

### Влияние экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* на стрессоустойчивость сорго

Лидия Владимировна Карпунина<sup>1</sup>, Никита Владимирович Калмыков<sup>1</sup>, Вера Валерьевна Бычкова<sup>2</sup>,  
Оксана Павловна Кибальник<sup>2</sup>, Ольга Борисовна Каменева<sup>2</sup>, Галина Тимофеевна Урядова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия, e-mail:karpuninal@mail.ru

<sup>2</sup>Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы, г. Саратов, Россия, e-mail:rossorgo@yandex.ru

**Аннотация.** Одним из перспективных направлений фундаментальных и прикладных исследований является изучение стрессоустойчивости растений с помощью природных и синтетических физиологически активных веществ. Повышение всхожести семян растений и скорости их прорастания достигается обработкой перед посевом водными растворами биостимуляторов, что приводит к активации биохимических процессов, увеличивает энергию прорастания, улучшает всхожесть семян в условиях повышенного засоления почв. Изучали влияние бактериального экзополисахарида (ЭПС) *Streptococcus thermophilus* в виде пленочного покрытия на стрессоустойчивость сорго (РСК Партизан, Волжское 44, Жемчуг и РСК Оникс), сравнивали длину проростков и корешков обработанных семян относительно семян без обработки. Было установлено положительное влияние экзополисахаридной пленки на ранних этапах развития растений в условиях повышенного содержания солей в почве (2 и 4 %), что выразалось в увеличении длины проростков и корешков.

**Ключевые слова:** экзополисахарид; сорго; проростки; корешки.

**Для цитирования:** Карпунина Л. В., Калмыков Н. В., Бычкова В. В., Кибальник О. П., Каменева О. Б., Урядова Г. Т. Влияние экзополисахарида *Streptococcus thermophilus* на стрессоустойчивость сорго // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 27–30. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp27-30>.

AGRONOMY

Original article

### Effect of exopolysaccharide *Streptococcus thermophilus* on stress resistance of sorghum

Lidia V. Karpunina<sup>1</sup>, Nikita V. Kalmykov<sup>1</sup>, Vera V. Bychkova<sup>2</sup>, Oksana P. Kibalnik<sup>2</sup>, Olga B. Kamenev<sup>2</sup>, Galina T. Uryadova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia, e-mail:karpuninal@mail.ru

<sup>2</sup>Federal State Scientific Institution Russian Scientific Research and Design Institute of Sorghum and Maize "Rossorgo", Saratov, Russia, e-mail:rossorgo@yandex.ru

**Abstract.** One of the promising areas of fundamental and applied research is the study of plant stress resistance using natural and synthetic physiologically active substances. An increase in the germination capacity of plant seeds and the rate of their germination is achieved by treatment before sowing with aqueous solutions of biostimulants, which leads to the activation of biochemical processes, increases the energy of germination, and improves seed germination in conditions of increased soil salinity. The effect of the bacterial exopolysaccharide (EPS) of *Streptococcus thermophilus* in the form of a film coating on the stress resistance of sorghum (RSK Partizan, Volzhskoe 44, Zhemchug and RSK Onyx) was studied, the seedlings and roots of treated seeds were compared against seeds without treatment. A positive effect of the exopolysaccharide film was found at the early stages of plant development under conditions of an increased salt content in the soil (2% and 4%), which was expressed in an increase in the length of seedlings and roots.

**Keywords:** exopolysaccharide; sorghum, seedlings, roots.

**For citation:** Karpunina L. V., Kalmykov N. V., Bychkova V. V., Kibalnik O. P., Kameneva O. B., Uryadova G. T. Effect of exopolysaccharide *Streptococcus thermophilus* on stress resistance of sorghum. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(5): 27–30 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i5pp27-30>.

**Введение.** Экзопполисахариды (ЭПС) микроорганизмов широко применяются в различных областях (косметологии, медицине, пищевой промышленности и др.) благодаря своим уникальным свойствам – эмульгированию, студнеобразованию, загущению, влагоудержанию, стабилизации [4]. В последние годы значительное внимание уделяется биопленкам, созданным на основе ЭПС. Полисахариды применяются и в сельском хозяйстве.

Одни из актуальных проблем сельского хозяйства – увеличение урожайности, сохранение плодородия почв, ростостимуляция, улучшение питания растений, увеличение влагоудерживающей способности семян. Регуляторы роста оказывают существенное влияние на все аспекты развития растений. Биопрепараты, содержащие в своем составе полисахариды, увеличивают полевую всхожесть и стимулируют рост растений; выполняют роль быстродействующих запасов энергии; продлевают срок действия микробных препаратов и пестицидов. Растения, обработанные такими препаратами, быстро поглощают воду и питательные элементы, тем самым иницируя более раннюю фотосинтетическую активность и укорачивая цикл созревания урожая [9, 11]. При этом гелевые препараты имеют ряд преимуществ и, по данным многих авторов, часто оказываются более эффективными, чем жидкие [8, 9]. Так, покрытие семян воздушно- и водорегулирующей пленкой способствует повышению устойчивости растений к стрессам и фитопатогенам в ранних фазах онтогенеза, а также защищает интродуцируемые и аборигенные почвенные микроорганизмы от повреждающего действия экстремальных факторов (температуры, высушивания, УФ-радиации).

Цель работы – оценить действие экзополисахарида *S. thermophilus* в виде пленочного покрытия на устойчивость среднеранних и раннеспелых сортов зернового сорго к различным типам засоления; выявить особенности роста проростков и корешков.

© Карпунина Л. В., Калмыков Н. В., Бычкова В. В., Кибальник О. П., Каменева О. Б., Урядова Г. Т., 2022



**Материалы исследований.** В работе были использованы следующие сорта зернового сорго: РСК Партизан, Волжское 44, Жемчуг, РСК Оникс, различающиеся по морфофизиологическим и хозяйственно-ценным признакам.

Сорт РСК ПАРТИЗАН. Среднеранний. Урожайность биомассы при возделывании сорго на силос – 20,15–22,45 т/га. Масса 1000 семян – 31,7 г. Масса метелки с зерном – 54,25 г. Содержание протеина в зерне составляет 9,60–9,75 %, крахмала в зерне – 73,58–77,47 %, тип эндосперма – полумучнистый.

Сорт ВОЛЖСКОЕ 44. Включен в Госреестр по Нижневолжскому региону. Среднеранний. Продолжительность периода от всходов до полной спелости зерна – 100–110 дней. Урожайность зерна – 4,7–6,0 т/га, зеленой массы – 22,2–24,1 т/га. Масса 1000 зерен – 30,6 г. Содержание в зерне протеина 11–12 %, крахмала – 73–75 %, тип эндосперма – полустекловидный [7].

Сорт ЖЕМЧУГ. Раннеспелый. Урожай спелого зерна при возделывании сорго на зерно – 1,85–2,80 т/га. Урожайность зеленой массы при возделывании сорго на силос – 9,35–10,50 т/га. Масса 1000 семян – 31,1 г. Масса метелки с зерном – 28,7 г, тип эндосперма – 3/4 стекловидный [6].

Сорт РСК ОНИКС. Среднеранний. Урожай спелого зерна при возделывании сорго на зерно – 5,10–5,80 т/га. Урожайность зеленой массы при возделывании сорго на силос – 30,4–33,7 т/га. Масса 1000 семян – 30,6 г. Масса метелки с зерном – 35,2 г. Содержание протеина в зерне составляет 10,20–11,77 %, крахмала в зерне – 71,60–78,94 %, тип эндосперма – полустекловидный.

Пленочное покрытие на основе бактериального ЭПС *S. thermophilus* создавали по методу [1]. В качестве структурообразователя использовали карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), пластификатора – глицерин. К ЭПС *S. thermophilus* в количестве 0,60 г добавляли КМЦ (2,73 г), глицерин – 5 мл, H<sub>2</sub>O – 90,47 мл, все тщательно перемешивали до образования однородной массы. В результате получали однородный, прозрачный, студнеобразный раствор (гель), который, застывая, образовывал пленку.

Для обработки семян сорго пленочным покрытием, созданным на основе ЭПС *S. thermophilus*, опытные образцы (75 шт.) выдерживали 15 мин в студнеобразном растворе (геле), Затем их высушивали при комнатной температуре, предотвращая слипание, и высевали в почву в условиях с повышенным содержанием хлорида натрия в концентрациях 2 и 4 % и в стандартных условиях (без хлористого натрия). Семена сорго, опытные образцы и контрольные (необработанные пленкой на основе ЭПС *S. thermophilus*), по 75 штук высевали в почву (в условиях лаборатории) при комнатной температуре (+24 °C). Измерения длины проростков и корешков проводили на 15-е сутки после посева. Для работы использовали рассадный торфяной грунт в соответствии с ГОСТ Р 53381-2009 [2].

Статистическая обработка результатов анализа была проведена с помощью пакета данных AGROS версия 2.0.9. В работе использовался метод статистического анализа выборки [5].

**Результаты исследований.** Анализ полученных данных выявил (табл. 1), что у сорта РСК Партизан в стандартных условиях средние показатели опытных семян сорго (обработанных пленкой на основе ЭПС бактерий) по длине проростка и корешка были выше, чем в контроле (необработанные семена). С повышением засоленности показатели снижались по сравнению со стандартными условиями, однако и при концентрации соли в почве 2 и 4 % длина проростков и корешков в опыте была больше, чем в контроле. Наиболее значимый эффект наблюдался при увеличении засоленности почвы до 4 %. Таким образом, обработка семян сорго сорта РСК Партизан приводила к увеличению длины проростка и корешка и в стандартных условиях, и в условиях засоления почвы.

Как показано в табл. 2, у сорта Волжское 44 не выявлено значимых различий в опыте по сравнению с контролем по величине длины проростков в стандартных условиях, а длина корешков была больше у контроля в этих условиях. В

Таблица 1

**Влияние ЭПС *S. thermophilus* на длину проростков и корешков зернового сорго РСК Партизан в условиях солеустойчивости**

Условия выращивания	Длина проростков, см		Длина корешков, см	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Стандартные условия	14,4±0,3*	13,0±0,5	17,5±0,4*	16,3±0,6
Солеустойчивость 2 %	11,2±0,5*	8,7±0,6	16,3±0,7*	14,7±0,7
Солеустойчивость 4 %	10,2±0,7*	5,6±0,5	14,3±0,7*	8,2±0,5

\* $p \leq 0,05$  относительно контроля.

Таблица 2

**Влияние ЭПС *S. thermophilus* на длину проростков и корешков зернового сорго Волжское 44 в условиях солеустойчивости**

Условия выращивания	Длина проростков		Длина корешков	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Стандартные условия	13,4±0,6	13,8±0,4	13,5±0,5*	14,8 ±0,5
Солеустойчивость 2 %	8,7±0,5*	6,1±0,5	13,4±0,7*	10,3±0,7
Солеустойчивость 4 %	7,9±0,8*	5,4±0,5	10,2±0,8*	7,3±0,5

\* $p \leq 0,05$  относительно контроля.



Влияние ЭПС *S. thermophilus* на длину проростков и корешков зернового сорго Жемчуг в условиях солеустойчивости

Условия выращивания	Длина проростков		Длина корешков	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Стандартные условия	15,1±0,6	15,0±0,8	12,9±0,6*	13,4±0,6
Солеустойчивость 2 %	9,5±0,8*	10,2±0,9	9,8±0,8*	11,5±0,6
Солеустойчивость 4 %	8,3±0,9*	7,1±0,6	9,3±0,8*	8,8±0,4

\* $p \leq 0,05$  относительно контроля.

Таблица 4

Влияние ЭПС *S. thermophilus* на длину проростков и корешков зернового сорго РСК Оникс в условиях солеустойчивости

Условия выращивания	Длина проростков		Длина корешков	
	опыт	контроль	опыт	контроль
Стандартные условия	13,1±0,5*	14,4±0,6	12,3±0,6	12,9±0,5
Солеустойчивость 2 %	9,3±0,6*	7,3±0,6	10,6±0,7*	8,5±0,8
Солеустойчивость 4 %	7,5±0,7	7,6±0,7	8,9±0,6*	6,7±0,4

\* $p \leq 0,05$  относительно контроля.

условиях засоления почвы и при концентрации соли и 2, и 4 % наблюдался значимый эффект у семян сорго, обработанных пленкой из ЭПС. Длина проростков и длина корешков в опыте были больше, чем в контроле (см. табл. 2).

В отношении сорта Жемчуг значимых различий по длине проростков в стандартных условиях не наблюдали. Как видно из табл. 3, по параметрам длины корешка больший эффект был у контроля. Аналогичные результаты были выявлены и у сорта Волжское 44. В условиях засоления почвы положительное влияние ЭПС на семена сорго наблюдали только при концентрации соли 4 %. Длина проростков и корешков при этой концентрации была больше, чем в контроле. При концентрации 2 % у семян, обработанных бактериальным ЭПС, наблюдали меньшую длину проростков и корешков по сравнению с контролем.

При исследовании влияния экзополисахаридной пленки на семена сорго у сорта РСК Оникс не было выявлено значимого влияния ее на показатели роста проростков и корешков в стандартных условиях (табл. 4), длина проростков в опыте была даже меньше, чем в контроле. Однако в условиях засоленности, как видно из табл. 4, обработка семян бактериальным ЭПС приводила к увеличению длины проростков и корешков по сравнению с контролем, за исключением варианта по длине проростков при содержании соли в почве 4 %.

Таким образом, как показали результаты проведенных исследований, обработка семян сорго ЭПС *S. thermophilus* оказывает положительное влияние в разной степени на длину проростков и корешков в условиях засоления хлоридом натрия. Наибольший эффект был выявлен у сортов РСК Партизан, РСК Оникс, Волжское 44, наименьший – у сорта Жемчуг. Возможно, такие различия связаны со структурой эндосперма. Сорт Жемчуг имеет более рыхлую консистенцию, в то время как остальные сорта характеризуются наиболее плотной зерновкой. Полученные данные хорошо коррелируют с результатами других исследователей. Так, увеличение массы, длины корешков и побегов проростков пшеницы наблюдали от действия ЭПС бактерий *Paenibacillus polymyxa* 1465 [3]. Авторами был сделан вывод о стимулирующем влиянии ЭПС *P. polymyxa* на рост, развитие и защитные реакции пшеницы. Увеличение биомассы растений, длины корешков и проростков, а также площади листьев кукурузы в условиях дефицита влаги наблюдали другие исследователи [10].

**Заключение.** Установлено положительное влияние ЭПС *S. thermophilus* на длину проростка и корешка в разной степени у среднеранних сортов и раннеспелого зернового сорго в условиях с повышенным содержанием соли в почве. Наиболее отзывчивым оказался сорт РСК Партизан.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоглазова К. Е. Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования: автореф. дис ... канд. биол. наук. Саратов, 2020. 24 с.
2. ГОСТ Р 53381-2009. Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия. Введ. 01-07-2010. М.: Изд-во Стандартиформ, 2009. 12 с.
3. Влияние экзополисахаридов бактерий *Paenibacillus polymyxa* 1465 на рост и защитные реакции пшеницы / И. В. Егоренкова [и др.] // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2016. Т.16. Вып.4. С. 414–420.
4. Елинов Н. П. Химия микробных полисахаридов. М.: Высш. шк., 1984. 156 с.
5. Мартынов С. П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ «AGROS 2.09». Тверь, 1999.
6. Пат. 5370 Российская федерация, МПК А01Н 1/04. Сорго зерновое. Зернокарманные / Ишин А. Г., Костина Г. И.; ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы». Саратов. № 9253153; заявл. 28.11.2007; опубл. 12.05.2010.
7. Пат. 9246 Российская федерация, МПК А01Н 1/04. Сорго зерновое. Зернокарманные / Жужукин В. И., Лящева С. В., Семин Д. С., Горбунов В. С., Гаршин А. Ю., Сугробов А. А.; ФГБНУ «Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы». Саратов. № 8557371; заявл. 25.08.2014; опубл. 30.08.2017.



8. Clegg S., Sebghati T.A. *Klebsiella pneumoniae* // Molecular medical microbiology. 2001. P. 1655–1680.
9. Dutton G.G.S., Merrifield E. H. The capsular polysaccharide from *Klebsiella* serotype K-54; location of the O – acetyl groups and a revised structure // Carbohydr. Res. 1982. Vol. 105. P. 189–203.
10. Hafsa N., Asghari B. Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize // Journal of Plant Interactions. 2014. No. 9 (1). P. 689–701.
11. Kenne L., Lindberg B. *Bacterial polysaccharides* // Polysaccharides. 1983. Vol. 2. P. 287–363.

#### REFERENCES

1. Beloglazova K. E. Development of film coatings based on polysaccharides and prospects for their use: author. dis ... cand. biol. Sciences. Saratov, 2020. 24 p. (In Russ.).
2. GOST R 53381-2009. Soils and soils. Soils are nutritious. Specifications. - Input. 01-07-2010. Moscow: Standartinform Publishing House, 2009. 12 p. (In Russ.).
3. Effect of exopolysaccharides of bacteria *Paenibacillus polymyxa* 1465 on the growth and defense reactions of wheat / I. V. Egorenkova et al. *Izv. Sarat. university New ser. Ser. Chemistry. Biology. Ecology*. 2016;16(4):414–420. (In Russ.).
4. Elinov N. P. Chemistry of microbial polysaccharides. M.: Higher shk.la; 1984. 156 p. (In Russ.).
5. Martynov S. P. Statistical and biometric-genetic analysis in crop production and selection. Software package “AGROS 2.09”. Tver, 1999. (In Russ.).
6. Pat. 5370 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Grain sorghum. Grain fodder / Ishin A. G., Kostina G. I.; Federal State Budgetary Scientific Institution “Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn”. Saratov. No. 9253153; dec. 11/28/2007; publ. 05/12/2010. (In Russ.).
7. Pat. 9246 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Grain sorghum. Grain fodder / Zhuzhukin V. I., Lyashcheva S. V., Semin D. S. Gorbunov V. S., Garshin A. Yu., Sugrobov A. A.; Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Research and Design Institute of Sorghum and Corn». Saratov. No. 8557371; dec. 08/25/2014; publ. 08/30/2017. (In Russ.).
8. Clegg S., Sebghati T.A. *Klebsiella pneumoniae*. Molecular medical microbiology; 2001. P. 1655–1680.
9. Dutton G. G. S., Merrifield E. H. The capsular polysaccharide from *Klebsiella* serotype K-54; location of the O – acetyl groups and a revised structure. *Carbohydr. Res.* 1982;(105):189–203.
10. Hafsa N., Asghari B. Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize. *Journal of Plant Interactions*. 2014;9(1):689–701.
11. Kenne L., Lindberg B. *Bacterial polysaccharides*. *Polysaccharides*. 1983;( 2):287–363.

Статья поступила в редакцию 28.10.2021; одобрена после рецензирования 22.11.2021; принята к публикации 28.11.2021.

The article was submitted 28.10.2021; approved after reviewing 22.11.2021; accepted for publication 28.11.2021.

