

Т. Доолоткелдиева*, С. Жолдошбекова, Э. Исмаилова

Кыргызско-Турецкий Университет Манас, Кыргызстан, г. Бишкек
e-mail: tdoolotkeldieva@gmail.com

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *BEAUVERIA BASSIANA* ПРОТИВ БЕЛОКРЫЛКИ (*Trialeurodes vaporariorum*): ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПОЛЕВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В настоящем исследовании проводился поиск состава дешевых питательных сред и выращивание на них местных изолятов *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Clavicipitaceae), выделенных их разных природных источников Кыргызстана. Для выращивания биомассы из штаммов *Beauveria bassiana* в лабораторных условиях и определения ее энтомопатогенной активности были использованы отходы пищевой промышленности: гороховая крупа, овсяная крупа и соевая мука. Штаммы 501Bb, 502Bb и 503Bb дали хороший рост мицелия и конидионошение на поверхности овсяной крупы и горохой крупы, при подсчете образующихся конидий в 1г полученной биомассы, плотность конидий составила в течение 15 дней $1.2-1.4 \times 10^9$ спор/мл. Слабый рост был отмечен на соевой муке, количество конидий составила 1.0×10^4 спор/мл. Результаты *in vitro* биотестирования полученных биопрепаратов на гороховой и овсяной крупе показали, что из всех испытанных штаммов, 502Bb проявил более высокую эффективность в отношении обеих стадий вредителя ($92.00 \pm 1.13\%$ у личинок и $65.0 \pm 0.89\%$ у имаго, $P \leq 0.05$) при дозе 1×10^9 конидий/мл.

При двукратном опрыскивании тепличных растений огурцов суспензией препарата, содержащей 2.2×10^9 конидий в мл г гибель личинок доходила до $80 \pm 1.41\%$, а имаго до $71 \pm 1.13\%$ при использовании биопродукта на основе штамма 502Bb, при опрыскивании суспензией биопродукта на основе 501Bb и 503Bb смертность личинок составила $76 \pm 1.27\%$, имаго – $65 \pm 1.15\%$; $77 \pm 1.17\%$ личинок и $67 \pm 1.23\%$ имаго соответственно ($P \leq 0.05$). Полученные результаты подтверждают, что внедрение этих патогенных грибов как агенты биологической борьбы с этими вредителем спасут посевов от неизбежного применения химических инсектицидов, внесет значимый вклад в защиту окружающей среды и полезных компонентов природы от чрезмерного загрязнения пестицидами.

Ключевые слова: биологические агенты, энтомопатогенные грибы, сосущие вредители, биоконтроль.

T. Doolotkeldieva*, S. Zholdosbekova, E. Ismailova

Kyrgyz-Turkish Manas University, Kyrgyzstan, Bishkek
*e-mail: tdoolotkeldieva@gmail.com

Biotesting of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* against the whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*): laboratory and field experiments

In the present study, we searched for the composition of cheap nutrient media. We grew local isolates of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Clavicipitaceae) isolated from various natural sources in Kyrgyzstan. To produce biomass from strains of *Beauveria bassiana* in laboratory conditions and determine its entomopathogenic activity, food industry wastes were used: pea groats, oatmeal and soy flour. Strains 501Bb, 502Bb and 503Bb gave a tremendous growth of mycelium and conidia formation on the surface of oatmeal and pea groats when counting the resulting conidia in 1g of the biomass, the density of conidia was $1.2-1.4 \times 10^9$ spores/ml within 15 days. Weak growth was noted on soy flour; conidia was 1.0×10^4 spores/ml. The results of *in vitro* bio testing of the obtained biological preparations on pea and oat groats showed that of all tested strains, 502Bb showed higher efficiency against both stages of the pest ($92.00 \pm 1.13\%$ in larvae and $65.0 \pm 0.89\%$ in adults, $P \leq 0.05$) at a dose of 1×10^9 conidia/ml.

When greenhouse cucumber plants were sprayed twice with a suspension of the bioproduct containing 2.2×10^9 conidia per ml, the death of larvae reached $80 \pm 1.41\%$, adults up to $71 \pm 1.13\%$ when using a bioproduct based on strain 502Bb, when spraying with a suspension of bioproduct based on 501Bb and 503Bb larval mortality was $76 \pm 1.27\%$, adults – $65 \pm 1.15\%$; $77 \pm 1.17\%$ larvae and $67 \pm 1.23\%$ adults, respectively ($P \leq 0.05$). The results obtained confirm that introducing these pathogenic

fungi as agents of biological control against these pests will save crops from the indiscriminate use of chemical insecticides and will significantly contribute to the protection of the environment and valuable components of nature from excessive pesticide pollution.

Key words: biological agents, entomopathogenic fungi, sucking pests, biocontrol.

Т. Доолоткелдиева*, С. Жолдошбекова, Э. Исмаилова

Қырғыз-түрік «Манас» университеті, Қырғызстан, Бішкек қ.

*e-mail: tdoolotkeldieva@gmail.com

***Beauveria bassiana* энтомопатогенді саңырауқұлақтарын ақ шыбынға
(*Trialeurodes vaporariorum*) қарсы биотестілеу:
зертханалық және далалық тәжірибелер**

Бұл зерттеуде біз арзан қоректік орталардың құрамын іздедік және оларда Қырғызстанның әртүрлі табиғи көздерінен оқшауланған *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Clavicipitaceae) жергілікті изоляттарын өсірдік. Зертханалық жағдайда *Beauveria bassiana* штамдарынан биомасса өсіру және оның энтомопатогендік белсенділігін анықтау үшін тамақ өнеркәсібінің қалдықтары: бұршақ жармасы, сұлы жармасы және соя ұны пайдаланылды. 501 Bb, 502 Bb және 503 Bb штамдары сұлы жармасы мен бұршақ жармасының бетінде мицелий мен конидионның жақсы өсуін берді, алынған биомассаның 1г алынған конидийлерді санағанда конидийлердің тығыздығы $1,2-1,4 \times 10^9$ спора/мл болды. Соя ұнында әлсіз өсу байқалды, конидия саны $1,0 \times 10^4$ спора/мл. Алынған биологиялық препараттарды бұршақ және сұлы жармасы бойынша *in vitro* биотестілеу нәтижелері барлық тексерілген штамдардың ішінде 502Bb зиянкестердің екі сатысына да жоғары тиімділік көрсеткенін көрсетті (личинкаларда $92,00 \pm 1,13\%$ және ересектерде $65,0 \pm 0,89\%$, $P \leq 0,05$) 1×10^9 конидия/мл дозада. Жылыжайлық қияр өсімдіктеріне $2,2 \times 10^9$ конидиялы мл г препарат суспензиясымен екі рет бұрку кезінде дернәсілдердің өлімі $80 \pm 1,41\%$, ал ересектерде 502Bb штамм негізіндегі биоөнімдерді қолданғанда $71 \pm 1,13\%$ дейін, бұрку кезінде. 501Bb және 503Bb негізіндегі биоөнім суспензиясымен дернәсілдердің өлімі $76 \pm 1,27\%$, ересектер – $65 \pm 1,15\%$ құрады; $77 \pm 1,17\%$ дернәсіл және $67 \pm 1,23\%$ ересектер ($P \leq 0,05$). Алынған нәтижелер осы патогенді саңырауқұлақтарды осы зиянкестерге қарсы биологиялық күрес құралдары ретінде енгізу ауылшаруашылық дақылдарын химиялық инсектицидтерді ретсіз пайдаланудан құтқаратынын және қоршаған ортаны және табиғаттың пайдалы компоненттерін шамадан тыс пестицидтерден қорғауға елеулі үлес қосатынын растайды.

Түйін сөздер: биологиялық агенттер, энтомопатогенді саңырауқұлақтар, сорғыш зиянкестер, биобақылау.

1. Введение

Насекомые-вредители являются одним из наиболее важных факторов, ограничивающих урожайности сельскохозяйственных культур. Ежегодно белокрылка (*Trialeurodes vaporariorum*, *Aleyrodidae*) наносит значительный ущерб в тепличным культурам. Это мелкое насекомое размером от 1,3 до 1,8 мм с двумя парами белых крыльев, покрытых мучнистым налётом, питается соком растений, находится на карантине в нескольких странах мира. Известные виды: оранжерейной, цитрусовой и розовой бабочки, которые широко распространены на территории СНГ. В закрытом грунте этот вредитель активно развивается в течение всех сезонов, в открытом грунте сохраняется в южных районах [19, 11].

Химические системно-контактного действия препараты важны для эффективной борьбы с белокрылкой во многих частях мира, но их не-

избирательное использование позволило насекомым выработать устойчивость ко многим химическим инсектицидам. Кроме того, неразумное использование химических инсектицидов привело к повышенному загрязнению окружающей среды и вредному воздействию на здоровье человека и нецелевые организмы [3]. По этим причинам энтомопатогенные грибы, в том числе *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Clavicipitaceae) представляют интерес как альтернативные средства борьбы с насекомыми-вредителями. Эти грибы могут вызывать микозы и поражать около 700 видов вредных насекомых из различных отрядов (чешуекрылых, равнокрылых, перепончатокрылых, жесткокрылых, двукрылых и др.) [4, 25, 2, 14].

Виды *Beauveria bassiana*, в отличие от бактерий и вирусы, могут проникать и заражать насекомых, непосредственно через их кутикулярный покров, разрушая кутикулярные компоненты с помощью продуцируемых ими ферментов- про-

теазы, эстеразы, липазы и хитиназы [16, 13, 20, 23]. Грибы вторгаются в гемоцель насекомого через поврежденный покров, где споры прорастают в гифы или более коротких гифальных тел, используют питательные вещества гемолимфы для дальнейшего размножения, выделяя ряд токсинов, которые в конечном итоге убивают насекомых. Из-за истощения гемоцельных питательных веществ, гифы появляются и конидируют на поверхности трупа насекомого, что приводит к мумификации насекомого-хозяина, пораженный вредитель снаружи покрывается белым пушистым налетом, состоящим из многочисленных конидионосцев с конидиями [7, 22].

Однако для возникновения инфекции требуется относительно большая инфекционная нагрузка (2-6 млрд спор/г). Поэтому в естественных условиях этот гриб не наносит значительного вреда. Его эффективность возрастает при ухудшении физиологического состояния особей и при повышенной влажности окружающей среды. Для создания биопрепаратов на основе *Beauveria bassiana* с титром не меньше 2-млрд. спор, необходим отбор компонентов дешевых питательных сред, отвечающих всем физиологическим потребностям этого гриба и обеспечивающих массового выхода конидий в грамме питательной среды [8, 12].

В настоящем исследовании проводился поиск состава дешевых питательных сред и выращивание на них местных изолятов *Beauveria bassiana*, выделенных их разных природных источников и хранившихся в лабораторной коллекции отделения Защиты Растений Кыргызско-Турецкого Университета «Манас».

Основной целью исследования явилось изучение энтомопатогенной активности лабораторных образцов биопродуктов полученных на основе изолятов *Beauveria bassiana* в отношении личиночной стадии и имаго белокрылки в лабораторных опытах и в тепличных условиях на огурцах.

2. Материал и методы

2.1. Искользованные в биотестировании штаммы *Beauveria bassiana*

Для лабораторных испытаний и в тепличных экспериментах 3 штамма *Beauveria bassiana* (501 Bb, 502 Bb и 503 Bb) были использованы. Они имели свое происхождение из

естественнопогибших насекомых, найденных в природе: 501 Bb изолят был выделен из трупов личинок проволочника (*Agriotes mancus* (Say)); 502 Bb изолят из трупов личинок большой восковой моли (*Galleria melonella*); 503 Bb изолят из погибших особей имаго колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*). Культуры вышеуказанных штаммов хранились при температуре 4°C на агаровой среде Чапека (Сахароза – 20,0 г; NaNO₃ – 2 г; KH₂PO₄ – 1 г; MgSO₄·7H₂O – 0,5 г; KCl – 0,5 г; FeSO₄ – 0,01 г; агар – 20 г; дист. вода – 1000 мл).

2.2. Подбор недорогих питательных сред, отвечающих физиологическим требованиям штаммов *Beauveria bassiana*

Для выращивания биомассы из штаммов *Beauveria bassiana* в лабораторных условиях и определения ее энтомопатогенной активности были использованы отходы пищевой промышленности: гороховая крупа, овсяная крупа и соевая мука. Эти растительные отходы стерилизовали в автоклаве хорошо, так как они содержат много другой ненужной микрофлоры. После дополнительной автоклавной обработки пищевые среды сушили в сушильном шкафу при 120-140°C для дополнительной стерилизации. Готовые пищевые среды распределяли в стерильные посуды слоем 5-10 см. Для инокуляции подготовленной среды готовили инокулянт из *Beauveria bassiana* штаммов, выращенных предварительно в жидкой модифицированной среде Чапека (кормовые дрожжи – 15 г; сахароза – 3,0 г; (NH₄)₂SO₄ – 0,3 г; KH₂PO₄ – 0,1 г; MgSO₄ – 0,05 г; KCl – 0,05 г; ZnSO₄ – 0,002 г; KI – 0,003 г; FeSO₄ – следы; вода – 100 мл) на шейкере (Шейкер-инкубатор ES-20/8, BIOSAN, USA) в течение 48 часов. Через 2 дня количество спор в 1 мл жидкости, измеряли с помощью спектрофотометра (UV/VIS, Jenway, Stone, UK) при 600 nm. Готовые инокулянты содержащие 1x10⁹ спор/мл вносили в подготовленные среды из пищевых отходов, перемешали хорошо для равномерного распределения спор штаммов *Beauveria bassiana* на всех слоях питательной среды и выращивали в течение 14 дней. Через день встряхивали посуду для равномерного распределения и аэрации развивающийся мицелий в среде (рис.1).

2.3. Биотестирование биопрепаратов *Beauveria bassiana* в лабораторных условиях.

Из мицелийсодержащей сухой биомассы штаммов готовили суспензии в теплой стериль-

ной воде с добавлением 0.01% Tween 80 и суспензии разбавляли до концентрации 1×10^9 конидий/мл после определения концентрации путем подсчета конидий в /мл с помощью гемоцитометра. По 1 мл конидиальной суспензии каждого изолята наносили на диски из фильтровальной бумаги (диаметр 9 см) в чашках Петри. Листья огурца с заселенными личинками и имаго белокрылки (приблизительно по 30 экз.) помещали в чашку Петри и опрыскивали еще с 1мл суспензией биопрепарата. Таким образом, в каждую чашку вносили по 2мл суспензии содержащей 1×10^9 конидий/мл энтомопатогенного гриба. Опыты проводились в трех повторностях. В контроле подопытные насекомые опрыскивали теплой стерильной водой. Ежедневно проводили наблюдение за развитием микоза на подопытных насекомых и за влажностью в чашках Петри. Чтобы создавать влажные условия для прорастания конидий гриба, по мере уменьшения влажности дополнительно опрыскивали стерильной водой фильтровальную бумагу. Смертность насекомых учитывали в течение 7 суток.

2.4. Биотестирование биопрепаратов *Beauveria bassiana* в теплице на огурцах.

Отвешивали 20 г штаммов *Beauveria bassiana*, выращенных на твердом пищевом отходе, смешивали с теплой дистиллированной водой и готовили специальную суспензию (2.2×10^9 конидий/мл). Приготовленной суспензией опрыскивали нижнюю и верхнюю поверхности листьев огурца с заселенными колониями специальным распылителем обильно, чтобы стекала жидкость по краям листовой пластинки. Для каждого штамма по 5 растений, расположенных изолировано друг от друга были использованы. Растений заворачивали в специальную тонкую марлю, чтобы белокрылки не летели с других растений. Количество погибших и ослабленных особей (личинок и взрослых особей) в сутки на 10 листьях с каждого растения определяли визуализацией с помощью микроскопа. Для каждого листа внимательно осматривали верхнюю и нижнюю стороны и подсчитывали насекомых в каждой категории (мертвые, больные и явно здоровые насекомые) в течение 10-дневного периода (Рис.2).



Рисунок 1 – Схема получения лабораторных образцов биопрепарата на основе *Beauveria bassiana* на пищевых отходах



Рисунок 2 – Проведение опрыскивание суспензией биопрепаратов на основе *Beauveria bassiana* против оранжерейной белокрылки на огурцах в тепличных условиях

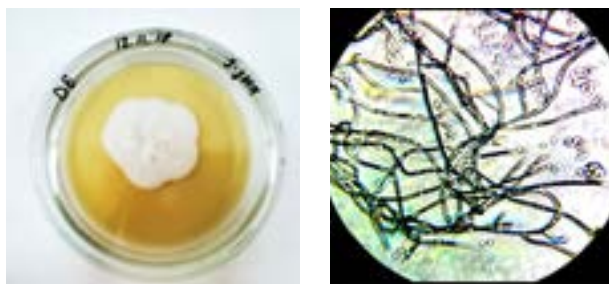


Рисунок 3 – Колонии на среде Чапека и микроскопическая картина (x100) конидиофоров и конидий изолятов *Beauveria bassiana*

Статистические обработки данных. Данные о смертности, полученные в ходе исследования, были нормализованы с использованием преобразования квадратного корня и подвергнуты дисперсионному анализу (ANOVA). Нетрансформированные средние значения представлены здесь как значения P: $P \leq 0.05$ считались статистически значимыми (программное обеспечение STATISTICAR 6.0).

Снимки бактериальных клеток получали с помощью камеры для микроскопии (Motic Images Plus, версия 2.0 ML, краткое руководство пользователя, Составные биологические микроскопы серии 163).

3. Результаты и обсуждение

3.1. Краткая характеристика штаммов *Beauveria bassiana*

Использованные в эксперименте изоляты *Beauveria bassiana* хорошо росли на среде Чапека, образуя плотные хлопковидные воздушные конидии бело-серого или бело-желтого цвета при 28 °С. У всех изолятов четко выделялись конидио-

офоры, состоящие из мутовок и плотных скоплений симподиальных, коротких и шаровидных конидиогенных клеток с зигзагообразным видом на вершине и одноклеточных сферических конидий.

3.2. Подбор недорогих питательных сред, отвечающих физиологическим требованиям штаммов *Beauveria bassiana*

Проверяли скорость роста каждого штамма на субстратах пищевого отхода и использование их грибами в качестве пищи. Было обнаружено, что штаммы *Beauveria bassiana* хорошо растут на гороховой крупе, полностью покрывая данную среду и образуя плотный ватообразный мицелий с конидиями. А также грибы хорошо использовали для своего развития и освяную муку, а в соевой муке они дали слабый рост (Рис.4). Штаммы 501 Вв, 502Вв и 503Вв дали хороший рост мицелия и конидионошение на поверхности овсяной крупы и горохой крупы, при подсчете образующихся конидий в 1г полученной биомассы, плотность конидий составила в течение 15 дней $1.2-1.4 \times 10^9$ спор/мл. Слабый рост был отмечен на соевой муке, количество конидий составила 1.0×10^4 спор/мл (Рис.5).

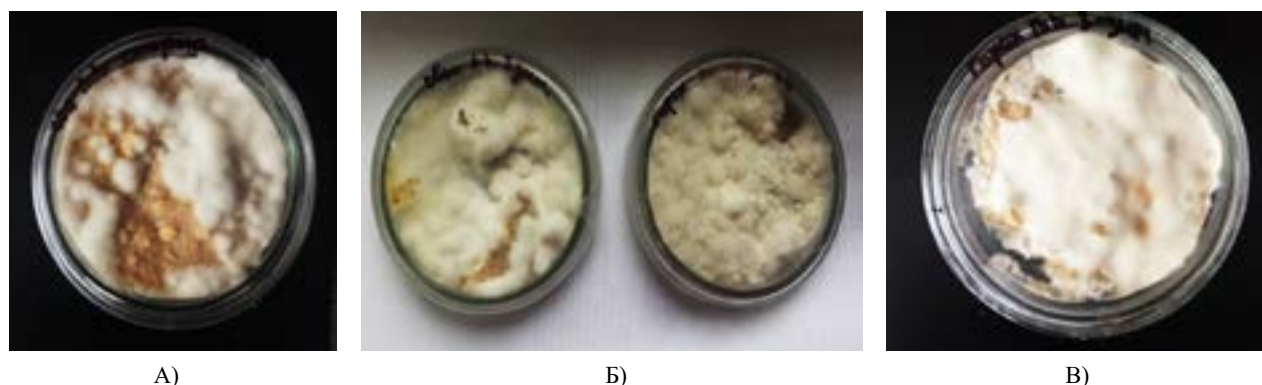


Рисунок 4 – Рост мицелий грибов на поверхности пищевых отходов в течение 12 дней а) на овсяной крупе б) на горохой крупе, в) на соевой муке

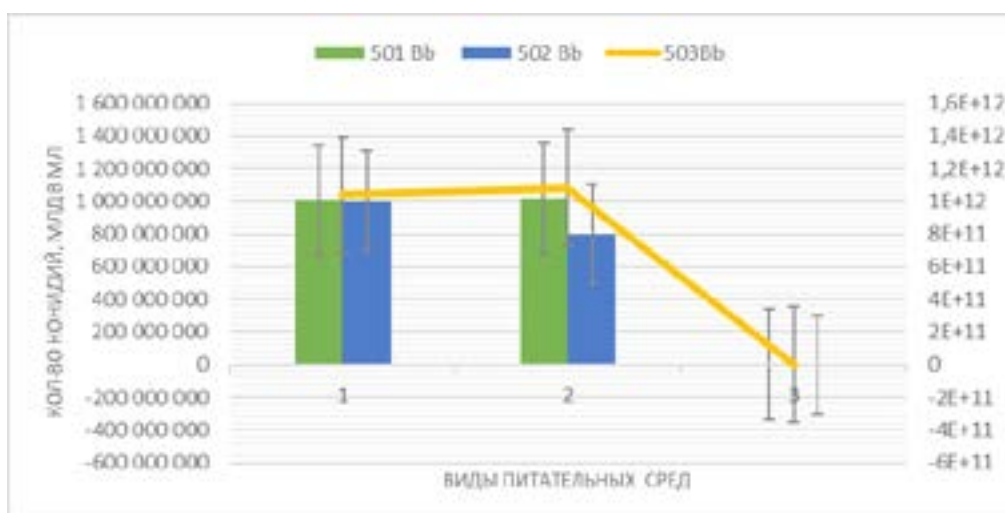


Рисунок 5 – Рост штаммов *Beauveria bassiana* образование конидий на поверхности:
1 – овсяной крупы; 2 – гороховой крупы; 3 – соевой муки

3.3. Биотестирование биопрепаратов *Beauveria bassiana* в лабораторных условиях.

Результаты *in vitro* биотестирования полученных биопрепаратов на гороховой и овсяной крупе показали, что в течение 7 суток все три штамма проявили значительную активность в отношении личинок и имаго белокрылки. Смертность личинок при применении биопродукта на основе штамма 501Bb составила 87.0 ± 1.02 ; при воздействии биопродукта на основе штамма 502Bb гибель личинок доходила 92.00 ± 1.13 ; а при применении

503Bb биопродукта – 89.05 ± 1.19 ($P \leq 0.05$). В то же время смертность имаго вредителя была ниже чем у личинок, так при воздействии биопродукта на основе штамма 501Bb составила 61.0 ± 0.92 ; при опрыскивании суспензией биопродукта 502Bb – 65.0 ± 0.89 ; при 503Bb – 62.0 ± 0.82 ($P \leq 0.05$). Из всех испытанных штаммов, 502Bb проявил более высокую эффективность в отношении обеих стадий вредителя. В контрольном варианте опыта смертность составила $12 \pm 0.07\%$ у личинок и $5,0 \pm 0.03\%$ у имаго ($P \leq 0.05$) (Рис.6).

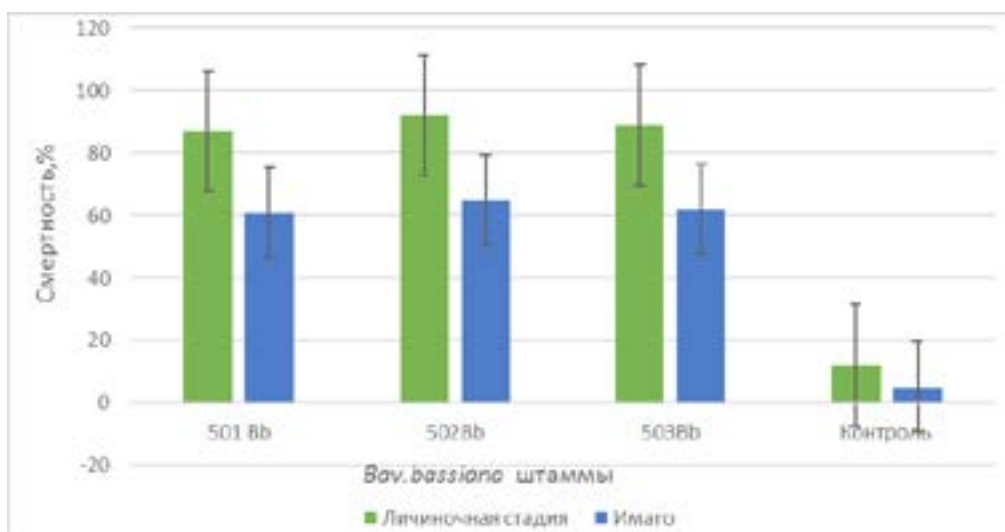


Рисунок 6 – Биоинсектицидная активность штаммов *Beauveria bassiana* в отношении личинок и имаго белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum*) *in vitro* условиях, за 7 суток

2.4. Биотестирование биопрепаратов *Beauveria bassiana* в теплице на огурцах.

При опрыскивании тепличных растений огурцов суспензией препарата, содержащей 2×10^9 конидий в \мл через 3 дня наблюдалось заметное уменьшение летающих имаго на нижней стороне листьев растений. Учитывали количество погибших и ослабленных особей под микроскопом (Рис.7) ежедневно в течение 10 суток. При однократном опрыскивании гибель насекомых доходила до 45- 50 ± 1.35 % при влажности 60% внутри теплицы. Для повышения эффективности энтомопатогенного гриба необходимо поддерживать влажности до 80%. Через 10 дней проводили второе обильное опрыскивание содержащей 2.2×10^9 конидий в \мл. Через трое суток после второй обработки

гибель личинок доходила до $80 \pm 1.41\%$, а имаго до 71 ± 1.13 % при использовании биопродукта на основе штамма 502Bb, при опрыскивании суспензией биопродукта на основе 501Bb и 503 Bb смертность личинок составила $76 \pm 1.27\%$, имаго – $65 \pm 1.15\%$; $77 \pm 1.17\%$ личинок и $67 \pm 1.23\%$ имаго соответственно ($P \leq 0.05$). В контрольном варианте опыта смертность составила $10 \pm 0.13\%$ у личинок и $2,0 \pm 0.05\%$ у имаго ($P \leq 0.05$). При полевых условиях штамм 502Bb также показал более высокую эффективность по сравнению с остальными протестированными штаммами. Таким образом, результаты показали, что для достижения высокой эффективности в полевых условиях необходимо создавать достаточную влажность и повторность обработки (Рис.8).

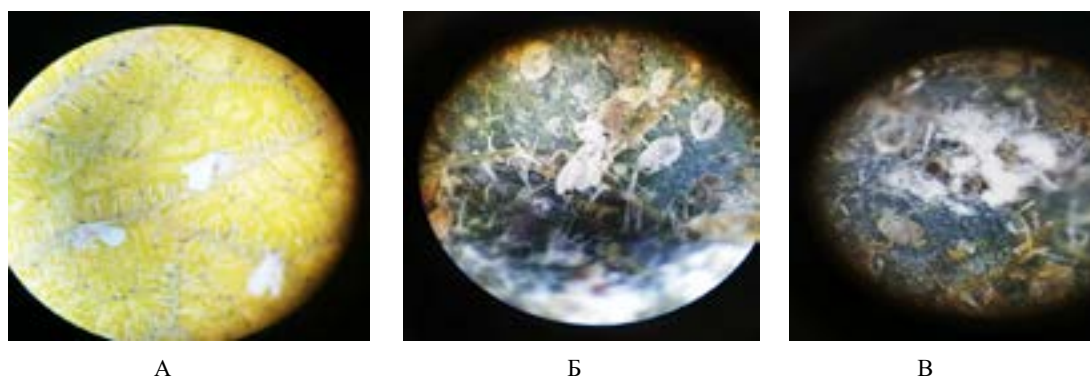


Рисунок 7 – Картины под микроскопом (x40): А – ослабленные и погибшие имаго, покрытие белым мицелием гриба; Б – личинки погибшие, покрытие мицелием гриба; В – полностью покрытие мицелием гриба группы насекомых.

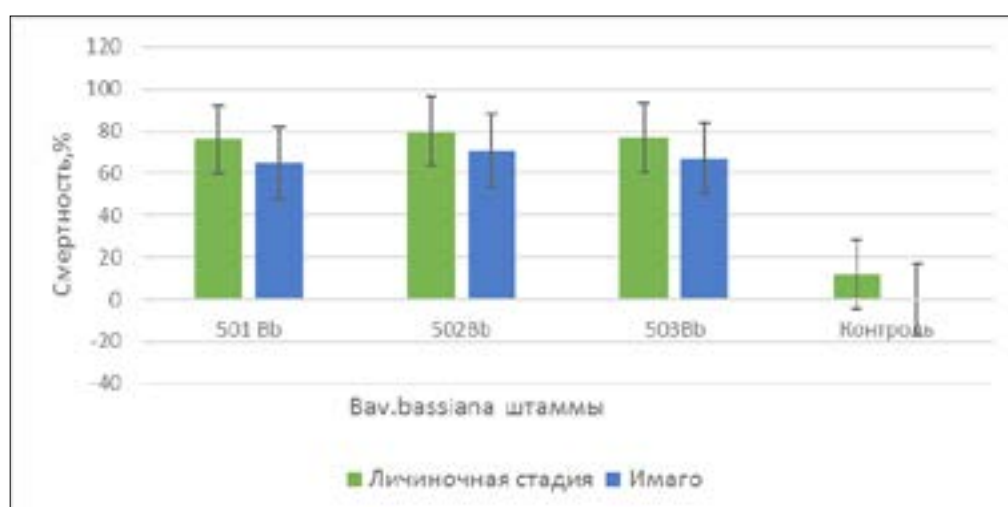


Рисунок 8 – Биоинсектицидная активность штаммов *Beauveria bassiana* в отношении личинок и имаго белокрылки (*Trialeurodes vaporariorum*) *in vivo* условиях, за 13 суток после двухкратной обработки

Таким образом, полученные нами результаты подтверждают данные других исследований. К примеру по исследованиям авторов [13], при испытании трех концентраций инокулята *B. bassiana* против *T. vaporariorum* (низкая, 9×10^9 ; средняя, $6,24 \times 10^{10}$; и высокая, 2×10^{11} конидий $^{-1}$ инокулята) вызывали гибель у 18, 54 и 56% взрослых особей и 17, 29. и 32% для нимфальной стадии у вредителя соответственно, средняя концентрация была выбрана как оптимальная, поскольку она обеспечивала наилучшую борьбу с вредителем. А также вирулентность двадцать пять абorigineнных изолятов *B. bassiana* для борьбы с белокрылкой была оценена по отношению к нимфам четвертой стадии в концентрации 1×10^7 конидий /мл. Все изоляты были патогенны для *Trialeurodes vaporariorum*, при этом показатели смертности варьировали от 3 до 85%. На основании их вирулентности и температурных требований три изолята показали себя многообещающими в качестве кандидатов для борьбы с белокрылкой в средиземноморских теплицах [18]. В другом исследовании два энтомопатогенных гриба, *Beauveria bassiana* и *Verticillium lecanii*, были проверены на их эффективность против белокрылки. Смертность от *B. bassiana* была выше, чем от *V. lecanii*. Смертность, вызванная по фильтра-там были значительно выше, чем по конидиям обоих грибов [24]. Естественная смертность в популяции белокрылки была зарегистрирована из-за энтомопатогенных грибов, преимущественно *Aschersonia spp.*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium spp.* [1]. Среди них *B. bassiana* является наиболее распространенным и легкодоступным видом [6, 20, 15, 5, 9] для борьбы с белокрылкой и тлей.

Заключение

В данном исследовании были подобраны дешевые питательные среды для производства биомассы природных энтомопатогенных грибов *Beauveria bassiana*, что имеет ценное практическое значение для получения импорт замещающих местных биологических средств защиты растений против сосущих вредителей тепличных культур с низкой себестоимостью. Определены дозы и кратности применения биопрепарата в тепличных условиях. Было показано, что заражение насекомых энтомопатогенным грибом происходит только в определенных условиях влажности. Протестированные местные штаммы *Beauveria bassiana* могут быть рекомендованы для создания на их основе биологических препаратов для борьбы с опасным сосущим вредителем как белокрылка.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке Национальной программы грантов Кыргызстана на 2020-2021 годы. Финансирование предоставлено Министерством образования и науки Республики Кыргызстан в рамках бюджетной программы 001 «Научная и / или техническая деятельность» и подпрограммы «Грантовое финансирование научных исследований», договор № 119 от 20 февраля 2020 года.

Литература

- 1 Shcherbakov D. The most primitive whiteflies (Hemiptera; Aleyrodidae; Bernaeinae subfam. nov.) from the Mesozoic of Asia and Burmese amber, with an overview of Burmese amber hemipterans // Bulletin of the British Museum (Natural History). Geology. – 2000. – Vol. 56, no. 1. – P. 29–37.
- 2 Jon A. Martin & Laurence A. Mound. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae) // Zootaxa : journal. – 2007. – Vol. 1492. – P. 1–84. – ISBN 978-1-86977-112-6.
- 3 Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals // Electronic resource UNEP Official website. – 2013. URL: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/>
- 4 de Faria M. R., Wraight S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types // Biological control. – 2007. – Vol. 43. – no. 3. – P. 237–256.
- 5 Wright M. S., Lax A. R. Improved mortality of the Formosan subterranean termite by fungi, when amended with cuticle-degrading enzymes or eicosanoid biosynthesis inhibitors // Folia microbiologica. – 2016. – Vol. 61. – no. 1. – P. 73–83.
- 6 Boucias D. G. Microbiota in insect fungal pathology // Applied microbiology and biotechnology. – 2018. – Vol. 102. – no. 14. – P. 5873–5888.

- 7 Ortiz-Urquiza A., Keyhani N. O. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle //Insects. – 2013. – Vol. 4. – no. 3. – P. 357–374.
- 8 Pedrini N., Crespo R., Juárez M. P. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi //Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. – 2007. – Vol. 146. – no. 1-2. – P. 124–137.
- 9 Pedrini N. Targeting of insect epicuticular lipids by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: hydrocarbon oxidation within the context of a host-pathogen interaction //Frontiers in microbiology. – 2013. – Vol. 4. – P. 24.
- 10 Keyhani N. O. Lipid biology in fungal stress and virulence: Entomopathogenic fungi //Fungal biology. – 2018. – Vol. 122. – no. 6. – P. 420–429.
- 11 St Leger R. J., Wang C. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 85. – no. 4. – P. 901–907.
- 12 Valero-Jiménez C. A. Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* //Journal of Invertebrate Pathology. – 2016. – Vol. 133. – P. 41–49.
- 13 Goettel, M.S., Eilenberg, J., Glare, T.R. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: Gilbert, L.I., Gill, S.S. (Eds.), *Insect Control: Biological and Synthetic Agents* //Academic Press, London. – 2010. – P. 387–432.
- 14 Tarocco F. Optimization of erythritol and glycerol accumulation in conidia of *Beauveria bassiana* by solid-state fermentation, using response surface methodology //Applied microbiology and biotechnology. – 2005. – Vol. 68. – no. 4. – P. 481–488.
- 15 Gouli V., Gouli S., Kim J. S. Production of *Beauveria bassiana* air conidia by means of optimization of biphasic system technology //Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2014. – Vol. 57. – P. 571–577.
- 16 Kapongo J. P. Optimal concentration of *Beauveria bassiana* vectored by bumble bees in relation to pest and bee mortality in greenhouse tomato and sweet pepper //BioControl. – 2008. – Vol. 53. – no. 5. – P. 797–812.
- 17 Quesada-Moraga E. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity //Biological control. – 2006. – Vol. 36. – no. 3. – P. 274–287.
- 18 Javed K. efficacy of *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii* for the management of whitefly and aphid //Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 56. – no. 3. P. 274–287.
- 19 Wraight, S.P., G.D. Inglis and M.S. Goettel. Fungi. In: Lacey, L.A., Kaya, H.K. (Eds.), *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and Other Invertebrate Pests* // Springer, Dordrecht, the Netherlands. – 2007. – P.223–248.
- 20 Aung O. M., Soyong K., Hyde K. D. Diversity of entomopathogenic fungi in rainforests of Chiang Mai Province, Thailand //Fungal Diversity. – 2008. – Vol. 30. – P. 15–22.
- 21 Glare T. et al. Have biopesticides come of age? //Trends in biotechnology. – 2012. – Vol. 30. – no. 5. – P. 250–258.
- 22 St Leger R. J., Wang C. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 85. – no. 4. – P. 901–907.
- 23 Ortiz-Urquiza A., Luo Z., Keyhani N. O. Improving mycoinsecticides for insect biological control //Applied microbiology and biotechnology. – 2015. – Vol. 99. – no. 3. – P. 1057–1068.
- 24 Fan Y. Regulatory cascade and biological activity of *Beauveria bassiana* oosporein that limits bacterial growth after host death //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 114. – no. 9. – P. E1578–E1586.
- 25 Hill D. S. *Pests of crops in warmer climates and their control.* – Springer Science & Business Media, 2008.

References

- 1 Aung O. M., Soyong K., Hyde K. D. Diversity of entomopathogenic fungi in rainforests of Chiang Mai Province, Thailand //Fungal Diversity. – 2008. – Vol. 30. – P. 15–22.
- 2 Boucias D. G. Microbiota in insect fungal pathology //Applied microbiology and biotechnology. – 2018. – Vol. 102. – no. 14. – P. 5873–5888.
- 3 Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals // Electronic resource UNEP Official website. – 2013. URL: <http://www.unep.org/chemicalsandwaste/>
- 4 de Faria M. R., Wraight S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types //Biological control. – 2007. – Vol. 43. – no. 3. – P. 237–256.
- 5 Fan Y. Regulatory cascade and biological activity of *Beauveria bassiana* oosporein that limits bacterial growth after host death //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 114. – no. 9. – P. E1578–E1586.
- 6 Glare T. Have biopesticides come of age? //Trends in biotechnology. – 2012. – Vol. 30. – no. 5. – P. 250–258.
- 7 Goettel, M.S., Eilenberg, J., Glare, T.R. Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations. In: Gilbert, L.I., Gill, S.S. (Eds.), *Insect Control: Biological and Synthetic Agents* //Academic Press, London. – 2010. – P. 387–432.
- 8 Gouli V., Gouli S., Kim J. S. Production of *Beauveria bassiana* air conidia by means of optimization of biphasic system technology //Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2014. – Vol. 57. – P. 571–577.
- 9 Hill D. S. *Pests of crops in warmer climates and their control.* – Springer Science & Business Media, 2008.
- 10 Javed K. efficacy of *Beauveria bassiana* and *Verticillium lecanii* for the management of whitefly and aphid //Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – Vol. 56. – no. 3. P. 274–287.
- 11 Jon A. Martin & Laurence A. Mound. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae) // Zootaxa : journal. – 2007. – Vol. 1492. – P. 1–84. – ISBN 978-1-86977-112-6.

- 12 Kapongo J. P. Optimal concentration of *Beauveria bassiana* vectored by bumble bees in relation to pest and bee mortality in greenhouse tomato and sweet pepper // *BioControl*. – 2008. – Vol. 53. – no. 5. – P. 797–812.
- 13 Keyhani N. O. Lipid biology in fungal stress and virulence: Entomopathogenic fungi // *Fungal biology*. – 2018. – Vol. 122. – no. 6. – P. 420–429.
- 14 Ortiz-Urquiza A., Keyhani N. O. Action on the surface: entomopathogenic fungi versus the insect cuticle // *Insects*. – 2013. – Vol. 4. – no. 3. – P. 357–374.
- 15 Ortiz-Urquiza A., Luo Z., Keyhani N. O. Improving mycoinsecticides for insect biological control // *Applied microbiology and biotechnology*. – 2015. – Vol. 99. – no. 3. – P. 1057–1068.
- 16 Pedrini N. Targeting of insect epicuticular lipids by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: hydrocarbon oxidation within the context of a host-pathogen interaction // *Frontiers in microbiology*. – 2013. – Vol. 4. – P. 24.
- 17 Pedrini N., Crespo R., Juárez M. P. Biochemistry of insect epicuticle degradation by entomopathogenic fungi // *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. – 2007. – Vol. 146. – no. 1-2. – P. 124–137.
- 18 Quesada-Moraga E. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity // *Biological control*. – 2006. – Vol. 36. – no. 3. – P. 274–287.
- 19 Shcherbakov D. The most primitive whiteflies (Hemiptera; Aleyrodidae; Bernaeinae subfam. nov.) from the Mesozoic of Asia and Burmese amber, with an overview of Burmese amber hemipterans // *Bulletin of the British Museum (Natural History). Geology*. – 2000. – Vol. 56, no. 1. – P. 29–37.
- 20 St Leger R. J., Wang C. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2010. – Vol. 85. – no. 4. – P. 901–907.
- 21 St Leger R. J., Wang C. Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2010. – Vol. 85. – no. 4. – P. 901–907.
- 22 Tarocco F. Optimization of erythritol and glycerol accumulation in conidia of *Beauveria bassiana* by solid-state fermentation, using response surface methodology // *Applied microbiology and biotechnology*. – 2005. – Vol. 68. – no. 4. – P. 481–488.
- 23 Valero-Jiménez C. A. Genes involved in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* // *Journal of Invertebrate Pathology*. – 2016. – Vol. 133. – P. 41–49.
- 24 Wraight, S.P., G.D. Inglis and M.S. Goettel. Fungi. In: Lacey, L.A., Kaya, H.K. (Eds.), *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and Other Invertebrate Pests* // Springer, Dordrecht, the Netherlands. – 2007, – P.223–248.
- 25 Wright M. S., Lax A. R. Improved mortality of the Formosan subterranean termite by fungi, when amended with cuticle-degrading enzymes or eicosanoid biosynthesis inhibitors // *Folia microbiologica*. – 2016. – Vol. 61. – no. 1. – P. 73–83.