

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра микробиологии и физиологии растений

АССОЦИАТИВНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ КАШ-
ТАНОВАЯ МИНИРУЮЩАЯ МОЛЬ *CAMERARIA OHRIDELLA* - КОНСКИЙ
КАШТАН ОБЫКНОВЕННЫЙ *AESCULUS HIPPOCASTANUM*

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ


Студентки 4 курса 422 группы

Направления подготовки магистратуры 06.03.01 Биология

Биологического факультета

Тарасовой Анастасии Викторовны


Научный руководитель:
доцент, канд. биол. наук



30.05.23

Е. В. Глинская

Зав. кафедрой:
профессор, доктор биол. наук



30.05.23

С. А. Степанов

Введение

Актуальность темы. Огромное влияние на экологическое состояние окружающей среды в наше время оказывает негативная антропогенная деятельность: происходит изменение климата и увеличение выбросов автотранспорта, техногенное загрязнение воздуха, почвы и воды. Все это, в свою очередь, создает благоприятные условия для адаптации и быстрого размножения вновь интродуцированных вредителей растений [1].

Проблема глобального потепления является одной из важнейших глобальных проблем, по мнению ООН. Изменение температурных норм способствует тому, что южные виды перемещаются на север, где не встречаются с природными вредителями и беспрепятственно размножаются [2].

Каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum* L., 1753) относится к древесным породам, широко используемым в декоративных насаждениях во многих странах Европы.

Красивый внешний вид и окраска листьев, необычная форма и обилие цветков и плодов, продолжительный период цветения, густая, геометрическая и широкая форма кроны, создают неповторимый эстетичный вид этого растения. Тень под кронами в жаркую погоду обеспечивает комфорт на улицах и красоту в ландшафте. Все эти особенности выделяют конский каштан как желанное растение, уникальное для городской среды [3, 4].

Инвазивные виды насекомых и грибов представляют серьезную проблему для существования древесных растений северо-западной европейской части России. В настоящее время эту территорию активно осваивают инвазивные виды моли-пестрянки (Lepidoptera: Gracillariidae), минирующие листовые пластинки [5].

Каштановая минирующая моль (охридский минер) *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic, 1986 (Lepidoptera: Gracillariidae) вредит каштану. Ущерб, причиняемый гусеницами моли, заключается в том, что кроны каштанов не обеспечивают деревьям достаточным накоплением питательных веществ, что

приводит к обморожению зимой, а сами деревья ослабевают и становятся мишенью развития грибковых инфекций [3].

Охридский минер был описан как научно новый вид югославскими энтомологами Deschka и Dimic из коллекций 1984 г. в районе Охридского озера в Македонии. С тех пор минер получил широкое распространение в тех местах, где произрастает конский каштан, освоив территорию всей Европы и европейской части России [6].

Из-за стремительного количественного роста минирующей моли, каштаны в начале XXI века утратили свой естественный декоративный вид, что представляет серьезную проблему для парковых дизайнерских служб. Эстетический ущерб, нанесенный сухими и коричневыми листьями, был настолько серьезным, что во многих европейских городах муниципалитеты были вынуждены заменить деревья конского каштана другими видами каштанов или иными деревьями, более устойчивыми к вредителям, потратив огромные бюджеты. К примеру, замена 80 % каштанов в Берлине оценивается приблизительно в 300 млн евро.

Можно предположить, что в ближайшие 3 - 5 лет количество «новых» поселений в Поволжье, где имеются каштановые насаждения, будет полностью заселено инвазивным вредителем-дендрофагом, что подтверждается полной колонизацией каштановых насаждений г. Саратова за период с 2018 по 2021 гг.

На сегодняшний день проблема защиты каштана конского от повреждения, вызванного каштановой минирующей молью, остается открытой [3, 7].

Цель и задачи исследования. Целью данной работы являлось изучение ассоциативных микроорганизмов трофической цепи каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* - конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum*.

Для реализации указанной цели были поставлены и решены следующие задачи.

1. Определить видовой состав и количественные показатели ассоциативных микроорганизмов.

2. Изучить ферментативную активность выделенных культур микроорганизмов.

3. Определить факторы фитопатогенности исследуемых культур.

Материал и методы исследования.

Работу проводили с июня по октябрь 2022 г. на базе кафедры микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

Объектом исследования послужили здоровые листья конского каштана, листья с пустыми минами и гусеницы охридского минера.

Сбор проводили в три этапа: первое поколение (с июня по июль), второе поколение (с июля по август) и третье поколение (с сентября по октябрь).

Материал для исследования был отобран сотрудниками и студентами кафедры морфологии и экологии животных в Кировском, Фрунзенском и Волжском районах г. Саратова

Идентификацию личинок каштановой моли осуществлял доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии и экологии животных Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского В. В. Аникин.

Из каждого района отбирали по 5 проб объектов исследования (здоровых листьев, мин с гусеницами и листьев с пустыми минами).

Для посева исследуемый материал (1 см² листьев, 1 мг гусениц) растирали в ступке с 9 мл дистиллированной воды, а полученный гомогенизат (по 0,1 мл) наносили на поверхность плотных питательных сред: ГРМ-агар (Россия, Оболенск), PDA (200 г картофеля на 1 литр среды + 2 % голодного агара) и растирали микробиологическим шпателем.

Инкубацию культур проводили в течение 48 – 96 часов при температуре 28 °С.

Количественный учет выделенных штаммов проводили на первичных посевах. Встречаемость отдельных культур микроорганизмов рассчитывали как отношение числа проб, в которых были обнаружены бактерии данного вида, к общему количеству проб, выраженное в процентах.

При изучении культуральных признаков изолятов отмечали размер, форму колоний, ее профиль и характер края, консистенцию, цвет и поверхность.

Морфологические свойства выделенных штаммов изучали при помощи световой микроскопии (увеличение 1000). Исследовали следующие характеристики: форма и взаиморасположение клеток, подвижность – методом раздавленной капли, наличие спор, структуры клеточной стенки – методом окраски по Граму. Далее культуры отсеивали на скошенную среду с целью дальнейшего изучения биохимических свойств, а также идентификации полученных штаммов.

Все микробиологические исследования были проведены по общепринятым методам [8, 9].

Для определения ферментативной активности изолированных культур использовали следующие углеводы:

- крахмал: ГРМ + 2 % крахмала;
- глюкоза, маннит, ксилоза, сахароза, лактоза, мальтоза: среды Гисса (Оболенск, Россия);
- целлюлаза: среда Хетчинсона – Клейтона (г/л) – K_2HPO_4 – 1,0; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,3; $CaCl_2$ – 0,1; $NaCl$ – 0,1; $FeCl_3$ – 0,01; $NaNO_3$ – 2,5; агар-агар – 20; pH 7,2–7,3 [8];

Для определения ферментативной активности изолированных культур использовали следующие источники азота:

- желатин: мясо – пептонный желатин (МПЖ) – МПБ + 15 % желатины;
- пептон: мясо – пептонный бульон (МПБ);

молекулярный азот: среда Эшби (глюкоза – 20,0; K_2HPO_4 – 0,2; $MgSO_4$ – 0,5; $NaCl$ – 0,5; K_2SO_4 – 0,2; $CaCO_3$ – 0,5; агар-агар – 15,0; вода дистил. – 1000);

– минеральные соли (KNO_3 , NH_4Cl): глюкоза – 20,0; KH_2PO_4 – 1,0; $NaCl$ – 0,5; агар-агар – 15,0; вода дистил. – 1000; pH 7,1-7,2). В одном случае в среду вносят NH_4Cl – 1 г и $CaCO_3$ – 5 г, в другом KNO_3 – 1.

Для определения ферментативной активности изолированных культур использовали следующие липиды:

– растительные масла (оливковое, подсолнечное, рыжиковое, горчичное, льняное): (pH 7,2-7,4) (г/л): NH_4Cl – 20,0; NH_4NO_3 – 4,0; $Na_2SO_4 \times 10H_2O$ – 8,0; $K_2HPO_4 \times 3H_2O$ – 15,7; $KH_2PO_4 \times 3H_2O$ – 5,6; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,4; агар-агар – 10,0; растительное масло – 1,0. Масла стерилизовали автоклавированием отдельно при 0,5 атм и добавляли перед посевом в среду в количестве 0,1 % от объема среды [10, 11].

Посев бактерий на диагностические среды с различными маслами осуществляли методом укола, по три культуры на каждую чашку Петри. Бактерии культивировали в термостате при температуре 28 °C в течение 7 суток. На 7 сутки оценивали рост культур либо измеряли зоны гидролиза специфических субстратов.

Для определения устойчивости выделенных микроорганизмов изучали способность к росту при:

- различных температурах (+10 и +43 °C);
- показателях pH среды (5, 6, 9, 10);
- концентрации $NaCl$ в среде (7, 10, 15 %).

Идентификацию бактерий проводили по фенотипическим признакам с помощью сайта ABIS – онлайн [12] и Определителю бактерий Берджи [13, 14]. Оценивали морфологические, культуральные и биохимические свойства.

Для идентификации грибов оценивали культуральные свойства и морфологию колоний, гифов, органов спороношения на разных стадиях

развития. Для этого мицелий исследуемых грибов при помощи скотча, рассматривали под световым микроскопом (увеличение 1000).

При определении видовой принадлежности использовали определитель микромицетов Благовещенской Е. Ю. [15].

Способность к мацерации определяли на таких сельскохозяйственных культурах как морковь, свекла, картофель, капуста и редис.

Овощи промывали, высушивали и стерилизовали поверхность 96 % этанолом и нарезали диски растительных тканей, которые помещали в чашки Петри на увлажненные фильтры. На каждый диск наносили суточные культуры исследуемых видов бактерий. Чашки помещали в термостат для культивирования на 1 – 3 суток при температуре 28 °С. Наличие или отсутствие мацерации определяли визуально при прикосновении к дискам бактериологической петлей [16].

В программе Cluster Analysis рассчитывали коэффициент Жаккара – отношение числа видов, найденных на двух исследуемых участках, к сумме видов, найденных на первом участке, но не найденных на втором, и найденных на втором участке, но отсутствующих на первом участке. Визуализация материала, т.е. построение таблиц, диаграмм и графиков, осуществляли в программе Microsoft Office Excel. При проверке статистических гипотез критический уровень показателя достоверности p принимали равным 0,05. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. [17].

Структура и объем работы. Работа изложена на 60 страницах, включает в себя введение, 3 главы, заключение, выводы, список использованных источников. Работа проиллюстрирована 18 таблицами и 12 рисунками. Список использованных источников включает в себя 40 наименований.

Основное содержание работы

В главе «Обзор литературы» представлен анализ литературных данных о каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella*, ее систематика, биология, экология и вредоносность. Также представлены ассоциативные микроорганизмы и методы борьбы с охридского минером.

В главе «Результаты исследования» изложены экспериментально полученные данные о составе, количественных показателях, индексе встречаемости ассоциативных микроорганизмов, которые были выделены с трофической цепи каштановая минирующая моль – конский каштан обыкновенный. Представлены данные о ферментативной активности, выделенных культур микроорганизмов, и наличии факторов фитопатогенности исследуемых бактерий.

В ходе проведенного исследования было выделено 70 штаммов – из них 47 видов ассоциативных микроорганизмов. Из объектов изолировано 7 родов бактерий (*Bacillus*, *Brevibacillus*, *Kocuria*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Staphylococcus*) и 6 родов грибов (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*). Из них 18 – это грамположительные споровые палочки, 1 – грамположительная неспоровая палочка, 4 – грамположительные кокки и 18 видов грибов.

Из проб первого поколения каштановой моли были выделены 17 штаммов микроорганизмов. Из объектов изолировано 3 рода бактерий (*Bacillus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*) и 3 рода грибов (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Rhizopus*). Доминантными являлись рода – *Bacillus* и *Aspergillus*.

Из исследуемого материала второго поколения каштанового моли было изолировано 21 штамма микроорганизмов. Из исследуемых объектов изолированы рода бактерий (*Bacillus*, *Kocuria*, *Paenibacillus*, *Brevibacillus*) и 5 родов грибов (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus*). Рода *Bacillus* и *Aspergillus* являлись доминантными.

Из исследуемого материала третьего поколения *C. ohridella* было изолировано 23 штамма микроорганизмов. Из объектов изолировано 3 рода бактерий (*Bacillus*, *Microbacterium*, *Paenibacillus*) и 5 родов грибов (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhizopus*). Доминантом среди бактерий являлся также род *Bacillus*. Рода *Aspergillus* и *Fusarium* были доминантными среди грибов.

Статистическую оценку видового и количественного разнообразия микроорганизмов ассоциантов конского каштана обыкновенного и гусениц каштановой минирующей моли проводили с использованием кластерного анализа.

Наибольшее сходство видового состава бактерий отмечено для здоровых листьев и гусениц охридского минера III поколения ($K_f = 58\%$). Пробы листьев III поколения, пораженных каштановым минером, схожи с ними на 43% .

Среди грибов наибольшее сходство видового состава наблюдали в III поколении у гусениц и пустых мин ($K_f = 83\%$). Здоровые листья третьего поколения моли также имели с ними высокое сродство – 68% .

Результаты кластерного анализа показали наибольший показатель сходства количественного состава бактерий между гусеницами третьего поколения и листьями с пустыми минами ($K_f = 55\%$). Чуть меньшее сходство наблюдали в первом поколении между листьями, не пораженными каштановой молью, и гусеницами охридского минера – 53% .

На основании количественного анализа среди грибов максимальным сродством обладали здоровые листья конского каштана первого и второго поколения каштановой моли – 59% . Пробы чистых листьев и гусеницы третьего поколения были сходны на 48% .

В работе представлены результаты, полученные при изучении ферментативной активности изолированных штаммов, а так же – изучение их устойчивости к различным физико-химическим факторам. Все выделенные бактерии использовали глюкозу (100%), немного меньше – сахарозу (76%). Очень незначительная часть изолированных культур способна использовать лактозу (7%) и сорбит (13%). Из ксилозы и маннита образовывали кислоту соответственно 55% и 45% штаммов. Некоторые были способны использовать мальтозу – 28% . Большинство гидролизовали крахмал (80%). Больше половины $\%$ видов в качестве органического источника азота использовали желатин. Малая часть бактерий была способна образовывать из пептона аммиак (NH_3) – 10% . Количество микроорганизмов, которые вырабатывали из пептона

сероводород (H₂S) составляла 38 %. 35% ассоциантов были способны фиксировать азот.

Исследуемые бактерии большей частью (86 %) не выдерживали высоких температур (43 °C), а при понижении температуры культивирования до 10 °C, только 52 % культур были способны к росту. Наиболее оптимальное значение рН среды – 9, на данной среде росли 79 % микроорганизмов. Низкая концентрация NaCl в питательной среде (2 %) являлась оптимальной для культивирования выделенных штаммов. С повышением концентрации до 10 % наблюдается угнетение роста, следовательно, среди полученных видов бактерий нет галлофилов.

Детальное изучение ферментативной активности проводили для 6 доминантных микроорганизмов – *Bacillus decolorationis*, *B. psychrosaccharolyticus*, *B. ruris*, *B. simplex*, *Brevibacillus brevis* и *Microbacterium imperial*.

Все виды микроорганизмов обладали липолитической активностью. Это связано с тем, что на поверхности листьев конского каштана и гусениц охридского минера присутствуют различные липиды. Из предложенных растительных масел исследуемые микроорганизмы наиболее активно использовали оливковое (50 %), меньше рыжиковое (33,3 %). Ни один из исследуемых микроорганизмов не обладал способностью использовать в качестве источника углерода горчичное, подсолнечное и льняное масла.

Все исследуемые штаммов были способны использовать тот или иной углевод в качестве источника углерода. Это связано с тем, что сахаролитические ферменты многообразны и универсальны, встречаются у представителей самых разных видов. Из моносахаридов чаще всего использовали глюкозу (100 %), из дисахаридов – сахарозу (83,3 %). В меньшем количестве микроорганизмы употребляли – мальтозу, маннит и ксилозу. Больше половины % бактерий были способны потреблять такой полисахарид как крахмал (4 из 6 штаммов). *B. psychrosaccharolyticus* использовал

большинство из всех предложенных углеводов (5 из 8 предложенных). Только *Brevibacillus brevis* обладал целлюлолитической активностью.

Большинство ассоциантов в качестве источника азота использовали желатин (83,3 %). Способность выделять сероводород наблюдали у 3 из 6 исследуемых бактерий (50 %). Ни одна из выделенных бактерий не использовала пептон с выделением аммиака. Бактерии *B. psychrosaccharolyticus* и *B. simplex* в качестве углерода были способны использовать и желатин и пептон с выделением H₂S. Все выделенные штаммы активно использовали нитраты и соли аммония (100% штаммов). Но также они обладали меньшей способностью использовать атмосферный азот (50 % микроорганизмов).

В ходе исследования изучали способность выделенных микроорганизмов синтезировать целлюлазы и пектиназы. Целлюлолитической активностью обладал только один вид бактерий – *Brevibacillus brevis*, что составляет 16,6% от общего количества исследуемых штаммов микроорганизмов. Мацерирующий эффект больше всего проявляли на свекле и картофеле (100%), меньше на картофеле (83,3%) и моркови (66,6%). И только *B. ruris* был способен мацерировать листья капусты (16,6%). Самой высокой способностью к мацерации обладал *B. ruris* (все предложенные продукты).

Выводы

1. В ходе проведенного исследования было выделено 47 видов ассоциативных микроорганизмов трофической цепи каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* – конский каштан обыкновенный *Aesculus hippocastanum*. Из объектов изолировано 7 родов бактерий (*Bacillus*, *Brevibacillus*, *Kocuria*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Staphylococcus*) и 6 родов грибов (*Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*).

2. Количественные показатели выделенных бактерий в здоровых листьях, в минах без гусениц и гусеницах варьировали от 10² до 10⁵ КОЕ/г. В I поколении доминировал род *Bacillus*, во II – *Brevibacillus*, а в III поколении доминантным родом являлся *Microbacterium*. Количественные показатели

грибов в здоровых листьях, в пустых минах и гусеницах также варьировали от 10^2 до 10^5 КОЕ/г. В I поколении доминировал род *Aspergillus*, во II поколении – род *Alternaria*, а в III поколении доминантным родом был *Cladosporium*.

3. Наибольшее сходство видового состава бактерий наблюдали в III поколении гусениц охридского минера и здоровых листьев каштана (Kf = 58 %), видового состава грибов – в III поколении гусениц и листьев с пустыми минами (Kf = 83 %). На основании количественного анализа бактерий максимальным сродством обладали гусеницы III поколения и листья с пустыми минами (Kf = 55 %), грибов – здоровые листья конского каштана, собранные в период I и II генерации каштановой моли (Kf = 59 %).

4. 80 % изолированных штаммов гидролизовали крахмал. 100 % доминантов использовали глюкозу. 69 % исследуемых бактерий в качестве органического источника азота использовали желатин. 100 % штаммов доминантных микроорганизмов использовали нитраты и соли аммония. Только вид *Brevibacillus brevis* обладал целлюлолитической активностью.

5. Оптимальный рост выделенных микроорганизмов отмечали при температуре культивирования от 10 до 28 °C (52 %), pH 9 (79 %) и содержании в среде до 2 % NaCl (100 %).

6. Ассоциативные микроорганизмы были способны к мацерации тканей корнеплодов свеклы (100 %) и моркови (66,6%), клубней картофеля (100 % штаммов). Только один штамм был способен мацерировать листья капусты. Бактерии *B. raris* мацерировали все тест-объекты.

Список использованных источников

1 Иванцов, О. Я. К вопросу о влиянии *Cameraria ohridella* на каштановые насаждения городов (на примере г. Луцк) / О. Я. Иванцов // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2014. – Вып. 11. – 380 с.

2 Салихова, Д. И. Борьба с каштановой минирующей молью (*Cameraria ohridella*) в Петровском парке. – М.: ГБОУДО МДЮЦ ЭКТ, 2020. – 12 с.

3 Аникин, В. В. К распространению и экологии каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* на территории г. Саратова в 2019 г. / В. В. Аникин, Е. Ю. Мосолова // Энтомологические и паразитические исследования в Поволжье. – 2019. – Вып. 16. – С. 79 – 84.

4 Голосова, М. А. Каштановый минер *Cameraria ohridella* – опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения / М. А. Голосова, Ю. И. Гвиненко, Е. И. Голосова. – М.: ВПРС МОББ, МГУЛ, ВНИИЛМ, 2008. – 26 с.

5 Инвазии насекомых-вредителей и грибных патогенов древесных растений на северо-западе европейской части России / А. В. Селиховкин [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2020. – Вып. 65. – С. 263 – 283.

6 Гвиненко, Ю. И. Охридский минер *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) – обнаружение в Центральной Азии / Ю. И. Гвиненко, Н. С. Мухамадиев, Н. Ж. Ашикбаев // Российский журнал биологических инвазий. – 2016. – Т. 9., Вып. 4. – С. 14 – 18.

7 Россельхознадзор по Орловской и Курской области. Каштановая моль наносит вред городским насаждениям [Электронный ресурс]: <https://inlnk.ru/4yPEXp> (дата обращения 10. 05. 2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8 Терещенко, Н. Н. Современные методы оценки микробиологических свойств и экологического статуса почвы // Н. Н. Терещенко, Е. Е. Акимов, О. М. Минаева. – Томск: Издательский дом ТГУ, 2017. – 152 с.

9 Петерсон, А. М. Практические рекомендации для идентификации сапрофитных и условно-патогенных бактерий по фенотипическим признакам / А. М. Петерсон, П. А. Чиров. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2005. – 24 с.

10 A lipases production by *Bacillus circulans* under mesophilic and osmophilic conditions, factors affecting lipases production / S. H. Elwan [et al.] // J. Bacteriol. Virol. Immunol. – 1983. – V. 76. – P. 187 – 199.

11 Properties of a thermostable extracellular lipase from *Bacillus megaterium* AKJ-1 / A. Sekhon [et al.] // J. Basic. Microbiol. – 2005. – V. 45. – P. 147 – 154.

12 ABIS online - Bacterial identification [Электронный ресурс]: https://www.tgw1916.net/bacteria_logare_desktop.html (дата обращения: 21.05.2023). – Загл. с экрана. – Яз. англ.

13 Хаулта, Дж. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 1 / Дж. Хаулта, Н. Крига, П. Снита; пер. с англ. под общ. ред. Г. А. Заварзина. – М.: Мир, 1997. – 800 с.

14 Хаулта, Дж. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. Т. 2 / Дж. Хаулта, Н. Крига, П. Снита.; пер. с англ. под общ. ред. Г. А. Заварзина. – М.: Мир, 1997. – 800 с.

15 Благовещенская, Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М.: URSS, 2015. – 232 с.

16 Малышина, М. С. Выявление факторов фитопатогенности у бактерий – ассоциантов некоторых видов тли в Саратовской области / М. С. Малышина, А. М. Петерсон, С. Ю. Балтаева // Известия Саратовского университета. Серия Химия. Биология. Экология. – 2013. – № 2. – С. 72 – 79.

17 Халафян, А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Статистика" и другим экономическим специальностям / А. А. Халафян. [3-е изд.]. – М.: Бином, 2007. – 503 с.