



БАКТЕРИЗАЦИЯ СЕМЯН КОРМОВЫХ ТРАВ: ВЛИЯНИЕ НА ПРОРАСТАНИЕ И РОСТ РАСТЕНИЙ

*Коршунова Т.Ю.¹, Кузина Е.В.¹, Рафикова Г.Ф.¹, Тимергалин М.Д.¹, Рамеев Т.В.¹,
Четверикова Д.В.¹, Феоктистова А.В.¹, Низаева А.А.², Четвериков С.П.¹

¹Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,
Россия, 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 69, *e-mail: lab.biotech@yandex.ru

²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное
подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального
исследовательского центра Российской академии наук, Россия, 450059, г. Уфа, ул. Рихарда Зорге, 19

Резюме

Предпосевная инокуляция семян ростстимулирующими микроорганизмами является эффективным методом повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и кормовых трав, в частности. В настоящей работе проведена проверка девяти штаммов бактерий на способность к продукции фитогормона индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и стимуляции всхожести семян и удлинения побегов и корней проростков могоара, суданской травы, костра безостого, люцерны посевной и овсяницы луговой. Самая высокая концентрация ИУК в культуральной жидкости обнаружена у штаммов *Enterobacter ludwigii* BLK и *Pseudomonas* sp. UOM 10 (2001 и 1617 нг/мл соответственно), а самая низкая – у *Pseudomonas* sp. 5GCH и *P. koreensis* ИБ-4 (144 и 141 нг/мл соответственно), однако на данном этапе исследований прямая зависимость между уровнем синтеза фитогормона и способностью бактерий положительно влиять на рост растений не обнаружена. Для растений была характерна видовая специфичность реакции на бактериальную обработку, за исключением штамма *Pseudomonas* sp. 5GCH, который в ряде случаев положительно влиял на прорастание семян, однако не усиливал рост корней и побегов у изучаемых трав. Синхронная стимуляция всхожести семян и увеличения длины побегов и корней наблюдалось на растениях могоара при инокуляции штаммами *E. ludwigii* BLK и *P. plecoglossicida* CH5-2 и на костре безостом (*P. chlororaphis* 4CH, *B. vietnamiensis* 8CH, *E. ludwigii* BLK, *P. laurentiana* АНТ 17 и *P. plecoglossicida* CH5-2). Ни один из штаммов одновременно не увеличивал длину побегов и корней у суданской травы и овсяницы луговой, но большинство микроорганизмов усиливали у них прорастание семян. Бактеризация не повышала всхожесть у люцерны посевной и только штаммы *Pseudomonas* sp. UOM 10 и *P. koreensis* ИБ-4 способствовали росту ее побегов и корней.

Ключевые слова: кормовые травы, ростстимулирующие микроорганизмы, индолил-3-уксусная кислота, длина побегов и корней, всхожесть

Цитирование: Коршунова Т.Ю., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Тимергалин М.Д., Рамеев Т.В., Четверикова Д.В., Феоктистова А.В., Низаева А.А., Четвериков С.П. Бактеризация семян кормовых трав: Влияние на прорастание и рост растений // *Biomics*. 2021. Т.13(2). С. 159-165. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-12

© Авторы

BACTERIZATION OF FORAGE GRASS SEEDS: INFLUENCE ON SPREADING AND GROWTH OF PLANTS

Korshunova T.Yu.¹, Kuzina E.V.¹, Rafikova G.F.¹, Timergalin M.D.¹, Rameev T.V.¹,
Chetverikova D.V.¹, Feoktistova A.V.¹, Nizaeva A.A.², Chetverikov S.P.¹

¹Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 69 Prospect Oktyabrya, Ufa, 450054, Russia, e-mail: lab.biotech@yandex.ru

²Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 19 Richard Zorge Str., Ufa, 450059, Russia

Resume

Inoculation of seeds before sowing of growth-stimulating microorganisms is an effective method for increasing the productivity of crops and forage grasses, in particular. In this work, nine strains of bacteria were tested for their ability to produce the phytohormone indolyl-3-acetic acid (IAA) and stimulate seed germination and elongation of shoots and roots of seedlings of mogar, sudanese grass, awnless brome, alfalfa, and meadow fescue. The highest IAA concentration in the culture liquid was found in the strains *Enterobacter ludwigii* BLK and *Pseudomonas* sp. UOM 10 (2001 and 1617 ng/ml, respectively), and the lowest was in *Pseudomonas* sp. 5GCH and *P. koreensis* IB-4 (144 and 141 ng/ml, respectively), however, at this stage of research, a direct relationship between the level of phytohormone synthesis and the ability of bacteria to positively affect plant growth was not found. The plants were characterized by the species specificity of the reaction to bacterial treatment, with the exception of the *Pseudomonas* sp. 5GCH, which in some cases had a positive effect on seed germination, but did not enhance the growth of roots and shoots in the studied herbs. Synchronous stimulation of seed germination and an increase in the length of shoots and roots was observed on mogar plants upon inoculation with *E. ludwigii* BLK and *P. plecoglossicida* CH5-2 and on an awnless brome (*P. chlororaphis* 4CH, *B. vietnamiensis* 8CH, *E. ludwigii* BLK, *P. laurentiana* ANT 17 and *P. plecoglossicida* CH5-2). None of the strains simultaneously increased the length of shoots and roots in Sudanese grass and meadow fescue, but most microorganisms enhanced seed germination in them. Bacterization did not increase germination in alfalfa, and only *Pseudomonas* sp. UOM 10 and *P. koreensis* IB-4 promoted the growth of its shoots and roots.

Keywords: forage grasses, growth-stimulating microorganisms, indolyl-3-acetic acid, length of shoots and roots, germination

Citation: Korshunova T.Yu., Kuzina E.V., Rafikova G.F., Timergalin M.D., Rameev T.V., Chetverikova D.V., Feoktistova A.V., Nizaeva A.A., Chetverikov S.P. Bacterization of forage grass seeds: Influence on spreading and growth of plants. *Biomics*. 2021. V.13(2). P. 159-165. DOI: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-12

© The Authors

Введение

Обеспечение животных достаточным количеством питательных веществ является решающим фактором, от которого зависит производительность животноводства и продолжительность хозяйственного использования стада [Силаева и др. (Silaeva et al.), 2017; Егорова (Egorova), 2019; Da Silva et al., 2015]. В структуре кормов, которые используются в этой отрасли, значительная доля приходится на зеленые (травы естественных сенокосов и пастбищ), грубые (сено, сенаж) и сочные корма (силос). Поэтому особое внимание уделяется совершенствованию полевого кормопроизводства, в том числе, путем максимального использования технологических и биологических факторов повышения продуктивности кормовых трав, которые дают стабильные урожаи, рано и быстро отрастают, характеризуются сбалансированностью аминокислотного и минерального состава и по своим питательным качествам наиболее полно отвечают потребностям животных [Зарьянова и др. (Zar'janova et al.), 2017]. Кроме того, кормовые травы служат эффективным средством рекультивации земель, стабилизации

агроландшафтов и гидрологического режима местности [Косолапов и др. (Kosolapov et al.), 2018].

Предпосевная инокуляция семян микробными препаратами, ускоряющими рост и развитие растений, является важным элементом технологии возделывания сельскохозяйственных культур, направленным на получение сильных и дружных всходов оптимальной густоты и, в итоге, на повышение урожайности. Она не требует сложного оборудования и дает стабильный положительный эффект, который в ряде случаев может быть связан с продукцией бактериями веществ фитогормональной природы [Kudoyarova et al., 2019]. Можно отметить, что воздействие биопрепаратов на растения изучается достаточно активно [Santoro et al., 2015; Vishwakarma et al., 2018], однако при этом недостаточно внимания уделяется исследованию ответной реакции кормовых трав на бактеризацию ростстимулирующими микроорганизмами. Поэтому целью данной работы было оценка способности штаммов бактерий к синтезу фитогормона индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и их влияния на всхожесть семян и морфометрические показатели проростков кормовых трав.

Материалы и методы

Объектами исследования служили семена и проростки следующих кормовых трав: могоара (итальянское просо) (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) сорта Бельский, суданской травы (*Sorghum* × *Drummondii*) сорта Чишминская ранняя, костра безостого (*Bromus inermis* Leyss.) сорта Чишминский 4, люцерны посевной (*Medicago sativa* L.) сорта Чишминская 131, овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) сорта Памяти Еникеева.

Для бактериализации семян использовали штаммы микроорганизмов из коллекции Уфимского Института биологии УФИЦ РАН: *Pseudomonas chlororaphis* 4СН, *Burkholderia vietnamiensis* 8СН, *Enterobacter ludwigii* ВЛК, *Pseudomonas* sp. 5GСН, *Pseudomonas* sp. UOM 10, *P. koreensis* ИБ-4 (ВКМ В-2830D), *P. laurentiana* АНТ 17, *P. protegens* DA1.2, *P. plecoglossicida* СН5-2.

Бактерии культивировали на питательном бульоне [Держинская (Dzerzhinskaya), 2008] в колбах Эрленмейера на термостатируемом шейкере (160 об./мин) при температуре 28°C в течение 72 часов.

Содержание ИУК в культуральной жидкости анализировали хроматографически в системе ВЭЖХ LC-20 Prominence с диодно-матричным детектором SPD-M20A («Shimadzu», Япония) так, как это было

описано [Стариков, Четвериков (Starikov, Chetverikov), 2020].

Инокуляцию семян осуществляли путем смачивания их поверхности жидкой культурой бактерий, разбавленной до титра 10^6 КОЕ/мл. Контрольные семена обрабатывали дистиллированной водой. Семена в пятикратной повторности помещали по 20 штук во влажные камеры и инкубировали при комнатной температуре (22-24°C) в течение 3 суток. После этого подсчитывали процент проросших семян и измеряли длину корней и побегов.

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных программ MS Excel. Данные представлены как среднее ± стандартная ошибка. Достоверность различий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Количество ИУК в культуральной жидкости изучаемых бактерий значительно различалось (рис. 1). Самый высокий уровень накопления этого гормона зафиксирован у штаммов *E. ludwigii* ВЛК и *Pseudomonas* sp. UOM 10 (2001 и 1617 нг/мл соответственно), а самый низкий – у *Pseudomonas* sp. 5GСН и *P. koreensis* ИБ-4 (144 и 141 нг/мл соответственно).

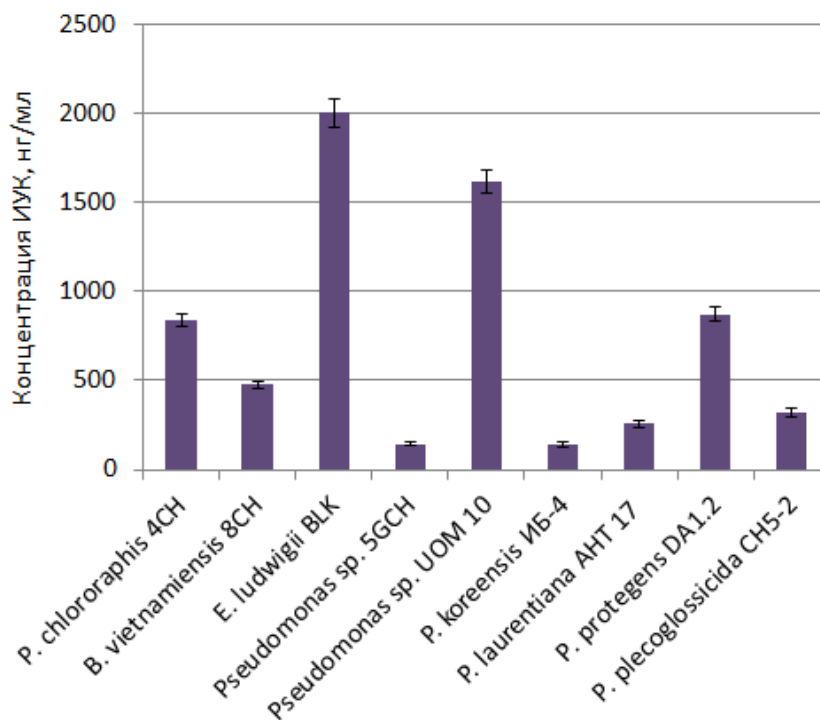


Рис. 1. Концентрация ИУК в культуральной жидкости бактерий.

Fig. 1. IAA content in the culture liquid of bacteria.

Всхожесть семян после бактериальной обработки зависела как от применяемого штамма, так и от самого растения. Так, семена могора лучше всего откликнулись на инокуляцию штаммами *E. ludwigii* BLK и *P. plecoglossicida* CH5-2, а штамм *Pseudomonas* sp. 5GCH, наоборот, подавлял их всхожесть, которая была меньше контрольной на 25% (рис. 2). Наибольшее стимулирующее воздействие на суданскую траву оказал штамм *P. chlororaphis* 4CH. При очень низкой исходной всхожести (37%), его использование привело к увеличению данного показателя более чем в 2 раза (до 80%), в то время как штаммы *Pseudomonas* sp. UOM 10 и *P. koreensis* ИБ-4 практически не влияли на прорастание семян суданской травы. Самый заметный положительный эффект на всхожесть костра

безостого отмечен при бактериализации штаммом *P. plecoglossicida* CH5-2, а обработка *Pseudomonas* sp. UOM 10 ингибировала этот процесс у семян указанного растения. Все изучаемые штаммы не оказывали стимулирующего воздействия на семена люцерны посевной, которые имели самый значительный процент прорастания в контроле (88%) среди выбранных трав. Начальная всхожесть семян овсяницы луговой была невысокой (43%) и наиболее существенное изменение этого показателя произошло в результате применения штаммов *P. chlororaphis* 4CH, *Pseudomonas* sp. 5GCH и *B. vietnamiensis* 8CH (увеличение до 75, 68 и 60% соответственно), а также *Pseudomonas* sp. UOM 10 (снижение до 28%).

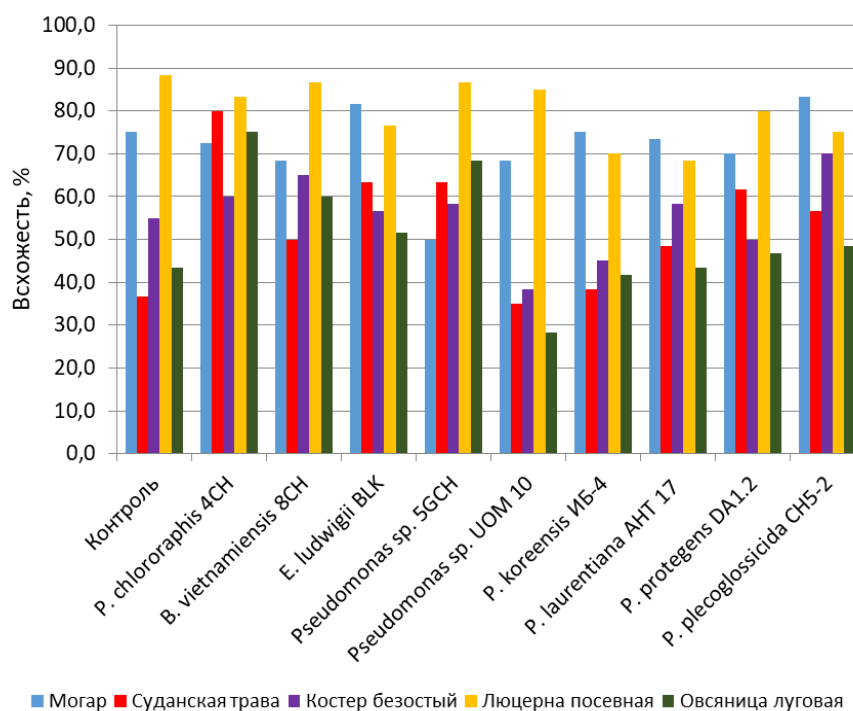


Рис. 2. Всхожесть кормовых трав под воздействием бактериальной обработки
 Fig. 2. Germination of forage grasses under the influence of bacterial treatment

Длина побегов растений также зависела от штамма и растения, на котором его применяли. Бактерии *B. vietnamiensis* 8CH, *E. ludwigii* BLK, *Pseudomonas* sp. UOM 10 и *P. plecoglossicida* CH5-2 способствовали ее увеличению у могора, *Pseudomonas* sp. UOM 10 – у суданской травы, *Pseudomonas* sp. UOM 10, *P. koreensis* ИБ-4 и *P. laurentiana* АНТ 17 – у люцерны посевной, *Pseudomonas* sp. UOM 10 и *P. koreensis* ИБ-4 – у овсяницы луговой. Все микроорганизмы, за исключением *Pseudomonas* sp. 5GCH, стимулировали рост побегов костра безостого (табл.). Как следует из вышеуказанного и данных таблицы, только штамм *Pseudomonas* sp. UOM 10 в той или иной мере положительно влиял на побеги всех видов трав, а *Pseudomonas* sp. 5GCH не оказывал на них

ростстимулирующего воздействия и в ряде случаев даже угнетал данный морфометрический показатель.

Бактеризация оказывала неоднозначный эффект на корни кормовых трав (табл.). Шесть штаммов из девяти увеличивали их длину у могора, а *P. chlororaphis* 4CH, *Pseudomonas* sp. 5GCH и *P. protegens* DA1.2 – угнетали. Только *B. vietnamiensis* 8CH стимулировал рост корней у суданской травы, а штамм *Pseudomonas* sp. UOM 10 – у люцерны посевной, в то время как у костра безостого их удлинение происходило под действием всех изучаемых бактерий, за исключением штамма *Pseudomonas* sp. 5GCH. Ни один из применяемых микроорганизмов не способствовал возрастанию длины корней у овсяницы луговой.

Влияние бактеризации на длину (мм) побегов и корней проростков кормовых трав
Table. Influence of bacterization on the length (mm) of shoots and roots of seedlings of forage grasses

Растение Plant Штамм Strain	Могар Panic		Суданская трава Sudanese grass		Костер безостый Awnless brome		Люцерна посевная Sowing alfalfa		Овсяница луговая Meadow fescue	
	Побег Shoot	Корень Root	Побег Shoot	Корень Root	Побег Shoot	Корень Root	Побег Shoot	Корень Root	Побег Shoot	Корень Root
Контроль	39,3 ± 2,6	27,4 ± 2,0	15,8 ± 1,3	25,9 ± 1,4	12,8 ± 1,0	22,3 ± 2,1	22,1 ± 1,4	17,0 ± 1,3	19,9 ± 1,3	25,0 ± 2,1
<i>P. chlororaphis</i> 4СН	38,5 ± 3,6	21,4 ± 2,6	12,9 ± 0,4	17,9 ± 1,2	15,0 ± 1,1	28,0 ± 1,7	17,9 ± 1,3	14,0 ± 1,2	17,8 ± 1,0	22,4 ± 2,0
<i>B. vietnamiensis</i> 8СН	44,2 ± 2,5	30,4 ± 2,6	16,1 ± 1,2	26,7 ± 1,3	14,8 ± 0,3	28,2 ± 1,7	22,1 ± 1,2	16,5 ± 1,3	14,6 ± 1,0	17,8 ± 0,9
<i>E. ludwigii</i> BLK	45,5 ± 1,6	33,5 ± 2,0	16,0 ± 1,2	16,1 ± 1,2	14,7 ± 0,6	28,4 ± 1,6	20,9 ± 1,7	15,8 ± 1,1	13,4 ± 0,6	13,3 ± 0,8
<i>Pseudomonas</i> sp. 5GCH	28,1 ± 1,2	15,8 ± 0,8	12,8 ± 0,3	15,0 ± 1,1	12,4 ± 0,9	19,7 ± 1,4	22,1 ± 1,2	16,5 ± 1,3	13,9 ± 0,9	17,7 ± 1,1
<i>Pseudomonas</i> sp. UOM 10	41,3 ± 2,2	33,5 ± 1,9	17,7 ± 0,8	24,6 ± 1,0	14,7 ± 0,7	30,2 ± 1,7	23,5 ± 1,2	20,3 ± 1,5	22,9 ± 1,1	24,2 ± 1,3
<i>P. koreensis</i> ИБ-4	40,0 ± 2,4	31,1 ± 2,1	14,8 ± 1,3	20,2 ± 1,0	15,6 ± 1,2	27,1 ± 1,6	26,6 ± 1,3	17,9 ± 1,2	21,1 ± 1,3	22,6 ± 1,4
<i>P. laurentiana</i> АНТ 17	39,4 ± 2,7	30,8 ± 1,9	14,1 ± 0,5	22,4 ± 1,4	15,3 ± 1,2	31,1 ± 1,5	25,6 ± 1,4	17,0 ± 0,7	19,1 ± 0,9	19,4 ± 1,2
<i>P. protegens</i> ДА1.2	34,0 ± 2,8	23,9 ± 2,6	12,4 ± 0,6	20,1 ± 1,6	13,8 ± 0,7	29,7 ± 1,2	22,2 ± 1,3	14,9 ± 1,0	17,8 ± 1,0	20,1 ± 1,5
<i>P. plecoglossicida</i> СН5-2	44,0 ± 2,7	29,5 ± 1,8	13,5 ± 1,1	20,0 ± 1,1	15,3 ± 1,1	25,8 ± 2,0	20,7 ± 1,1	16,4 ± 0,8	18,1 ± 1,2	16,8 ± 0,5

В целом, можно отметить, что для растений была характерна видовая специфичность реакции на бактериальную обработку. Исключение составляет штамм *Pseudomonas* sp. 5GCH, который в ряде случаев положительно влиял на прорастание семян, однако не усиливал рост корней и побегов у изучаемых трав. Если исходить из способности микроорганизмов к синхронной стимуляции всхожести семян и увеличению длины побегов и корней проростков, то это явление наблюдалось на растениях могоара (штаммы *E. ludwigii* BLK и *P. plecoglossica* CH5-2) и костра безостого (*P. chlororaphis* 4CH, *B. vietnamiensis* 8CH, *E. ludwigii* BLK, *P. laurentiana* АНТ 17 и *P. plecoglossica* CH5-2). Ни один из штаммов одновременно не увеличивал длину побегов и корней у суданской травы и овсяницы луговой, зато большинство микроорганизмов усиливали у них прорастание семян. Как уже упоминалось выше, ни одна из используемых бактерий не повышала всхожесть у люцерны посевной, а положительный отклик побегов и корней этого растения обнаружен только при инокуляции штаммами *Pseudomonas* sp. UOM 10 и *P. koreensis* ИБ-4. Полученные нами результаты, в общем, соответствуют данным литературы, свидетельствующим об отсутствии универсального стимулирующего действия бактерий на всхожесть и дальнейшее развитие растений [Бакаева и др. (Bakaeva et al.), 2019].

На данном этапе исследований не удалось обнаружить зависимость между уровнем продукции ИУК бактериями и их способностью стимулировать рост растений. Возможно, в последующих экспериментах следует более дифференцированно подходить к подбору концентраций клеток штаммов для обработки различных культур.

Таким образом, установлено, что растения костра безостого показали самую высокую отзывчивость на бактериализацию выбранными штаммами, а суданская трава и овсяница луговая практически на нее не реагировали. Все микроорганизмы, за исключением *Pseudomonas* sp. 5GCH, рекомендуются для дальнейшего применения в опытах по стимуляции роста и развития кормовых трав.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по темам №№ АААА-А19-119021390081-1 и АААА-А18-118022190100-9, а также в рамках программы создания и развития Селекционно-семеноводческого центра по кормовым культурам УФИЦ РАН (соглашение № 075-15-2021-549).

Литература

1. Бакаева М.Д., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Четверикова Д.В., Столярова Е.А., Мухаматдырова С.Р., Кудоярова Г.Р. Влияние бактерий-деструкторов

углеводородов нефти на прорастание и рост растений // Экобиотех. 2019. Т. 2(2). С. 175-183. DOI: 10.31163/2618-964X-2019-2-2-175-183

2. Дзержинская И.С. Питательные среды для выделения и культивирования микроорганизмов. Астрахань: АГТУ. 2008. 348 с.

3. Егорова О.В. Теоретические и методологические основы организации кормопроизводства // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Экономика. 2019. Т. 27(2). С. 280-289. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-2-280-289>

4. Зарьянова З.А., Кирюхин С.В., Бобков С.В., Меркулов Д.Е. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4(24). С. 115-121.

5. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России. М.: РАН. 2018. 132 с.

6. Силаева Л.П., Алексеев С.А., Меньшова А.Е. Эффективность размещения и производства кормовых культур // Вестник Курской гос. сельскохозяй. академии. 2017. № 6. С. 42-48.5.

7. Стариков С.Н., Четвериков С.П. Штамм *Enterobacter* sp. UOM-3 способен к синхронной деструкции гербицидов и синтезу индол-3-уксусной кислоты // Экобиотех. 2020. Т. 3(4). С. 716-721. doi: 10.31163/2618-964X-2020-3-4-716-721

8. Da Silva S.C., Sbrissia A.F., Pereira L.E.T. Ecophysiology of C₄ forage grasses – understanding plant growth for ptimising their use and management // Agriculture. 2015. V. 5(3). P. 598-625. doi: 10.3390/agriculture5030598

9. Kudoyarova G., Arkhipova T., Korshunova T., Bakaeva M., Loginov O., Dodd I.C. Phytohormone mediation of interactions between plants and non-symbiotic growth promoting bacteria under edaphic stresses // Front. Plant Sci. 2019. V. 10: 1368. doi: 10.3389/fpls.2019.01368

10. Santoro M.V., Cappellari L.R., Giordano W., Banchio E. Plant growth-promoting effects of native *Pseudomonas* strains on *Mentha piperita* (peppermint): an in vitro study // Plant Biol. 2015. V. 17(6). P. 1218-1226. doi: 10.1111/plb.12351

11. Vishwakarma K., Kumar V., Tripathi D.K., Sharma S. Characterization of rhizobacterial isolates from *Brassica juncea* for multitrait plant growth promotion and their viability studies on carriers // Environ. Sustain. 2018. V. 1(3). P. 253-265. doi: 10.1007/s42398-018-0026-y

References

1. Bakaeva M.D., Kuzina E.V., Rafikova G.F., Chetverikova D.V., Stolyarova E.A., Mukhamatdyarova S.R., Kudoyarova G.R. Vliyanie bakterii-destruktorov uglevodorodov nefi na prorastanie i rost rastenii. *Ekobiotekh.* 2019. V. 2(2). P. 175-183. DOI:

- 10.31163/2618-964X-2019-2-2-175-183 [The influence of bacteria-destructors hydrocarbons of petroleum on germination and growth of plants] (in Russian)
2. Da Silva S.C., Sbrissia A.F., Pereira L.E.T. Ecophysiology of C₄ forage grasses – understanding plant growth for ptimising their use and management. *Agriculture*. 2015. V. 5(3). P. 598-625. doi: 10.3390/agriculture5030598
3. Dzerzhinskaja I.S. Pitatel'nye sredy dlja vydelenija i kul'tivirovanija mikroorganizmov. Astrahan': AGTU. 2008. 348 s. [Culture media for the isolation and cultivation of microorganisms] (in Russian)
4. Egorova O.V. Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy organizatsii kormoproizvodstva. *Vestnik Rossijskogo un-ta družby narodov. Ser. Ekonomika*. 2019. V. 27(2). P. 280-289. doi: 10.22363/2313-2329-2019-27-2-280-289 [Theoretical and methodological foundations of the organization of feed production] (in Russian)
5. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. Ratsional'noe prirodopol'zovanie i kormoproizvodstvo v sel'skom khozyaistve Rossii. M.: RAN. 2018. 132 p. [Rational nature management and fodder production in russia's agriculture] (in Russian)
6. Kudoyarova G., Arkhipova T., Korshunova T., Bakaeva M., Loginov O., Dodd I.C. Phytohormone mediation of interactions between plants and non-symbiotic growth promoting bacteria under edaphic stresses. *Front. Plant Sci*. 2019. V. 10: 1368. doi: 10.3389/fpls.2019.01368.
7. Santoro M.V., Cappellari L.R., Giordano W., Banchio E. Plant growth-promoting effects of native *Pseudomonas* strains on *Mentha piperita* (peppermint): an in vitro study. *Plant Biol*. 2015. V. 17(6). P. 1218-1226. doi: 10.1111/plb.12351
8. Silaeva L.P., Alekseev S.A., Men'shova A.E. Jeffektivnost' razmeshhenija i proizvodstva kormovyh kul'tur. *Vestnik Kurskoj gos. sel'skohoz. akademii*. 2017. V. 6. P. 42-48 [Efficiency of fodder crops placement and production] (in Russian)
9. Starikov S.N., Chetverikov S.P. Shtamm *Enterobacter* sp. UOM-3 sposoben k sinkhronnoi destruktсии gerbitsidov i sintezu indol-3-uksusnoi kisloty. *Ekobiotekh*. 2020. V. 3(4). P. 716-721. doi: 10.31163/2618-964X-2020-3-4-716-721 [Strain *Enterobacter* sp. UOM-3 is able to synchronous destruction of halogen-containing herbicides and synthesis of indol-3-acetic acid] (in Russian)
10. Vishwakarma K., Kumar V., Tripathi D.K., Sharma S. Characterization of rhizobacterial isolates from *Brassica juncea* for multitrait plant growth promotion and their viability studies on carriers. *Environ. Sustain*. 2018. V. 1(3). P. 253-265. doi: 10.1007/s42398-018-0026-y
11. Zar'yanova Z.A., Kiryukhin S.V., Bobkov S.V., Merkulov D.E. Struktura i kachestvo kormovoi massy razlichnykh vidov mnogoletnikh trav. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2017. V. 4(24). P. 115-121 [Structure and quality of feed mass of various types of perennial grasses] (in Russian)