ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

<http://ecobiotech-journal.ru>

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ОБРАБОТОК НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УРОВЕНЬ ХЛОРОФИЛЛА И МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА У РАСТЕНИЙ МОГАРА *SETARIA* *ITALICA* В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

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

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального
исследовательского центра РАН, Уфа

*E-mail: chelab007@yandex.ru

Проведена оценка воздействия штаммов бактерий *Pseudomonas koreensis* ИБ-4, *Pseudomonas* sp. UOM 10, *Enterobacter ludwigii* BLK, синтезирующих индолилуксуную кислоту, на ростовые и биохимические показатели кормового растения могар (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) при моделировании дефицита воды в лабораторных условиях. Все используемые штаммы оказывали положительное влияние на фотосинтетический аппарат, повышая суммарное содержание хлорофиллов а и b и предотвращая развитие окислительного стресса, вызванного засухой, за счет снижения уровня малоновой диальдегида (МДА), что, в конечном итоге, выражалось в накоплении сырой массы побега у растений.

Ключевые слова: кормовые травы ♦ могар ♦ *Pseudomonas koreensis* ИБ-4 ♦ *Pseudomonas* sp. ♦ *Enterobacter ludwigii* ♦ засуха ♦ хлорофилл ♦ МДА

THE EFFECT OF BACTERIAL TREATMENTS ON GROWTH INDICATORS, THE LEVEL OF CHLOROPHYLL AND MALONDIALDEHYDE IN PLANTS OF MOGAR *SETARIA* *ITALICA* IN CONDITIONS OF WATER DEFICIENCY

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

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre
of the Russian Academy of Sciences, Ufa

*E-mail: chelab007@yandex.ru

The impact of *Pseudomonas koreensis* IB-4, *Pseudomonas* sp. UOM 10, *Enterobacter ludwigii* BLK, synthesizing indolylacetic acid on the growth and biochemical parameters of the forage plant moгар (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) when modeling water scarcity in laboratory conditions was evaluated. All the strains used had a positive effect on the photosynthetic apparatus, increasing the total content of chlorophylls a and b and preventing the development of oxidative stress caused by drought by reducing the level of malondialdehyde (MDA), which, ultimately, was expressed in the accumulation of raw shoot mass in plants.

Keywords: forage grasses ♦ moгар ♦ *Pseudomonas koreensis* ♦ *Pseudomonas* sp. ♦ *Enterobacter ludwigii* ♦ drought ♦ chlorophyll ♦ MDA

Поступила в редакцию: 22.10.2021

DOI: [10.31163/2618-964X-2021-4-4-234-239](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2021-4-4-234-239)

ВВЕДЕНИЕ

Основным фактором, ограничивающим повышение производительности животноводства, является недостаточное обеспечение животных необходимым количеством кормов с учетом их питательной ценности [Силаева, 2017; Егорова, 2019]. Большое значение для сельского хозяйства имеют зеленые корма, к которым относятся травы сенокосов и пастбищ, а также последующие продукты их переработки (сено, сенаж, силос). Совершенствование технологии воспроизводства кормовых ресурсов, повышение продуктивности, регулирование аминокислотного и минерального состава кормовых трав является одной из важнейших задач сельскохозяйственной биотехнологии и агробиологии.

В условиях потепления климата засуха становится главной причиной снижения продуктивности сельскохозяйственных растений. Высокий потенциал для улучшения их роста в экстремальных условиях имеет применение бактерий стимулирующих рост растений (PGPB – Plant Growth-Promoting bacteria). Инокуляция семян различными штаммами PGPB усиливает прорастание семян и рост проростков [Коршунова и др., 2021]. Ростстимулирующая активность бактерий может быть вызвана действием различных механизмов, например, синтезом индолилуксусной кислоты (ИУК), которая, в числе прочего, способствует росту боковых корней. В работе китайских исследователей [Xuguang et al., 2018] описан штамм бактерий из рода *Pseudomonas*, оказывающий положительный эффект на рост и развитие кормового растения просо лисохвоста (могара).

Цель исследования состояла в оценке влияния различных штаммов бактерий, продуцирующих индолилуксусную кислоту, на интенсивность накопления биомассы и показатели стресса у растений могара в условиях дефицита воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования служили растения могара (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) сорта Бельский. Могар относится к засухоустойчивым кормовым культурам, используется для получения сена, сенажа, силоса, травяной муки. Зеленая масса содержит сбалансированные по содержанию аминокислот белки, углеводы, витамины, каротин, микроэлементы [Капустин, 2018].

Для бактеризации семян использовали штаммы микроорганизмов из коллекции Уфимского Института биологии УФИЦ РАН: *Pseudomonas koreensis* ИБ-4 штамм, обладающий выявленной ростстимулирующей активностью [Логинов и др. 2014, Рафикова и др., 2016], *Pseudomonas* sp. UOM 10, *Enterobacter ludwigii* BLK, продуцирующие ИУК [Коршунова и др., 2021]. Бактерии культивировали на питательном бульоне [Держинская, 2008] в колбах Эрленмейера на термостатируемом шейкере (160 об./мин) при температуре 28°C в течение 72 часов.

Обработку семян осуществляли путем смачивания их поверхности жидкой культурой бактерий с титром 10^6 КОЕ/мл. Контрольные семена обрабатывали дистиллированной водой. Семена помещали во влажные камеры и инкубировали при температуре 22-24°C 15 минут. После этого семена переносили в сосуды с увлажненной почвенно-песчаной смесью и выращивали на светоплощадке при интенсивности светового потока $200 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ФАР и температуре 20/24°C (ночь/день) 30 суток. После появления всходов осуществляли полив дистиллированной водой до 20% от полной влагоемкости почвы (ПВП), моделируя дефицит воды (контроль поливали до 60% от ПВП).

Через 14 суток после обработки семян у растений определяли суммарное содержание хлорофиллов а и b в листьях спектрофотометрическим методом по стандартной методике [Кудряшов и др., 2011], содержание малонового диальдегида (МДА) – по методу Коста [Costa et al, 2002]. В конце эксперимента оценивали массу побега и корня. Статистическую обработку осуществляли с применением стандартных программ MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Дефицит воды ожидаемо приводил к подавлению роста растений, наблюдалось снижение массы побега (сухой в 1,7 раза, сырой в 2 раза) и корня (сухой и сырой в 1,4 раза) (рис. 1 и 2).

Рис. 1. Сухая масса побегов и корней растений могора через 30 суток после обработки семян, указаны ошибки среднего, n = 60.

Рис. 2. Сырая масса побегов и корней растений могора через 30 суток после обработки семян, указаны ошибки среднего, n = 60.

Инокуляция бактериями способствовала накоплению сырой массы побегов, которая была на 28-42% выше, чем у необработанных растений в условиях засухи. При этом проявлялась активация роста корня (на 15-24% возрастала сухая масса корня бактеризованных растений).

Дефицит воды вызывал стрессовое воздействие, что выражалось в повышении уровня содержания МДА до 67,2 мкмоль/г (рис. 3).

Рис. 3 Содержание малонового диальдегида в побегах растений могара через 14 суток после посева, указаны ошибки среднего, $n = 9$.

МДА является продуктом перекисного окисления липидов, увеличение его содержания свидетельствует о повреждении клеточных мембран в результате окислительного стресса [Загоскина и др., 2016]. Действие бактерий приводило к снижению данного показателя до 43,1-54,5 мкмоль/г. Это позволяет говорить о благоприятном влиянии на растения всех изученных штаммов при дефиците воды.

Засуха оказывает негативное влияние на фотосинтетический аппарат растений. В условиях стресса снижается активность фотосинтетических пигментов, происходит перераспределение их содержания в пользу хлорофилла b [Maslova et al, 1993].

Рис. 4 Суммарное содержание хлорофиллов a и b в побегах растений могара через 14 суток после посева, указаны ошибки среднего, $n = 9$.

Суммарное содержание хлорофиллов в контроле составило 34,7 мг/г, отрицательное действие засухи проявлялось в уменьшении данного показателя до 30,6 мг/г, при этом наблюдалось смещение соотношения между компонентами хлорофиллов в пользу хлорофилла b. Бактериальная обработка приводила к повышению общего содержания хлорофиллов до 42,8-49,4 мг/г (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все рассмотренные штаммы бактерий проявляли ростстимулирующую активность. В условиях засухи сырая масса побегов инокулированных растений была на 28-42% выше, чем у необработанных, кроме того на 15-24% возрастала сухая масса корней у бактеризованных растений.

Использование микроорганизмов приводило к достоверному снижению содержания малонового диальдегида во всех вариантах обработки при дефиците воды, предотвращая развитие окислительного стресса.

БПри отсутствии нормального полива бактерии оказывали положительное влияние на фотосинтетический аппарат и способствовали повышению суммарного содержания хлорофиллов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Держинская И.С. Питательные среды для выделения и культивирования микроорганизмов. Астрахань: АГТУ. 2008. 348 с.
2. Егорова О.В. Теоретические и методологические основы организации кормопроизводства // Вестник Российского ун-та дружбы народов. Сер. Экономика. 2019. Т. 27(2). С. 280-289. DOI: [10.22363/2313-2329-2019-27-2-280-289](https://doi.org/10.22363/2313-2329-2019-27-2-280-289)
3. Загоскина Н.В., Назаренко Л.В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений // Вестн. МГПУ. Сер. Естественные науки. 2016. № 2. С. 9-23.
4. Капустин С. И., Володин А. Б., Кравцов В. В., Капустин А. С. Могар – ценная кормовая культура. Таврический вестник аграрной науки. № 4 (16), 2018.
5. 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 // *Biomcs*. 2021. Т.13(2). С. 159-165. DOI: [10.31301/2221-6197.bmcs.2021-12](https://doi.org/10.31301/2221-6197.bmcs.2021-12)
6. Кудряшов А.П., Дитченко Т.И., Молчан О.В., Смолич И.И., Яковец О.Г. Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета. Минск: БГУ, 2011. 70 с.
7. Логинов О.Н., Четвериков С.П., Давлетшин Т.К., Кузина Е.В. Штамм азотфиксирующих бактерий *Pseudomonas sp.* для получения биопрепарата против заболеваний пшеницы, вызываемых фитопатогенными грибами, и повышения урожайности / Патент РФ № 2529958. Заявл. 20.08.2013; опубл. 10.10.2014. Бюл. № 28.
8. Рафикова Г.Ф., Коршунова Т.Ю., Миннебаев Л.Ф., Четвериков С.П., Логинов О.Н. Новый штамм бактерий *Pseudomonas koreensis* ИБ-4 как перспективный агент биологического контроля фитопатогенов // Микробиология. 2016. Т. 85. № 3. С. 317-326.

9. 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.
10. Costa H., Gallego S.M., Tomaro M.L. Effect of UV-B radiation on antioxidant defense system in sunflower cotyledons // Plant Sci. 2002. V. 162. P. 939–945.
11. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the plant pigment systems. Photosynthetica. 1993, V. 29: 195-203.
12. Xuguang Niu, Lichao Song, Yinong Xiao and Weide Ge. Drought-Tolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Associated with Foxtail Millet in a Semi-arid Agroecosystem and Their Potential in Alleviating Drought Stress. Front. Microbiol., 11 January 2018 [DOI: 10.3389/fmicb.2017.02580](https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02580)