

ИЗМЕНЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ CdSO₄ ДЛЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ САЛИЦИЛАТА НАТРИЯ

Н.Р. Алигусейнова, Д.А. Джахмаева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дагестанский государственный университет», Махачкала, Россия, gulyaraabilova@mail.ru

Аннотация. В работе исследовано влияние CdSO₄ на рост осевых органов у 7-дневных проростков пшеницы сорта «Москвич», выросших из семян, обработанных салицилатом натрия. Начиная с концентрации CdSO₄ 10⁻⁴ М и выше, проявлялось токсическое действие кадмия, которое проявлялось в уменьшении длины и массы корня и стебля растений пшеницы, а также в увеличении содержания в них аминокислоты пролина. Обработка семян пшеницы 0,05 мМ салицилатом натрия снижало повреждающее действие CdSO₄, которое особенно было выражено при концентрации соли 10⁻⁴ М.

Ключевые слова: салицилат натрия, пшеница, кадмий, пролин

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-68-71

Растительные организмы обладают защитно-приспособительными реакциями на действие неблагоприятных факторов окружающей среды. В основе этих реакций лежит передача внешних сигналов в геном клетки через систему рецепторов, ионных каналов, сигнальных молекул и транскрипционных факторов. Среди стрессовых метаболитов особое место занимает салициловая кислота, которую относят к ключевым посредникам единой сигнальной системы [Колупаев, Ястреб, 2013]. Эффекты салициловой кислоты связывают с ее способностью влиять на окислительный стресс в клетках растений, вызванный увеличением в них активных форм кислорода. В качестве стрессового фактора, вызывающего окислительный стресс в клетках растений, была выбрана соль тяжелого металла – кадмия [Титов и др., 2014].

Задачей данной работы явилось исследование проростков пшеницы, выросших из обработанных салициловой кислотой семян, подвергнутых действию CdSO₄ разной концентрации. Поскольку салициловая кислота нерастворима в воде, то для изучения ее протекторной функции использовали соль салициловой кислоты – салицилат натрия (CNa).

Объектом исследования были проростки пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) сорта «Москвич». Первая серия опытов проводилась с целью выявления оптимальной концентрации CNa на показатели роста проростков пшеницы. Для этого семена пшеницы проращивали в климатической камере на растворах CNa с концентрациями 0,05-5,00 мМ в течение трех дней. Контрольные семена находились в дистиллированной воде. На 4-е сутки контрольные и опытные проростки пшеницы переносили в пластиковые контейнеры на фильтровальную бумагу, где они продолжали расти при постоянных условиях (освещение 3000 лк, влажность 75%, температура 23 °С и фотопериод 16 часов) при периодическом поливе дистиллированной водой. На 7-е сутки эксперимента определяли параметры, характеризующие рост проростков пшеницы: длину и массу осевых органов (корней и надземной части).

Вторая серия опытов была посвящена исследованию влияния соли CdSO₄ на проростки пшеницы, обработанные CNa с концентрацией 0,05 мМ. Для этого семена проращивали в тех же условиях, что и в первой серии опытов. Только на 4-е сутки семена поливали растворами CdSO₄ с концентрациями 10⁻⁶-10⁻³ М, контрольные

проростки – дистиллированной водой. На 7-е сутки у проростков определяли ростовые показатели, а также содержание пролина в листьях и корнях [Bates, 1973].

Из приведенных данных в табл. 1 видно, что обработка CNa, за исключением концентрации 5,00 мМ, оказывала на растения пшеницы рост-стимулирующий эффект. Наиболее эффективной концентрацией CNa была 0,05 мМ, когда длина и масса корня увеличивалась на 10% и 32%, соответственно, а длина и масса стебля – на 23% и 15%. В дальнейшем для изучения защитного эффекта CNa на рост растений пшеницы, подвергнутых действию CdSO₄, использовали концентрацию 0,05 мМ.

Таблица 1.

Ростовые показатели 7-дневных проростков пшеницы, выросших из семян после 3-дневной экспозиции на растворах CNa.

Концентрация CNa (мМ)	Корень		Стебель	
	Длина (мм)	Масса (мг)	Длина (мм)	Масса (мг)
0	128±2,4	47±1,4	127±2,9	71±1,5
0,05	140±2,8*	61±2,1*	156±2,3*	85±2,9*
0,10	141±2,4*	62±1,4*	147±1,6*	76±1,4*
0,50	136±1,7*	71±1,8*	150±1,6*	79±1,5*
1,00	127±1,1	69±1,7*	149±1,4*	76±1,6*
5,00	88±2,1*	58±2,1*	125±2,1	69±2,3

Примечание: данные представляют собой средние арифметические опытов с их стандартными ошибками; *P<0,05 относительно дистиллированной воды.

Исследования интенсивности роста растений пшеницы показали, что концентрации CdSO₄ 10⁻⁶-10⁻⁵ М стимулировали процессы роста побега и корня: масса побега увеличивалась недостоверно, а длина побега при концентрации соли 10⁻⁵ М была достоверно выше контрольных значений на 12% (табл. 2). Такая же зависимость отмечена и для корня, для которого оптимальной концентрацией соли для увеличения размеров корня была 10⁻⁵ М – масса корня увеличивалась на 42%, а длина – на 51% по сравнению с контролем.

Таблица 2.

Влияние CdSO₄ на ростовые показатели 7-дневных проростков пшеницы, выросших из семян, обработанных растворами CNa.

Концентрация CdSO ₄ (М)	Концентрация CNa (мМ)			
	0	0,05	0	0,05
	ПОБЕГ			
	Масса (мг)		Длина (мм)	
0	85±2,0	89±2,5	145±2,5	157±2,8*
10 ⁻⁶	88±4,3	84±3,8	144±4,0	149±3,4
10 ⁻⁵	90±5,5	86±3,5	162±3,9*	148±2,4**
10 ⁻⁴	63±3,0*	75±4,1***	117±3,5*	128±3,5* **
10 ⁻³	52±2,7*	54±3,2* **	84±2,5*	87±2,9* **
	КОРЕНЬ			
0	38±2,4	53±4,6*	100±4,5	141±5,0*
10 ⁻⁶	47±2,5*	45±2,7	119±5,5*	128±4,0*
10 ⁻⁵	54±2,2*	49±3,1*	151±3,9*	113±5,8**
10 ⁻⁴	35±1,7	43±1,8	93±3,0 **	99±2,8**
10 ⁻³	16±1,5*	18±0,4* **	49±3,6*	50±2,9* **

Примечание: данные представляют собой средние арифметические опытов с их стандартными ошибками; *P<0,05 относительно дистиллированной воды, **P<0,05 относительно 0,05 мМ CNa.

Предварительная обработка проростков CNa в течение 3-х суток привела к изменению этих параметров, степень которых зависела от концентрации CdSO₄. Если при концентрации соли ниже 10⁻⁵ М CNa не влиял или увеличивал уровень негативного действия кадмия, то при концентрации 10⁻⁴ М проявлялся защитный эффект CNa на рост подвергнутых стрессу проростков, что проявлялось в увеличении массы и длины подземной и надземной части растений пшеницы по сравнению с теми, которые подвергались действию только CdSO₄.

Пролин относят к низкомолекулярным метаболитам полифункционального действия, участвующего в повышении устойчивости растений к абиотическим факторам среды [Абилова, 2016]. Эндогенное содержание пролина в листьях контрольных растений было выше, чем в корнях (табл. 3). Неодинаковым было накопление пролина в клетках листьев и корней при действии CdSO₄. Если в клетках корней содержание пролина превысило контрольные значения при всех концентрациях CdSO₄, то в клетках листьев это превышение наступило только при концентрации соли 10⁻⁴ М. CNa способствовал снижению содержания пролина при всех концентрациях соли как в листьях, так и в корнях.

Таблица 3.

Влияние 4-дневной обработки проростков пшеницы CdSO₄ на содержание пролина (мМ/г сырой массы) в листьях и корнях после 3-дневной экспозиции семян на растворах CNa.

Концентрация CdSO ₄ (М)	Концентрация CNa (мМ)			
	0	0,05	0	0,05
	ЛИСТЬЯ		КОРЕНЬ	
0	1,84±0,02	1,52±0,11*	1,30±0,08	1,51±0,02*
10 ⁻⁶	1,50±0,10*	1,30±0,06*	1,61±0,04	1,06±0,04* **
10 ⁻⁵	1,69±0,04*	1,36±0,02*	1,98±0,06*	1,13±0,04**
10 ⁻⁴	2,73±0,06*	1,70±0,07	2,52±0,02*	1,82±0,22
10 ⁻³	3,78±0,21*	2,72±0,28* **	5,36±0,46*	4,96±0,24* **

Примечание: данные представляют собой средние арифметические опытов с их стандартными ошибками; *P<0,05 относительно дистиллированной воды, **P<0,05 относительно 0,05 мМ CNa.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что CNa снижает повреждающее действие CdSO₄, выявленное по интенсификации ростовых процессов и снижению содержания пролина в листьях и корнях пшеницы.

Литература

Абилова Г.А. Влияние ионов кадмия и свинца на рост и содержание пролина в растениях тритикале (*Triticosecale* Wittm.) // Труды Карельского научного центра РАН. – 2016. – № 11. – С. 27–38.

Колупаев Ю.Е., Ястреб Т.О. Стресс-протекторные эффекты салициловой кислоты и ее структурных аналогов // Физиология и биохимия культ. растений. – 2013. – Т. 45, № 2. – С. 113–123.

Титов А.Ф., Казнина Н.М., Таланова В.В. Тяжелые металлы и растения. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.

Bates L.S. Rapid determination of free proline for stress studies // Plant Soil. – 1973. – V. 39, No. 1. – P. 205–207.

MODIFICATION OF TOXICITY OF CdSO₄ FOR WHEAT PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF SODIUM SALICYLATE

N.R. Aliguseynova, D.A. Dzhakhmaeva

Dagestan State University, Makhachkala, Russia, *gulyaraabilova@mail.ru*

Abstract. The effect of CdSO₄ on the growth of axial organs in 7-day-old sprouts of the "Moskvich" wheat, grown from the seeds treated with sodium salicylate, was investigated. Beginning with a CdSO₄ concentration of 10⁻⁴ M and higher, a toxic effect of cadmium was discovered, which manifested itself in decreasing the length and weight of the root and stalk of wheat plants, as well as in increasing the content of proline amino acid in them. Treatment of wheat seeds with 0.05 mM sodium salicylate reduces the damaging effect of CdSO₄, which is especially pronounced at a salt concentration of 10⁻⁴ M.

Keywords: *sodium salicylate, wheat, cadmium, proline*