips and other sucking pests in European countries. To develop a domestic technology for the mass rearing of *T. montdorensis*, its biotic potential has been evaluated under large scale production. The growth rate of *T. montdorensis* is 0.19 ± 0.017 , the doubling time is 4.7 ± 0.29 days at $26\text{--}27^\circ\text{C}$. In the tested range of mite densities (5–80 ind./ml), the growth rate tends to decrease as the density increases. This trend can be approximated by a logarithmic curve. The density 60–80 ind./ml causes not only a significant drop in the population growth rate but also the decrease in range of its fluctuations. Higher fluctuations of growth rate at lower predator densities (5–15 ind./ml) are probably due to the fact that, in some containers, the predator is unable to hold back outbreaks of its prey (the flour mite *Tyrophagus entomophagus*). As a result, the prey overpopulates the substrate, which causes its contamination by waste products stimulating microflora development. The growth rate in the density range of 5–15 ind./ml is lower than expected and does not differ significantly from that in the range of 20–30 ind./ml. This indicates that the prey uncontrolled growth inhibit the reproduction of *T. montdorensis*. The population doubling time is a reliable indicator for screening the best stock culture of *T. montdorensis* for its successful rearing up to density 60 ind./ml within 6–8 days, i.e., before mass growth of fungi in the substrate. The range of 20–30 ind./ml is the optimal starting density for mass rearing, and when the predator reaches a density of more than 60 ind./ml, it should be resettled or offered for sale.

Keywords: *Transeius montdorensis*, Phytoseiidae, mass rearing, population growth rate, humidity

Submitted: 30.08.2023

Accepted: 10.10.2023