



# ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

http://ecobiotech-journal.ru



## ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН САЛИЦИЛАТОМ НАТРИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ К ЗАСОЛЕНИЮ NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Абилова Г.А.**

Дагестанский государственный университет,  
г. Махачкала, Россия,  
E-mail: [gulyaraabilova@mail.ru](mailto:gulyaraabilova@mail.ru)

Проведено сравнительное исследование токсического действия NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в изотонических концентрациях на проростки пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта «Память» и возможности его регулирования салицилатом натрия. Для этого семена пшеницы обрабатывались в течение трех часов 0,05 мМ раствором салицилата натрия, далее их проращивали при поливе растворами NaCl (0,1 М) и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,05 М) в течение 7 суток. Об интенсивности солевого стресса судили по активности перекисного окисления липидов, супероксиддисмутазы и содержанию пролина в листьях проростков пшеницы. Данные по образованию пролина и активности перекисного окисления липидов свидетельствуют о том, что NaCl по сравнению с Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> является более токсичной солью для растений пшеницы и, помимо изменений в водном балансе, вызывает окислительный стресс. Супероксиддисмутаза и пролин участвуют в детоксикации активных форм кислорода, заменяя друг друга на разных стадиях стресса, а салицилат натрия можно использовать для регулирования этого процесса.

**Ключевые слова:** перекисное окисление липидов, пролин, салицилат натрия, солевой стресс, супероксиддисмутаза

## THE EFFECT OF PRESOWING SEED TREATMENT WITH SODIUM SALICYLATE ON THE RESISTENCE OF WHEAT SEEDLINGS TO SALINE NaCl AND Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Abilova G.A.**

Dagestan State University,  
Makhachkala, Russia  
E-mail: [gulyaraabilova@mail.ru](mailto:gulyaraabilova@mail.ru)

A comparative study of the toxic effects of NaCl and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in isoosmotic concentrations on seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.) of the “Memory” variety and the possibility of its regulation by sodium salicylate was carried out. For this, wheat seeds were treated for three hours with a 0.05 mM sodium salicylate solution, then they were germinated by irrigation with solutions of NaCl (0.1 M) and Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.05 M) for 7 days. The intensity of salt stress was judged by the activity of lipid peroxidation, activity of superoxide dismutase and the content of proline in the leaves of wheat seedlings. Data on proline formation and lipid peroxidation activity indicate that NaCl, in comparison with Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, is a more toxic salt for wheat plants and, in addition to changes in the water balance, causes oxidative stress. Superoxide dismutase and proline are involved in the detoxification of reactive oxygen species, replacing each other at different stages of stress, and sodium salicylate can be used to regulate this process.

**Keywords:** lipid peroxidation, proline, sodium salicylate, salt stress, superoxide dismutase

*Поступила в редакцию: 14.03.2020*

DOI: [10.31163/2618-964X-2020-3-2-107-110](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-2-107-110)

## ВВЕДЕНИЕ

Засоление, как и ряд других экстремальных факторов среды, отрицательно влияет на рост и развитие растений. В зависимости от сочетания катионов и анионов в почвенном растворе выделяют разные формы засоления, самой распространенной из которых является хлоридно-сульфатная, а преобладающим катионом – натрий [Кошкин, 2010]. Стресс, возникающий при засолении, складывается из суммарных эффектов осмотического и токсического (окислительного) действия солей. Нарушение осмотического баланса клетки негативно сказывается на водном режиме растений. Окислительный стресс возникает вследствие образования активных форм кислорода (АФК), которые вызывают перекисление липидов мембран, деградацию белков, инактивацию ферментов и т.д. [Маевская, Николаева, 2013; Колупаев и др., 2016].

Одним из способов повышения устойчивости растений к абиотическим стрессам, в том числе и к засолению, является экзогенная обработка семян и проростков растений салициловой кислотой – полифункциональным регулятором фенольной природы, принимающим участие в защитных реакциях растений на неблагоприятные факторы среды, как биотической, так и абиотической природы [Шакирова, 2001; Колупаев, Ястреб, 2013].

Целью настоящего исследования было сравнить токсический эффект солевого стресса, вызванный действием NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в изоосмотических концентрациях на проростки пшеницы [Строганов, 1962], и возможности его регулирования салицилатом натрия (CNa) – растворимой формой салициловой кислоты. Об интенсивности солевого стресса судили по активности перекисного окисления липидов (ПОЛ), супероксиддисмутазы (СОД) и содержанию пролина в листьях проростков пшеницы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования была пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.) сорта «Память». Семена пшеницы после 30-минутного обеззараживания в 3% растворе пероксида водорода промывали дистиллированной водой и на 3 часа помещали в раствор CNa с концентрацией 0,05 мМ (опыт) и дистиллированную воду (контроль). Далее семена переносили в контейнеры и периодически поливали растворами NaCl (0,1 М) и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,05 М); контрольные растения поливали дистиллированной водой. В течение всего эксперимента контейнеры с проростками находились в камере искусственного климата при температуре воздуха 23°C, его относительной влажности 60–70%, освещенности 3000 лк, фотопериоде 12 ч. На седьмые сутки эксперимента в листьях проростков пшеницы определяли содержание свободного пролина нингидриновым методом [Bates, 1972], активность ПОЛ по содержанию малонового диальдегида (МДА) с помощью реакции с тиобарбитуровой кислотой [Полесская и др., 2006] и активность СОД по способности нитро-синего тетразолия конкурировать с СОД за супероксидные радикалы, образующиеся в результате реакции возбужденного светом рибофлавина с метионином [Giannopolitic, Ries, 1977].

В таблицах приведены средние арифметические значения и их стандартные отклонения, вычисленные по трем независимым опытам. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента при 5%-ном уровне значимости.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным критерием оценки окислительного стресса является определение интенсивности образования продукта ПОЛ – МДА. Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о том, что в листьях 7-дневных проростков пшеницы уровень содержания продуктов ПОЛ при действии Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> достоверно повышается на 18%, а при действии NaCl еще более существенно – на 50% по сравнению с контролем. Полученные различия в изменении уровня содержания конечных продуктов ПОЛ при действии солей натрия при равном осмотическом давлении этих растворов свидетельствует о большей токсичности NaCl по сравнению с Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

При совместном действии CNa и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> уровень ПОЛ в листьях проростков пшеницы не изменился. В случае с NaCl предпосевная обработка семян CNa способствовала снижению содержания МДА в листьях с 182 до 164 нМ/г сырой массы, что, по-видимому,

свидетельствует о снижении интенсивности окисления мембранных липидов листьев пшеницы.

**Таблица 1. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы CNa (0,05 мМ) на активность ПОЛ в листьях 7-дневных проростков пшеницы, выросших при поливе NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Условия опыта	Содержание МДА (нМ/г сырой массы)	
	без CNa	с CNa
H <sub>2</sub> O	121,0 ± 4,8	117,0 ± 3,6
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,05 M)	143,0 ± 5,4*	149,0 ± 5,2*
NaCl (0,10 M)	182,0 ± 5,5*	164,0 ± 1,1* **

Примечание. Звездочками обозначены достоверные различия результатов ( $p < 0,05$ ), полученных по отношению к проросткам, выросшим

\* – на дистиллированной воде без обработки CNa и после обработки CNa;

\*\* – после обработки CNa и выросших при поливе водой или раствором соли с той же концентрацией.

При выращивании на засоленных почвах во всех органах растений увеличивается осмотический потенциал клеточного сока, что обусловлено накоплением осмотически активных низкомолекулярных веществ. Пролин относят к многофункциональным соединениям, сочетающим в себе, с одной стороны, свойства осмопротектора, а с другой – свойства антиоксиданта [Ефимова и др., 2018]. Определение содержания пролина при засолении дает возможность сравнить токсичность сульфата и хлорида натрия для растений пшеницы. В изоосмотических концентрациях NaCl вызывает увеличение содержания пролина на 30%, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – на 19% (табл. 2). Исследования совместного действия солей натрия и CNa показало, что в случае с Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> содержание пролина далее не изменилось, а в случае с NaCl оно было выше еще на 47%, чем при раздельном действии этих факторов.

**Таблица 2. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы CNa (0,05 мМ) на содержание пролина и активность СОД в листьях 7-дневных проростков пшеницы, выросших при поливе NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Условия опыта	Содержание пролина (мкМ/г сырой массы)		Активность СОД (усл. ед./г сырой массы)	
	без CNa	с CNa	без CNa	с CNa
H <sub>2</sub> O	1,73 ± 0,10	1,95 ± 0,23	0,45 ± 0,03	0,45 ± 0,09
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0,05 M)	2,06 ± 0,11*	2,17 ± 0,17**	0,59 ± 0,02*	0,54 ± 0,04
NaCl (0,10 M)	2,25 ± 0,06*	3,40 ± 0,15**	0,61 ± 0,01*	0,54 ± 0,06

Примечание. См. табл. 1.

В защите клеток растений от АФК важную роль играет фермент СОД, осуществляющий превращение активного супероксидного анион-радикала в стабильный пероксидрадикал. В ходе нашего исследования было установлено, что различий в изменении активности СОД не наблюдалось. Обе соли вызывали в одинаковой степени достоверное повышение активности фермента (табл. 2). В обработанных CNa проростках активность СОД незначительно снизилась, при этом уровень фермента оставался несколько выше контрольного, но достоверно от него не отличался.

Таким образом, полученные данные могут свидетельствовать о том, что растения пшеницы по-разному реагируют на засоление при одинаковом значении осмотического давления этих растворов. Более высокие значения интенсивности ПОЛ и содержания пролина при засолении, вызванными NaCl, подтверждают тот факт, что в отличие от Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> хлорид натрия является более токсичной для растений пшеницы солью и, помимо влияния на водный баланс, вызывает в проростках окислительный стресс. Результаты с CNa, который применяют в качестве антиоксиданта, так же подтверждают эти данные, так как только при действии NaCl CNa способствует снижению уровня ПОЛ и вызывает еще большее накопление пролина, тем самым регулируя про/антиоксидантный статус в клетках растений пшеницы. В присутствии CNa незначительное снижение активности СОД в листьях пшеницы при засолении подтверждает вывод о том, что между активностью СОД и системой аккумуляции пролина существует реципрокный характер отношений (Карташов и др., 2008).

По-видимому, это связано с тем, что высокая активность СОД наблюдается в клетках в первые часы действия стрессового фактора, когда система синтеза пролина еще недостаточно активна. В нашем случае растения пшеницы подвергались действию солей в течение 7 суток, и к этому времени содержание пролина достигало максимальных значений. Пролин, также, как и СОД, участвует в нейтрализации супероксидрадикала, замещая СОД или действуя наряду с ферментом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефимова М.В., Коломейчук Л.А., Бойко Е.В. и др. Физиологические механизмы устойчивости растений *Solanum tuberosum* L. к хлоридному засолению // Физиология растений. 2018. Т. 65 (3). С. 196–206.
2. Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О. Стресс-протекторные эффекты салициловой кислоты и ее структурных аналогов // Физиология и биохимия культурных растений. 2013. Т. 45 (2). С. 113–126.
3. Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О., Обозный А.И. и др. Конститутивная и индуцированная холодом устойчивость проростков ржи и пшеницы к окислительному стрессу // Физиология растений. 2016. Т. 63 (3). С. 346–358.
4. Карташов А.В., Радюкина Н.Л., Иванов Ю.В. и др. Роль систем антиоксидантной защиты при адаптации дикорастущих видов растений к солевому стрессу // Физиология растений. 2008. Т. 55 (4). С. 516–522.
5. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник. Москва: Дрофа, 2010. 638 с.
6. Маевская С.Н., Николаева М.К. Реакция антиоксидантной и осмопротекторной систем проростков пшеницы на засуху и регидратацию // Физиология растений. 2013. Т. 45 (3). С. 351–359.
7. Полесская О.Г., Каширина Е.И., Алехина Н.Д. Влияние солевого стресса на антиоксидантную систему растений в зависимости от условий азотного питания // Физиология растений. 2006. Т. 53 (2). С. 1–8.
8. Строганов Б.П. Физиологические основы солеустойчивости растений: монография. Москва: Изд-во АН СССР, 1962. 366 с.
9. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция: монография. Уфа: Гилем, 2001. 160 с.
10. Bates L.S. Rapid determination of free proline for stress studies // Plant Soil. 1973. V. 39 (1). P. 205–207.
11. Giannopolitic C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase. 1. Occurrence in higher plants // Plant Physiol. 1977. V. 59. P. 309–314.