

Таким образом, выявлены перспективные для биотехнологии микробных препаратов два штамма микромицетов и один штамм фототрофной цианобактерии, фитотоксичные для *Ambrosia artemisiifolia* L. на уровне значимости $p < 0,001-0,007$ согласно тесту Дункана. В контролируемых условиях при 24 ч продолжительности росяного периода эффективность препаративных форм с Tween 80, Sylwett, глицерином, растительным маслом, лецитином, кукурузным декстрином на основе мицелия штамма *Stagonosporopsis heliopsisidis* 32.85 была высокой (степень поражения растений на 2-е сутки после инокуляции превышала 90 %).

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-016-00184 «А».

Литература

1. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год. Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.gyazagro.ru/upload/medialibrary/435/prz_mcx.pdf (дата обращения 27.03.2020).
2. Гасич Е. Л., Гомжина М. М., Хлопунова Л. Б., Ганнибал Ф. Б. Первая находка *Stagonosporopsis heliopsisidis* (Pleosporales) на территории России и перспективы его применения против амброзии полыннолистной // Микология и фитопатология. 2018. № 52 (4). С. 277–290.
3. Didovich S. V., Alekseenko O. P., Pas' A. N., Didovich A. N. Phototrophic microorganisms for agricultural technology and food security // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 422 (2020) 012042. 6th International Conference on Agriproducts processing and Farming. DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012042.
4. Научно-техническая структура Российской Федерации. Крымская коллекция микроорганизмов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru/usu/507484/> (дата обращения 30.04.2020).
5. Научно-техническая структура Российской Федерации. Каталог уникальных научных установок. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ckr-rf.ru/usu/200616> (дата обращения 30.04.2020).
6. Сайт Альгологической коллекции ИФХиБПП РАН. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://acssi.org> (дата обращения 30.04.2020).

UDC 579.22:632.51/632.3+632.4

Berestetskiy A. O., Didovich S. V., Gasich E. L.

Phytotoxicity of phototrophic and heterotrophic microorganisms on *Ambrosia artemisiifolia* L.

Summary. The paper presents data on the evaluation of eight phototrophic cyanobacteria and heterotrophic microorganisms for biocontrol of the quarantine weed *Ambrosia artemisiifolia* L. We discovered three strains phytotoxic for common ragweed at significance level; $p < 0.001-0.007$ according to Duncan's test. Effectiveness of preparative forms with Tween 80, Sylwett, glycerol, vegetable oil, lecithin and corn dextrin based on the mycelium of the *Stagonosporopsis heliopsisidis* 32.85 was high (the degree of plant damage on the 2nd day after inoculation exceeded 90 %).

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., phototrophic and heterotrophic microorganisms, phytotoxicity, bioherbicide.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-107

УДК 579.64:633.11

Веселова Лариса Сергеевна¹, Мирская Галина Владимировна², Останкова Юлия Владимировна³, Кузнецова Татьяна Алексеевна¹, Пищик Вероника Николаевна^{2,4}

Поиск перспективных штаммов бактерий для создания новых биопрепаратов для повышения урожайности пшеницы

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого»;

²ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

³ФБУН «НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера»;

⁴ФГБНУ «ВНИИ Сельскохозяйственной микробиологии»

e-mail: larisa220051@gmail.com

Пшеница является одной из основных продовольственных культур в мире, обеспечивающая 20% энергии в рационе человечества. Урожай зерновых в Российской Федерации по данным Росстата в 2019 г. составил 120,668 млн тонн, из которых пшеницы – 74,335 миллиона тонн [1, 2].

Одной из приоритетных задач сельскохозяйственного производства является повышение урожайности зерновых культур. Для этих целей можно использовать биологические препараты, в состав которых входят бактерии, стимулирующие рост растений – PGPB (Plant Growth Promotion Bacteria). Поэтому поиск новых перспективных штаммов бактерий для создания микробиологических препаратов и разработка технологии их применения является актуальной задачей в области сельскохозяйственной микробиологии.

Цель исследования – поиск перспективных штаммов бактерий для создания новых биопрепаратов.

Объектами изучения служили мягкая яровая пшеница сорта Ленинградская 6, а также PGPB, изолированные с зерна пшеницы.

При выделении штаммов бактерий 10 г. растительного материала переносили в колбу со 100 мл дистиллированной стерильной воды. Колбу помещали на качалку для интенсивного перемешивания в течение 30 мин. Засев из смыва с зерна осуществлялся методом последовательных разведений на агаризованные среды для определения численности бактерий. Выделение чистых культур бактерий проводили на стандартных агаризованных средах: Эшби – для азотфиксирующих бактерий (20,0 г сахарозы, 0,2 г K_2HPO_4 , 0,2 г $MgSO_4$, 0,2 г NaCl, 0,2 г K_2SO_4 , 5,0 г $CaCO_3$) и среде Ворошилова-Дианова (10 г сахарозы, 1,0 г NaN_4Cl , 1,0 г K_2HPO_4 , 1,0 г KH_2PO_4 , 0,2 г $MgSO_4$, 0,02 г $CaCl_2$, 1,0 г NaCl) – для эпифитных бактерий. Анализировали 30 выделенных культур.

Энергию прорастания и всхожесть учитывали по ГОСТу 12038-84 [3] на третьи и седьмые сутки соответственно. В чашках Петри на бумажных фильтрах раскладывали семена пшеницы сорта Ленинградская 6, после чего вносили 10 мл бактериальной суспензии с титром $3,5-5,0 \times 10^5$ КОЕ/мл культуральной жидкости (к.ж.), в контрольном варианте добавляли 10 мл дистиллированной воды и проращивали при 20 °С.

Влияние бактерий на рост пшеницы проверяли рулонным методом по ГОСТу 12044-93 [4]. Семена раскладывали в одну линию с интервалом 1–2 см и на расстоянии 2–3 см от верхнего и боковых краев фильтровальной бумаги. Разложенные на бумаге семена накрывали такой же полоской увлажненной фильтровальной бумаги, поверх которой накладывали полоску полиэтилена, и сворачивали в рулон. В опытные варианты вносили 10 мл бактериальных суспензий, концентрация бактерий в которых составляла $3,5-5,0 \times 10^5$ КОЕ/мл к.ж. Учет результатов проводили на 10-е сутки.

Вегетационные опыты проводили в контролируемых условиях биополигона ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт». При культивировании растений основные параметры жизнеобеспечения были постоянными: температура – 25–26 °С днем / 20–21 °С ночью, фотопериод – 16 часов, облученность на уровне верхних листьев – $50,0 \pm 0,5$ Вт/м² ФАР. Растения выращивали в вегетационных сосудах объемом 2 л. Повторность для каждого варианта – 20-ти кратная. В качестве корнеобитаемой среды использовали дерново-подзолистую легко суглинистую почву.

В таблице 1 представлена численность культивируемой микрофлоры зерна пшеницы. Данные таблицы 2 показывают влияние бактерий на энергию всхожести и прорастание пшеницы.

Инокуляция PGPB L1 и L2 привела к увеличению массы проростков на 10,9–11,55 %. Эти бактерии отобраны для дальнейшего исследования из всех 30 изолированных культур.

Бактерии идентифицированы методом 16S рРНК секвенирования и отнесены к родам *Bacillus* (L1) и *Panaebacillus* (L2). Результаты выращивания пшеницы рулонным методом представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Численность эпифитных и азотфиксирующих бактерий на зерне пшеницы сорта Ленинградская 6

Показатель	Среда Эшби	Среда Ворошилова-Дианова
КОЕ в 1 мл к.ж.	56330,3 ± 1110,5	102160,7 ± 10196,7
КОЕ на 1 г. зерна	6866,0 ± 837,3	12500,0 ± 1876,1

Таблица 2 – Влияние PGPB на всхожесть и развитие проростков пшеницы

Образец	Всхожесть, %	Длина ростков, мм	Длина корней, мм	Вес растения, мг
Контроль	96±4	64,02 ± 0,05	82,97 ± 0,08	165,17 ± 0,41
<i>Bacillus sp.</i> L1	98±2	67,10 ± 0,11	84,05 ± 0,36	184,17 ± 0,58
<i>Panaebacillus sp.</i> L2	98±2	67,20 ± 0,05	83,31 ± 0,58	183,33 ± 0,93
L3 (n=28)	94±3	64,68 ± 0,08	79,95 ± 0,48	156,53 ± 0,46

Таблица 3 – Влияние PGPB на рост растений пшеницы

Показатель	Контроль	<i>Bacillus sp.</i> L1	<i>Panaebacillus sp.</i> L2
Длина листьев, мм	218,70 ± 5,47	260,00 ± 4,88	257,50 ± 4,97
Масса листьев, мг	228,00 ± 14,34	293,30 ± 14,60	294,70 ± 13,41
Длина корней, мм	83,00 ± 4,14	141,30 ± 7,29	115,00 ± 6,23
Масса корней, мг	122,70 ± 12,32	143,00 ± 14,26	156,70 ± 13,07
Масса растения, мг	350,70 ± 23,41	436,30 ± 25,17	451,30 ± 17,85

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что инокуляция бактериями *Bacillus sp.* L1 на 10-й день эксперимента привела к увеличению длины корней растений на 70%, массы корней на 17%. При инокуляции бактериями *Panaebacillus sp.* L2 увеличилась длина корней пшеницы на 39%, а их масса на 27 %. Данные вегетационных опытов по выращиванию пшеницы сорта Ленинградская 6 в контролируемых условиях показали прибавку урожайности пшеницы на 15,6 % при инокуляции цитокинин-продуцирующими бактериями *Bacillus sp.* L1, и на 31,2% при инокуляции азотфиксирующими бактериями *Panaebacillus sp.* L2.

Предварительные результаты вегетационных экспериментов свидетельствуют о перспективе использования *Bacillus sp.* L1 и *Panaebacillus sp.* L2 для повышения урожайности пшеницы.

Работа выполнена частично по Госзаданию Агрофизического научно-исследовательского института № 0667-2019-00013.

Литература

1. Росстат повысил оценку урожая зерна в 2019 г. Риановости. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20191224/1562779676.html> (дата обращения: 10.03.2020)
2. Braun H. J., Atlin G., Payne T. Climate change and crop production. London, 2010. P. 115–138.
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2011. 65 с.
4. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: Стандартинформ, 2011. 57 с.

UDC 579.64:633.11

Veselova L. S., Mirskaya G. V., Ostankova Yu. V., Kuznetsova T. A., Pishchik V. N.

Search for promising bacterial strains to create new biological preparations for increasing wheat yield

Summary. The aim of this study is to search for promising strains of bacteria to create new biological products. New bacteria were isolated from wheat grains and identified by 16 S rRNA sequencing as *Bacillus sp.* L1 and *Panaebacillus sp.* L2. The cytokinin-producing bacteria *Bacillus sp.* L1 increased the length of the roots of plants by 70 %, the mass of roots by 17 %. N-fixing *Panaebacillus sp.* L2 increased the root length by 39 % and the mass by 27 %. The results of vegetation experiments on growing wheat of the 'Leningradskaya 6' variety under controlled conditions showed an increase in wheat productivity by 15.6 % when inoculated with *Bacillus sp.* L1 and by 31.2 % when inoculated

with *Panaebacillus sp. L2*. Preliminary results of vegetative experiments indicate that *Bacillus sp. L1* and *Panaebacillus sp. L2* can be used as an active components of biological products to increase wheat productivity.

Keywords: plant growth promotion bacteria, *Bacillus sp. L1*, *Panaebacillus sp. L2*, wheat yield, regulated conditions, biological preparations.

DOI 10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-108

УДК 631.461:633.1:579.26

Еговцева Анна Юрьевна, Мельничук Татьяна Николаевна

Направленность микробиологических процессов в ризосфере *Triticum aestivum L.* в условиях бактеризации семян комплексом микробных препаратов

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

e-mail: eau82@mail.ru

Технологии возделывания и применение микробных препаратов оказывают широкое воздействие на почвенный биоценоз. Ресурсосберегающую технологию no-till все чаще используют производители пшеницы для уменьшения эрозии почвы и снижения затрат топлива и труда [1]. Определение численности и биологической активности различных групп микроорганизмов, участвующих в трансформации органического вещества почвы, является важным этапом в комплексной оценке состояния почв [2].

Микробное сообщество почвы и ризосферы поддерживает два противоположных процесса: минерализацию органического вещества с высвобождением различных форм элементов питания и напротив – накопление гумуса, который составляет основу органического вещества почвы. Следовательно, для сохранения положительного баланса питательных элементов и гумуса необходимы два условия: достаточное количество органики и активное течение микробиологических процессов. В связи с этим, целью наших исследований было изучить влияние предпосевной бактеризации комплексом микробных препаратов (КМП) в условиях различных систем земледелия на биологическую активность ризосферы *Triticum aestivum L.* чернозема южного в условиях степи Крыма.

Для анализа проводили отбор почвы ризосферы в фазу колошения растений пшеницы озимой. Определяли количество колониеобразующих единиц (КОЕ) микроорганизмов основных эколого-трофических групп, используя общепринятые методы в микробиологии, путем посева почвенной суспензии на селективные питательные среды, рассчитывали коэффициенты олиготрофности, педотрофности, олигонитрофильности и минерализации [3].

За три года исследований показана возможность интенсификации и нормализации микробиологического статуса ризосферы пшеницы озимой с помощью ресурсосберегающих технологий. Замечено влияние засушливых погодных условий 2018 г. на состояние микробиоценоза ризосферы, уровень минерализационных процессов значительно превышает показатель благоприятных по погодным условиям лет. Коэффициент минерализации выше 1 (при no-till – 2,1, при традиционной системе земледелия – 1,8), что свидетельствует об усилении активности почвенной микрофлоры, направленной на минерализацию соединений азота и деструкцию органического вещества. Но в результате применения полифункциональных биопрепаратов при обеих системах земледелия этот показатель снижался до оптимального уровня (при no-till – 1,2, при традиционной системе земледелия – 1,1) (рисунок).