

№ 2
2024

Основан
в июне
1929 г.

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

Научно-практический журнал Государственной агрохимслужбы МСХ РФ

УЧРЕДИТЕЛИ
Министерство сельского
хозяйства РФ

Автономная некоммерческая
организация "Редакция
"Химия в сельском хозяйстве"

*«Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие... Куда ни посмотришь,
куда ни оглянемся, везде обращаются перед очами нашими успехи ее прилежания»*

М.В. Ломоносов

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science (WoS), включен в международные базы данных Chemical Abstracts (CAS (pt)), Agricultural Research Information System (AGRIS), Crossref, Goggle Scholar и Research Bible.

СОДЕРЖАНИЕ

УДОБРЕНИЕ И УРОЖАЙ

- Новичихин А.М., Чайкин В.В.** Агрономическая, экономическая и энергетическая эффективность применения минеральных удобрений и агропрепаратов в севообороте на Юго-Востоке ЦЧЗ.....3
- Постников П.А., Овчинников П.Ю., Бородулина Ф.А., Данько Е.Ф.** Влияние удобрений на урожайность ярового ячменя, химический состав зерна и соломы.....10
- Шпанев А.М., Смур В.В., Фесенко М.А.** Эффективность совместного применения минеральных удобрений и средств защиты растений при возделывании овса на дерново-подзолистых супесчаных почвах Ленинградской области.....16
- Сафиоллин Р.Р., Лукманов А.А., Сулейманов С.Р., Хисматуллин Марс М. и др.** Теоретические основы и практические приемы применения Агробальзама на посевах подсолнечника в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан....22
- Газиев С.А., Маистакова М.Ш., Гишкаева Л.С.** Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и урожайность зерновых культур.....28
- Царева М.В.** Продуктивность и качество картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от системы удобрения.....31
- Броварова О.В.** Оценка эффективности применения гуминовых препаратов в качестве микроудобрений и стимуляторов роста.....35

СВОЙСТВА ПОЧВ

- Иванов Д.А., Рублюк М.В.** Динамика гидролитической кислотности почв в агроландшафте.....40
- Титова В.И., Ерастова Н.В., Володина Е.Н., Белоусова Е.Г.** Влияние глубины и способа заделки растительных остатков в почву на ее микробиологическую активность.....46
- Окорков В.В., Окоркова Л.А., Лебедева А.Е.** Трансформация азота удобрений и почвы в различных погодных условиях на серых лесных почвах Ополья.....52
- Четверикова Н.С., Суринов А.В.** Оценка современного состояния черноземов обыкновенных Юго-Востока Белгородской области.....61

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

- Якушев А.В., Хуснетдинова Т.И., Глухова А.А., Бойкова Ю.В.** Поиск потенциальных компонентов биопестицидов среди бактерий, выделенных из кишечников почвенных беспозвоночных животных и их кормовых субстратов – ботвы картофеля и листового опада.....66
- Смирнова Т.И., Шилова О.В., Павлов М.Н. и др.** Влияние комплексонов на содержание хлорофилла в растениях.....72

РАБОТЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

- Патрушев В.Ю.** О регулировании водного режима дерново-подзолистой почвы под насаждениями земляники в условиях Алтайского Приобья.....77
- Королев П.С.** Изучение эффективности применения капсулированной мочевины на газонах города Москвы.....80
- Семенова А.И.** Влияние содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве на эффективность применения азотного удобрения под яровую пшеницу.....84
- Панова В.М.** Анализ агрохимических показателей пахотных земель северной микрозоны Саратовской области.....87

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Зубкова Т.А.** Тема урожая в искусстве и роль почв в социуме.....90

Главный редактор: И.С. Прохоров, к.с.-х.н.

Редакция: И.И. Прохорова (директор), Н.В. Куроптева, М.В. Царева, к.с.-х.н., С.Г. Царева

Редколлегия: А.И. Беленков, д.с.-х.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., к.х.н., Н.М. Белоус, д.с.-х.н., Т.Ю. Бортник, д.с.-х.н., И.И. Дмитриевская, д.с.-х.н., Л.А. Дорожкина, д.с.-х.н., А.А. Завалин, д.с.-х.н., С.Ю. Зайцев, д.б.н., д.х.н., А.Л. Иванов, д.б.н., Л.В. Кирейчева, д.т.н., А.В. Кураков, д.б.н., С.В. Лукин, д.с.-х.н., С.М. Лукин, д.б.н., М.Г. Мустафаев, д.с.-х.н. (Азербайджан), С.М. Надежкин, д.б.н., М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., к.х.н., А.В. Пасынков, д.б.н., Т.Ф. Персикова, д.с.-х.н. (Беларусь), А.А. Плотноков, к.с.-х.н., О.А. Подколзин, д.с.-х.н., Т.Р. Рыспеков (Казахстан), к.с.-х.н., Н.И. Санжарова, д.б.н., В.М. Семенов, д.б.н., В.И. Титова, д.с.-х.н., П.А. Чекмарев, д.с.-х.н., О.Х. Эргашева, к.б.н. (Узбекистан)

Адрес для переписки: 115419, г. Москва, ул. Шаболовка, 65-1-50. **Моб.:** +7-965-183-20-79, **Тел/факс:** +7-495-952-76-25

www.agrochem.ru e-mail: agrochem_herald@mail.ru

Отпечатано в ООО «САМ Полиграфист», г. Москва, 109316, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5

Подписано в печать 19.04.2024 г. Печать цифровая. Формат 60х90/8. Заказ 30099.

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации 29 апреля 1997 г. № 011095.

*«Chemistry of their hands to human affairs is widely spread... Wherever we look,
wherever we look back, our success in diligence is appealing to our eyes»
M.V. Lomonosov*

Journal indexed in Russian Science Citation Index (RSCI – Russian platform of Web of Science), International Chemical Journals Database Chemical Abstracts (CAS (pt)), Agricultural Research Information System (AGRIS), Crossref, Goggle Scholar and Research Bible.

CONTENTS

FERTILIZER AND HARVEST

- Novichikhin A.M., Chaikin V.V.* Agronomic, economic and energy efficiency of mineral fertilizers and agricultural products use in crop rotation in the South-East of the Central chernozem region.....3
- Postnikov P.A., Ovchinnikov P.Yu., Borodulina F.A., Danko E.F.* Influence of fertilizers on spring barley yield, chemical composition of grain and straw.....10
- Shpanev A.M., Smuk V.V., Fesenko M.A.* Efficiency of combined application of mineral fertilizers and plant protection preparations for oat cultivation on soddy-podzolic sandy soils of the Leningrad region.....16
- Saftollin R.R., Lukmanov A.A., Suleymanov S.R., Khismatullin Mars M. et al.* Theoretical bases and practical methods for application of Agrobalsam on sunflower crops in soil-climatic conditions of the Republic of Tatarstan.....22
- Gaziev S.A., Mashtakova M.Sh., Gishkaeva L.S.* Influence of mineral fertilizers on agrochemical properties of soil and yield of grain crops.....28
- Tsareva M.V.* Yield and quality of potato at soddy-podzolic light-loamy soil in dependence of fertilizer system.....31
- Brovarova O.V.* Evaluation of efficiency of humic preparations application as micronutrients and growth stimulants.....35

SOIL PROPERTIES

- Ivanov D.A., Rublyuk M.V.* Dynamics of hydrolytic acidity of soils in agricultural landscape.....40
- Titova V.I., Erastova N.V., Volodina E.N., Belousova E.G.* Influence of depth and method of plant residues incorporation into the soil on its microbiological activity.....46
- Okorkov V.V., Okorkova L.A., Lebedeva A.E.* Transformation of nitrogen from fertilizers and soil in different climatic conditions at gray forest soils of Opolye.....52
- Chetverikova N.S., Surinov A.V.* Assessment of modern status of ordinary chernozems of the South-Eastern part of the Belgorod region.....61

EXPERIMENTAL RESEARCH

- Yakushev A.V., Khusnetdinova T.I., Glukhova A.A., Boykova Yu.V.* Search for potential components of biopesticides among bacteria isolated from the intestines of soil invertebrates and their food substrates – potato leaves and leaf litter.....66
- Smirnova T.I., Shilova O.V., Pavlov M.N. et al.* Influence of complexons on chlorophyll content in plants.....72

YOUNG SCIENTISTS RESEARCH

- Patrushev V.Yu.* About regulation of water regime of soddy-podzolic soil under strawberry plantings in conditions of the Altai Priobie.....77
- Korolev P.S.* Research of capsulated urea application for lawns in the Moscow city.....80
- Semenova A.I.* Influence of mobile phosphorous content in soddy-podzolic soil on efficiency of nitrogen fertilizer application for spring wheat.....84
- Panova V.M.* Analysis of agrochemical indicators of arable land of the northern microzone of the Saratov region.....87

HISTORY OF SCIENCE

- Zubkova T.A.* Theme of harvest in art and role of soil in society.....90

Editor-in-chief: Ph.D. I.S. Prokhorov

Editorial office: I.I. Prokhorova (director), N.V. Kuropteva, Ph.D. M.V. Tsareva, S.G. Tsareva

Editorial board: Dr.Sci. A.I. Belenkov, Dr.Sci. S.L. Belopukhov, Dr.Sci. N.M. Belous, Dr.Sci. T.Yu. Bortnik, Dr.Sci. I.I. Dmitrevskaya, Dr.Sci. L.A. Dorozhkina, Acad., Dr.Sci. A.A. Zavalin, Dr.Sci. S.Yu. Zaitsev, Acad., Dr.Sci. A.L. Ivanov, Dr.Sci. L.V. Kireycheva, Dr.Sci. A.V. Kurakov, Dr.Sci. S.V. Lukin, Dr.Sci. S.M. Lukin, Dr.Sci. M.G. Mustafaev (Azerbaijan), Dr.Sci. S.M. Nadezhkin, Dr.Sci. M.M. Ovcharenko, Dr.Sci. A.V. Pasynkov, Dr.Sci. T.F. Persikova (Belarus), Ph.D. A.A. Plotnikov, Corr.-member, Dr.Sci. O.A. Podkolzin, Dr.Sci. T.R. Ryspekov (Kazakhstan), Corr.-member, Dr.Sci. N.I. Sanzharova, Dr.Sci. V.M. Semenov, Dr.Sci. V.I. Titova, Acad., Dr.Sci. P.A. Chekmarev, Ph.D. O.Kh. Ergasheva (Uzbekistan)

Post address: 65-1-50, Shabolovka st., Moscow, 115419, Russian Federation. Cell: +7-965-183-20-79, Tel/fax: +7-495-952-76-25

www.agrochemv.ru e-mail: agrochem_herald@mail.ru

Printed by «SAM Poligrafist» Ltd., 5-42, Volgograd prospect, Moscow, 109316

Signed for printing 19 of April 2024. Digital printing. Format 60x90/8. Order 30099.

Journal registered by Ministry for Press and Information of the Russian Federation 29 April of 1997 № 011095

Journal has been publishing since June of 1929 (prev. titles «Harvest and Fertilizer» («Udobrenie i Urozhay»),

«Chemization of Socialistic Agriculture» («Khimizatsiya socialisticheskogo zemledeliya»),

«Chemistry in Agriculture» («Khimiya v sel'skom khozyaistve»), «Chemization of Agriculture» («Khimizatsiya sel'skogo khozyaistva»))

ПОИСК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ БИОПЕСТИЦИДОВ СРЕДИ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КИШЕЧНИКОВ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ИХ КОРМОВЫХ СУБСТРАТОВ – БОТВЫ КАРТОФЕЛЯ И ЛИСТВЕННОГО ОПАДА

¹А.В. Якушев, к.б.н., ¹Т.И. Хуснетдинова, к.б.н., ²А.А. Глухова, ²Ю.В. Бойкова

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, e-mail: a_yakushev84@mail.ru

²НИИ по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе, e-mail: alglukhova@yandex.ru

Представлены результаты модельного эксперимента по выявлению потенциальных компонентов биопестицидов. Установлено, что направленность антимикробной активности бактерий различается у штаммов, выделенных из разных местообитаний. В частности, штаммы, выделенные из кишечника почвенных беспозвоночных животных, отличаются относительно меньшим антагонизмом, по отношению к кишечным бактериям, чем штаммы, выделенные из кормового субстрата. Штаммы продуцентов, выделенные из животных фитофагов и их корма – листьев сельскохозяйственных растений, могут быть потенциальными компонентами биопестицидов.

Ключевые слова: биопестициды, бактерии, картофель, беспозвоночные животные.

SEARCH FOR POTENTIAL COMPONENTS OF BIOPESTICIDES AMONG BACTERIA ISOLATED FROM THE INTESTINES OF SOIL INVERTEBRATES AND THEIR FOOD SUBSTRATES – POTATO LEAVES AND LEAF LITTER

¹Ph.D. A.V. Yakushev, ¹Ph.D. T.I. Khusnetdinova, ²A.A. Glukhova, ²Yu.V. Boykova

¹Lomonosov Moscow State University, e-mail: a_yakushev84@mail.ru

²Gause Institute of New Antibiotics, e-mail: alglukhova@yandex.ru

Results of model experiment for detection of potential components of biopesticides are presented. It has been established that the direction of the antimicrobial activity of bacteria differs among strains isolated from different habitats. In particular, strains isolated from the intestines of soil invertebrates are characterized by relatively less antagonism towards intestinal bacteria than strains isolated from the feed substrate. Producer strains isolated from animal phytophages and their food, leaves of agricultural plants, can be potential components of biopesticides.

Keywords: biopesticides, bacteria, potatoes, invertebrates.

Роль антибиотиков в сельском хозяйстве и возможность их применения представляет большой интерес для современных исследователей. В растениеводстве препараты антибиотиков используют для борьбы с различными заболеваниями растений в качестве гербицидов и инсектицидов. Антибиотики служат важным инструментом для лечения болезней сельскохозяйственных животных: млекопитающих, птиц и пчел. Кормовые антибиотики используют для дополнительного набора веса животными, а также в качестве антибиотических препаратов, необходимых для успешного молочного животноводства и в других областях сельского хозяйства [1].

Возникшая в конце прошлого века глобальная проблема лекарственной устойчивости патогенных штаммов создала потребность в новых антибиотиках, к которым отсутствует антибиотическая устойчивость у болезнетворных микроорганизмов [2, 3].

Одним из наиболее перспективных направлений поиска веществ, преодолевающих лекарственную устойчивость патогенов, является изыскание соединений из природных источников [2]. При выборе среды для поиска особый интерес представляют малоизученные природные местообитания, так как в них больше вероятность обнаружить неизвестные ранее продуценты и антимикробные соединения. Одними из таких источников служат кишечник диплопод, мокриц, насекомых и их кормовые субстраты. Среди бактерий и актиномицетов, принадлежащих к кишечной микробиоте, а также штаммов, проглатываемых с пищей, потенциально может оказаться высокое количество штаммов, способных к биосинтезу антибиотиков. Так как в почвенных условиях и подстилке развивается множество микроорганизмов, возникает острая межвидовая конкуренция, что в ходе адаптации могло привести к

повышенному уровню биосинтеза антибиотиков. Перспективен поиск продуцентов новых антибиотиков из малоисследованных местообитаний, таких как кишечник беспозвоночных животных [4-6]. Большинство антибиотиков «золотой эры антибиотиков» были выделены из почвы [1-3], а сапрофаги постоянно контактируют с почвой, поэтому перспективно изучение малоизученной микробной составляющей иммунитета животных. Потенциально можно использовать продуценты для создания микробных препаратов против животных-вредителей и фитопатогенных микроорганизмов.

Цель исследования – сравнить между собой спектры антимикробной активности бактерий, ассоциированных с диплоподами *Cylindroiulus caeruleocinctus* и мокрицами *Porcellio scaber*, а также *Armadillidium vulgare* – типичными представителями почвенной биоты, принимающими активное участие в первичной деструкции органического вещества, а также сравнить антагонистическую активность бактерий кишечного тракта личинок и имаго колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*) с бактериями, выделенными из их корма – ботвы картофеля.

В задачи исследования входило:

1. Поставить модельный эксперимент по содержанию животных на едином пищевом субстрате - опаде клена остролистного в условиях лабораторного почвенного зоомикрокосма.
2. Выделить изоляты одноклеточных и мицелиальных бактерий из микробных комплексов корма, экскрементов и кишечников кивсяков и мокриц;
3. Определить спектры антимикробной активности выделенных штаммов по отношению к набору тест-культур микроорганизмов.
4. Выделить из корма, личинок и имаго колорадского жука культуры бактерий.
5. Выявить потенциальных продуцентов антибиотиков, проявляющих активность в отношении коллекционных тест-штаммов, состоящих из грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также грибов с различной устойчивостью к антибиотикам.
6. Сравнить спектры антагонистической активности штаммов, выделенных из корма, личинок и имаго колорадских жуков.

Методика. Исследования проводили в лабораториях факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова и Научно-исследовательского института по изысканию новых антибиотиков им. Г.Ф. Гаузе. Объектами исследования были штаммы одноклеточных и мицелиальных бактерий, которые выделены из кишечника и кормового субстрата. В случае колорадских жуков бактерии были выделены из ботвы картофеля и питающихся на них имаго, а также личинок колорадского жука третьего возраста. Все три объекта, из которых производили выделение микроорганизмов, были собраны на территории опытных полей Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ им. М.В. Ломоносова в июле 2022 г. Все образцы ботвы картофеля,

взрослых жуков и их личинок отобраны вручную. Для статистической достоверности результатов применяли сеточный метод отбора – для его выполнения требуется проведение первичного разделения исследуемого поля на одинаковые участки определенной площади, после чего в каждом из них определяли место взятия пробы. После сбора ботвы картофеля и получения содержимого кишечника животных и насекомых образцы замораживали при температуре -25°C с целью их сохранения до момента начала исследований, а затем размораживали при 25°C перед проведением эксперимента.

Двупарноногие многоножки *Cylindroiulus caeruleocinctus* и почвенные мокрицы *Porcellio scaber*, *Armadillidium vulgare* выбраны в качестве объектов исследования как широко распространенные на территории Москвы, а следовательно, важные для почвообразования первичные сапрофаги из размерной группы мезофауны. Животных собирали на территории почвенного стационара МГУ им. М.В. Ломоносова на Воробьевых горах.

Выделение бактерий проводили посевом на чашки Петри (методом истощающегося шпателя Дригальского) на набор агаризованных сред: ГПД, ГПД с полимиксином В, цитримидный агар, легионелбакагар, эскулин-азидный агар. Если штаммы выделяли и из опада, то его считали как штамм транзитный для кишечника и экскрементов. Первичную диагностику штаммов проводили по культурально-морфологическим и микроскопическим данным. Антагонистическую активность изолятов определяли методом диффузии в агар с помощью перпендикулярного посева тест-культур к исследуемому штамму.

Микробиологическое исследование включало следующие этапы:

1. Приготовление суспензий индивидуальных кишечников животных и измельченных кормовых субстратов гомогенизацией на встряхивателе типа Вортэкс.

2. Микробиологический посев из суспензий проводили методом Дригальского (истощающегося шпателя) на разбавленную ГПД среду (среда Rich) с нистатином: глюкоза (1 г/л), пептон (1 г/л), дрожжевой экстракт (1 г/л), агароза (15 г/л), на среду Rich с полимиксином В (подавление роста грамотрицательных бактерий), цитримидный агар (среда для псевдомонад), легионелбакагар (без добавления антибактериальных антибиотиков), эскулин-азидный агар (среда на энтерококки).

3. Антимикробную активность изолятов определяли методом перпендикулярного посева к изоляту через 7 дней культивирования тест-культуры на агаризованных средах Rich. В качестве тест-культур выступали: *Bacillus subtilis* RIA 445, *B. mycoides* 537, *B. pumilus* NCTC 8241, *Leuconostoc mesenteroides* VKPM B-4177, *Micrococcus luteus* NCTC 8340, *Staphylococcus aureus* FDA 209P (MSSA), *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa*

ATCC 27853, *Aspergillus niger* INA 00760, *Saccharomyces cerevisiae* RIA 259 [3]. Антагонизм определяли по длине зоны подавления тест-штаммов исследуемыми продуцентами – антагонистами.

Результаты. Ранее было установлено [5], что микробиоту кишечника колорадских жуков можно считать обнадеживающим источником штаммов, продуцирующих антибиотики, преодолевающих лекарственную устойчивость болезнетворных бактерий, а также как источник бактериальных компонентов биопестицидов. Поэтому была продолжена работа по выделению изолятов. Из кишечника личинок, имаго колорадского жука и битвы картофеля было выделено суммарно 32 штамма бактерий. Большая часть показала наличие антимикробной активности в отношении коллекционных тестовых культур микроорганизмов. Наиболее перспективными штаммами – продуцентами, которые могут быть использованы в качестве противомикробных биопестицидов, выступили три штамма актиномицетов из рода *Streptomyces*.

Спектры антимикробной активности проанализированы с помощью дискриминантного анализа, что позволило выявить особенности антимикробных спектров штаммов, выделенных из разных субстратов (рис. 1).

Было выделено две достоверные ($p < 0,05$) дискриминантные функции (ДФ). Отметим, что четкого разделения спектров не произошло, что логично на

фоне большого числа транзитных из корма штаммов в кишечнике жуков. Однако на основании дискриминантного анализа можно предполагать, что штаммы, выделенные из листьев картофеля и колорадского жука, имеют разные спектры антимикробной активности. ДФ1 отражает отличия кишечных штаммов и штаммов, выделенных из листьев. ДФ2 – отличия между имаго и личинками. При проведении корреляционного анализа установлено, что ДФ1 сильно и положительно коррелирует с суммой зон подавления тест-культур (*E. coli*, *M. luteus*, *St. aureus*), экологически ассоциированных со многими животными (рис. 2). То есть штаммы, выделенные из кишечника, подавляют эти культуры в целом слабее, чем выделенные из ботвы. Более сильными антагонистами к тест-культурам, ассоциированным со многими животными (*L. mesenteroides*, *St. aureus*, *E. coli*), были продуценты, выделенные из ботвы картофеля, чем выделенные из кишечника жуков.

ДФ2 коррелирует с суммой диаметров зон подавления *M. luteus*, *St. aureus* минус диаметр зоны подавления *E. coli* (рис. 3). Это отношение можно интерпретировать, как следствие перестройки кишечника в имаго по сравнению с личинками в ходе метаморфозы у насекомого. Штаммы, выделенные из личинок и имаго насекомого, отличаются особенностью антагонизма к кишечным штаммам – это описывается функцией их дискриминации: диаметр зоны по-

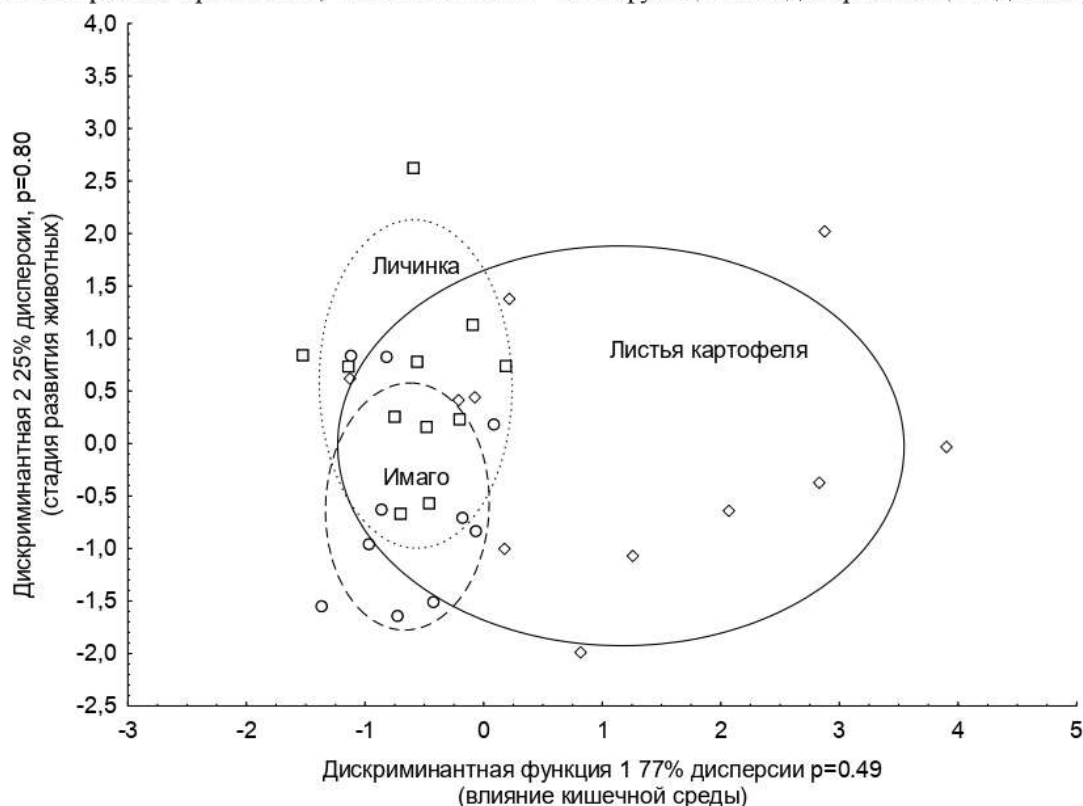


Рис. 1. Взаиморасположение штаммов продуцентов, выделенных из колорадского жука и листьев картофеля в пространстве дискриминантных функций, построенных по данным об антагонизме (по диаметру зон подавления тест-культур). Корреляционные эллипсы ограничивают зону с $p = 0,95$

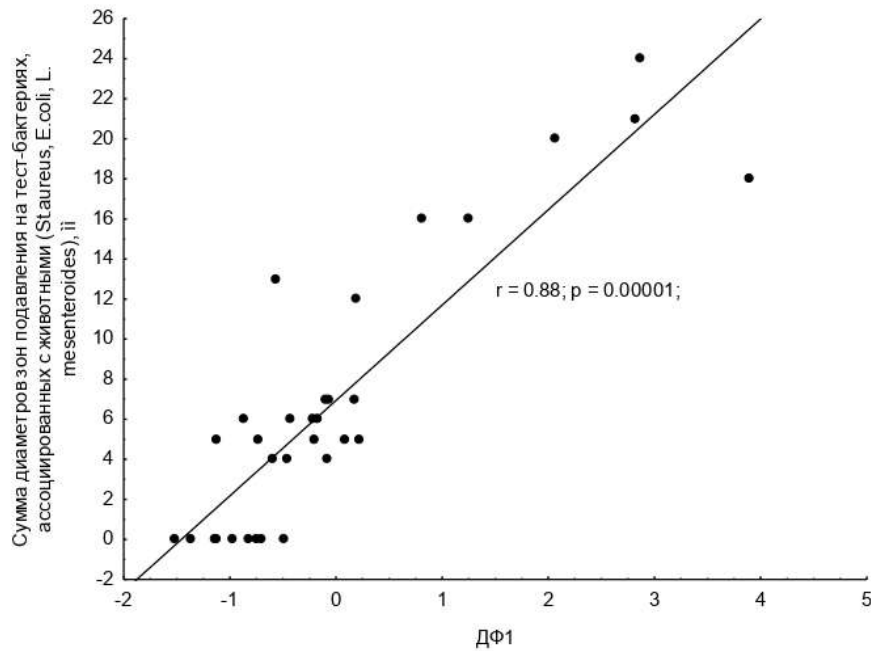


Рис. 2. Биологический смысл ДФ1: корреляция между ДФ1 и суммой диаметров зон подавления на тест-бактериях, ассоциированных с кишечником животных

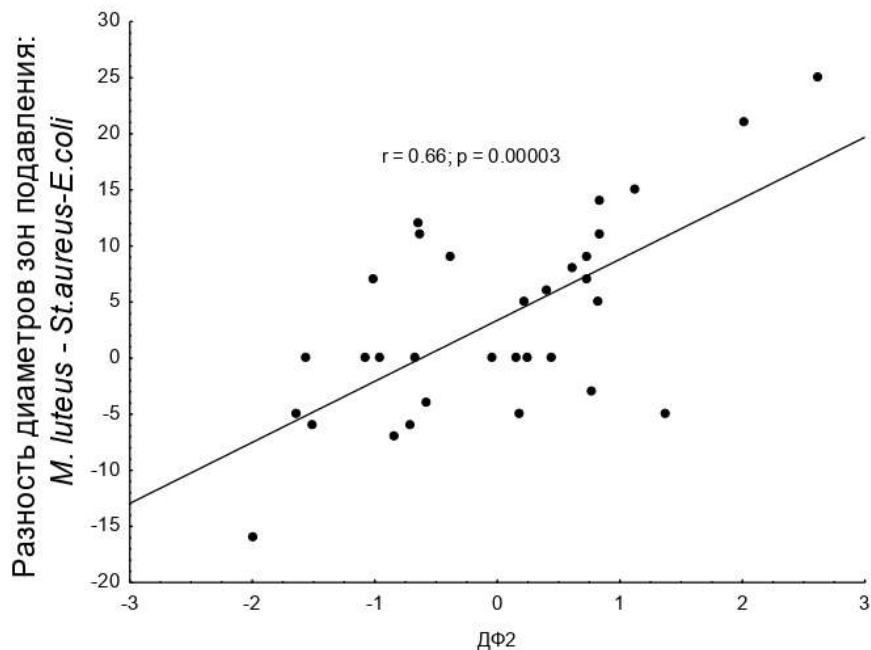


Рис. 3. Биологический смысл ДФ2, корреляция между ДФ2 и разность диаметров зон подавления на тест-бактериях, ассоциированных с кишечником животных: *M. Luteus* + *St. aureus* – *E. coli*

давления *M. luteus* + диаметр зоны подавления *St. aureus* – диаметр зоны подавления *E. coli* (рис. 3).

Бактериальные штаммы, которые были выделены из кишечного тракта имаго и личинок, оказались более схожи между собой по спектрам антимикробной активности, чем штаммы, выделенные из ботвы картофеля. Из этого следует, что антагонистическая активность бактерий имеет некоторое экологическое значение в условиях нахождения в кишечном тракте насекомого разных стадий развития и, как следствие,

может играть роль в поддержании кишечного иммунитета этих животных. Найденные различия между группами бактериальных штаммов, выделенных из трех источников, оказались нечеткими в силу наличия большого числа транзитных штаммов, которые поступают в кишечный тракт животных вместе с их основным кормом – ботвой картофеля.

Ранее было установлено, что кишечник тропических диплопод служит перспективным источником продуцентов антибиотиков [6]. В данной работе продолжено



Рис. 4. Взаиморасположение штаммов продуцентов, выделенных из *C. caeruleocinctus*, *P. scaber*, *A. vulgare*, подстилки в пространстве дискриминантных функций, построенных по данным об антагонизме (по диаметру зон подавления тест-культур). Корреляционные эллипсы ограничивают зону с $p = 0,95$

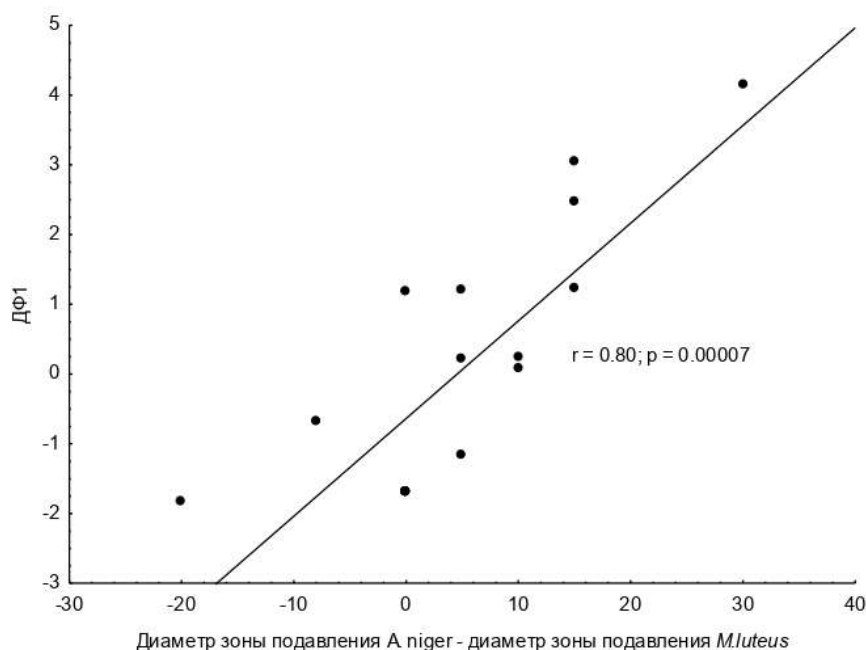


Рис. 5. Биологическая интерпретация ДФ1: корреляция между ДФ1 и разностью зон подавления: диаметр зоны подавления *M. luteus* – диаметр зоны подавления *A. niger*

исследование уже с *C. caeruleocinctus* – видом диплопод, населяющим Европейскую часть нашей страны. Для сравнения были исследованы два вида других массовых видов сапрофагов – мокриц (*P. scaber*, *A. vulgare*), которые часто встречаются на

сельскохозяйственных землях. В ходе эксперимента из *C. caeruleocinctus*, *P. scaber*, *A. vulgare*, из кишечника животных и опада было выделено 34 штамма. Среди выделенных штаммов преобладали одноклеточные бактерии. Перспективными штаммами в

качестве противомикробных биопестицидов выявлены 4 штамма *Streptomyces* sp. 1, *Streptomyces* sp. 2, *Streptomyces* sp. 3, *Streptomyces* sp. 4 и штаммы *Bacillus* sp. 1, *Bacillus* sp. 2, *Pseudomonas* sp. 1, *Pseudomonas* sp. 2.

Для выявления скрытых в массиве первичных данных об антагонизме был проведен дискриминантный анализ только активных изолятов, который показал, что существует одна достоверная дискриминантная функция, которая разделяет штаммы, выделенные из экскрементов *C. caeruleocinctus*, от штаммов из экскрементов мокриц *P. scaber* и *A. vulgare* (рис. 4).

Для того чтобы понять, какое биологическое явление скрывается за ДФ, был проведен корреляционный анализ. Установлено, что штаммы, выделенные из экскрементов и кишечника *C. caeruleocinctus*, *P. scaber*, *A. vulgare*, отличаются меньшей активностью против *M. luteus*, чем штаммы из опада – функция дискриминации для этих групп: зона подавления *A. niger* – зона подавления *M. luteus* (рис. 5). Таким образом, прослеживается тенденция, схожая с той, которая наблюдается у колорадских жуков. Кишечные изоляты имеют относительно меньшую антимикробную активность против ассоциированного с животными микроорганизма *M. luteus*, чем изоляты продуцентов из кормового субстрата (опада).

Таким образом, исследования показали, что более сильными антагонистами к тест-культурам,

ассоциированным с кишечником позвоночных и беспозвоночных животных *L. mesenteroides*, *St. aureus*, *E. coli*, были продуценты, выделенные из ботвы картофеля, чем выделенные из кишечника *Leptinotarsa decemlineata*. Штаммы, выделенные из экскрементов и кишечника *C. caeruleocinctus*, *P. scaber*, *A. vulgare*, отличаются от штаммов, выделенных из опада относительно меньшей активностью против *M. luteus* по сравнению с *A. niger*. Математически это различие можно представить в виде эмпирической функции: диаметр зоны подавления *A. niger* – диаметр зоны подавления *M. luteus*. Следовательно, антагонистическая активность бактерий имеет экологическое значение в условиях кишечника исследованных животных и может играть роль в кишечном иммунитете животных. По-видимому, из-за большого числа транзитных штаммов различия между группами штаммов нечеткие. Перспективные штаммы в качестве противомикробных биопестицидов: *Streptomyces* sp. 1, *Streptomyces* sp. 2, *Streptomyces* sp. 3, *Streptomyces* sp. 4, и штаммы *Bacillus* sp. 1, *Bacillus* sp. 2, *Pseudomonas* sp. 1, *Pseudomonas* sp. 2. Можно предположить, что бактерии, выделенные из кишечника беспозвоночных животных – фитофагов и почвенных животных – сапрофагов, станут перспективными потенциальными компонентами биопестицидов.

Исследование, проведенное на диплоподах, выполнено в рамках НИР «Почвенные микробиомы: геномное разнообразие, функциональная активность, география и биотехнологический потенциал» (номер ЦИТИС: 121040800174-6). Исследование, выполненное по колорадскому жуку, проведено в рамках НИР «Разработка и оценка комплекса инновационных агрохимических препаратов, мелнирантов и регуляторов роста в условиях агро-, техногенеза и городской среды» (номер ЦИТИС: 121041300098-7). Исследование по мокрицам проведено в рамках НИР «Изыскание новых антибиотиков, эффективных в отношении резистентных форм патогенных микроорганизмов» (АААА-А18-118011650006-5).

Литература

1. Berdy J. Bioactive Microbial Metabolites // The Journal of Antibiotics, 2005, V. 58. – P. 1-26.
2. Гаузе Г.Ф. Пути изыскания новых антибиотиков. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 171 с.
3. O'Neill J. The Review on Antimicrobial Resistance. Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations, 2016. Available at: http://amr-review.org/sites/default/files/160518_Final%20paper_with%20cover.pdf
4. Ефименко Т.А., Якушев А.В., Карабанова А.А., Глухова А.А., Демьянкова М.В., Васильева Б.Ф., Бойкова Ю.В., Малкина Н.Д., Терехова Л.П., Ефременкова О.В. Антимикробная активность бактерий, выделенных из многоножек *Nedyopus dawydoffiae* и *Orthomorpha* sp. // Микробиология, 2022, Т. 91, № 6. – С. 749-762.
5. Efimenko T.A., Yakushev A.V., Demiankova M.V., Glukhova A.A., Khusnetdinova T.I., Sadykova V.S., Efremenkova O.V. Antimicrobial activity of bacteria isolated from *Leptinotarsa decemlineata* and *Solanum tuberosum* // Annals of Environmental Science and Toxicology, 2022, V. 6, № 1. – P. 097-119.
6. Glukhova A.A., Karabanova A.A., Yakushev A.V., Semenyuk I.I., Boykova Y.V., Malkina N.D., Efimenko T.A., Ivankova T.D., Terekhova L.P., Efremenkova O.V. Antibiotic activity of actinobacteria from the digestive tract of millipede *Nedyopus dawydoffiae* (Diplopoda) // Antibiotics, 2018, V. 94, № 7. – P. 1-14.