

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АЗОТНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ ТЫКВЫ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ КОБАЛЬТА И ЗАСОЛЕНИЯ

И.Т. Пириев, А.Д. Самедова, М.А. Аннагиева, Х.Л. Салаева, Т.С. Ширвани

Институт ботаники Национальной Академии наук Азербайджана, Баку, Республика Азербайджан, *shirvani_ts@hotmail.com*

Аннотация. Изучена специфика ответных реакций растений тыквы, подвергнутых одновременному воздействию избытка кобальта и натрий хлорида, на уровне таких физиологических процессов, как накопление и распределение между органами различных форм азота, белков и активности протеолитических ферментов. Полученные данные показали, что засоление смягчает негативное воздействие кобальта на растение, и растения тыквы проявляют положительную кросс-адаптацию к этим двум совместно взятым стрессорам.

Ключевые слова: *тыква, кобальт, засоление, формы азота, протеолитические ферменты*

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-634-638

В настоящее время проблема экологического, в частности, антропогенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) и хлоридом натрия, лимитирующего продуктивность сельскохозяйственных культур и представляющего угрозу для сохранения биоразнообразия растительного мира и опасность для здоровья человека, остро стоит во всем мире. Особенно остро она стоит в Азербайджане в связи с нефтяным бумом, возрождением добывающей, химической, оборонной промышленности, перезагрузкой автотранспортного хозяйства. В напряженных и экстремальных условиях среды растения запускают различного рода протекторно-приспособительные механизмы для самозащиты от повреждающих воздействий разных видов стрессов, позволяющие им выжить и адаптироваться к техногенной среде. Формируя свою адаптивную стратегию, они проявляют множественное разнообразие ответных реакций на стрессовые воздействия на разных уровнях организации, в том числе на физиологическом и биохимическом.

Азотный обмен играет основополагающую и регуляторную роль в жизнедеятельности растительного организма, являясь одним из важнейших физиологических процессов, определяющих рост, развитие, метаболизм, формирование продуктивности и устойчивости растений в меняющихся условиях среды. Изучение количественных изменений ключевых параметров азотного обмена – различных форм азота, растворимых белков и активности протеиназ – у растений, подвергнутых воздействию ТМ и засолению, и их оценка позволяют определить вклад каждого из них в продукционные и адаптационные процессы растительного организма, происходящие при разных взаимодействиях растение – среда.

Следует отметить, что по сравнению с другими ТМ кобальт не считается высокотоксичным для растений в естественных условиях. Однако загрязнение окружающей среды является потенциальным источником токсичного кобальта для них. Он является полезным для высших растений, но необходимым элементом лишь для некоторых из них, в частности, азотфиксирующих бобовых растений и некоторых видов сине-зеленых водорослей [Yadav, Khanna, 1988]. По имеющимся данным, использование кобальта в условиях засоления уменьшало вредное воздействие токсичности последнего на ряд растений, в том числе пшеницу, максимизируя ее толерантность к почвенному засолению, стимулируя рост урожая, улучшая качество семян и их питательный статус [Gad, Kandil, 2011].

Целью настоящей работы явилось исследование специфики ответных реакций гликофитного растения тыквы, подвергнутого одновременному воздействию двух токсикантов – избытку кобальта и натрия хлорида, на уровне таких физиологических процессов, как накопление и распределение между органами азотсодержащих соединений – общего, белкового и небелкового азота, общих растворимых белков и протеолитических ферментов.

Объектом исследования в работе служили корни, стебли, настоящие и семядольные листья растений тыквы (*Cucurbita pepo* L.) сорта «Перехватка». Пятидневные проростки пересаживали в питательный раствор Кнопа (1N, pH 6,0) в 4 вариантах опыта: контроль; NaCl (0,1 M); CoCl₂ (0,1 mM); NaCl+CoCl₂. Растения выращивали до 21 дня. Пробы растений из всех вариантов брали на анализ в три срока через каждые 7 дней (на 7, 14 и 21 день после пересаживания) в трех биологических повторностях. Различные формы азота в растениях, активность протеолитических ферментов, содержание общих растворимых белков определяли по прописям, изложенным ранее [Ширвани и др., 2010].

Анализ полученных данных по накоплению и распределению в различных органах растения белкового азота, представляющего для нас особый интерес, т.к. его содержание является важным показателем биосинтетических процессов, а также надежным критерием устойчивости организма [Сергейчик, Сергейчик, 2002; Абдрашева, 2013], показал, что его содержание у 21-дневных растений было значительно выше в побегах, чем в корнях во всех вариантах опыта (контроль; NaCl; CoCl₂; CoCl₂+NaCl) (табл.). Причем, в побегах в варианте только с кобальтом содержание белкового азота было гораздо ниже (почти в 2 раза), чем в варианте комплексного использования кобальта с NaCl. В корнях же при применении обоих стрессоров содержание белкового азота было выше, чем в варианте только с NaCl, но несколько ниже, чем в варианте только с кобальтом.

Таблица.

Распределение различных форм азота в органах 21-дневных растений тыквы, выращенных при раздельном и совместном применении NaCl и CoCl₂ (мг/г абс. сух. массы)

Формы азота	Органы растения	Варианты опыта			
		Конт.	NaCl	CoCl ₂	NaCl+CoCl ₂
Общий азот	побеги	147	132	74	122
	корни	42	32	44	38
Небелковый азот	побеги	20	26	26	30
	корни	4	5	9	7
Белковый азот	побеги	127	106	48	92
	корни	38	27	35	31
Отношение белк. N/небелк. N	побеги	6,4	4,1	1,9	3,1
	корни	9,5	5,4	3,9	4,4
Белковый N в % от общего	побеги	86	80	65	75
	корни	90	84	80	82
Небелковый N в % от общего	побеги	14	20	35	25
	корни	10	16	20	18

Более ясная картина накопления белковой и небелковой фракций азота в корнях и побегах растений тыквы, получивших кобальт в комплексе с NaCl и раздельно, вырисовывается при рассмотрении их в процентной доле от общего азота (табл.). Если доля белкового азота в % от общего в побегах растений из варианта только с Co составляет 65%, а в корнях 80%, то в случае CoCl₂+NaCl – 75% и 82%, соответственно,

т.е. наблюдалось увеличение на 10% - в побегах и на 2% в корне. Увеличение содержания общего азота в побегах растений в варианте $\text{CoCl}_2+\text{NaCl}$ по сравнению с вариантом с использованием одиночного кобальта на 65% (122 мг против 74 мг) происходило за счет белковой фракции, а уменьшение в корне на 13% (38 против 44), по всей вероятности, произошло из-за появления на опытных растениях настоящих листьев в варианте $\text{CoCl}_2+\text{NaCl}$ (в варианте только с кобальтом настоящие листья так и не появились, и часть азота из побегов переправлялась в корни, увеличивая там свое содержание). Возрастание содержания общего азота в варианте совместного использования токсикантов наряду с увеличением концентрации белкового азота явно свидетельствует об активизации защитно-приспособительных реакций, направленных на повышение устойчивости и выживания растений в этих напряженных условиях. Иными словами, в данном случае наблюдался протекторный эффект засоления от ингибиторного действия избытка кобальта на синтетические процессы в растениях.

Наиболее убедительным показателем биосинтетической активности растений является величина отношения белковый азот/небелковый азот. Наши данные показали, что во всех четырех вариантах опыта отношение белковый азот/небелковый азот было выше в корнях по сравнению с побегами. Вместе с тем, и в стебле, и в корне оно было выше в варианте совместного применения Co с NaCl , чем с варианте его одиночного использования. Эти данные также свидетельствуют о сравнительно большей устойчивости растений к совместному применению токсикантов, чем к кобальту, взятому индивидуально. Считается, что значительно усиленный вклад корня по сравнению с побегом растения, испытывающего стресс, в снабжении его органическими азотистыми соединениями является характеристикой стресс-устойчивости растений [Абдрашева, 2013].

Об этом же свидетельствуют наши данные о накоплении растворимых белков различными органами тыквы, выращенной в условиях отдельного и комплексного воздействия засоления и кобальта, показавшие, что содержание белков в корнях растений в варианте $\text{CoCl}_2+\text{NaCl}$ было, хотя и незначительно, но выше (9,0 мг/мл), чем в вариантах с их отдельным применением (8,2 мг/мл в случае CoCl_2 и 5,0 мг/мл в случае NaCl).

Одной из индуцируемых стрессом перестроек азотно-белкового обмена является изменение активности участвующей в нем системы протеолиза, функциональные белки которой играют протекторную роль в клетках и в повышении адаптационных возможностей растительного организма [Домаш и др., 2007]. Определение активности протеолитических ферментов в различных органах 21-дневных растений тыквы (в расчете на 1 растение), подвергнутых токсическому воздействию кобальта и NaCl , взятых отдельно и совместно, выявило, что в варианте совместного использования токсикантов в корнях и особенно в настоящих листьях растений наблюдается увеличение гидролитической активности протеиназ (в корнях – 154% от контроля, в настоящих листьях -175%) (рис.).

Увеличение активности протеиназ, по нашему мнению, некоторым образом стимулировало развитие растений в варианте $\text{CoCl}_2+\text{NaCl}$. Растения, обработанные только кобальтом, сильно отставали в своем развитии от растений, получивших $\text{CoCl}_2+\text{NaCl}$: у них до конца эксперимента так и не появились настоящие листья. Кроме того, в варианте только с кобальтом в корнях растений уже с первых дней вегетации (7 дней) наблюдалось снижение активности протеиназ (на 64,1% ниже контроля), она была высокой только в семядольных листьях, по всей вероятности, для усиления диссимиляции имеющихся там запасных белков и переброски их в другие органы. Активность протеиназ в корнях 21-дневных растений этого же варианта еще более понизилась и составила 42% от контроля (рисунок).

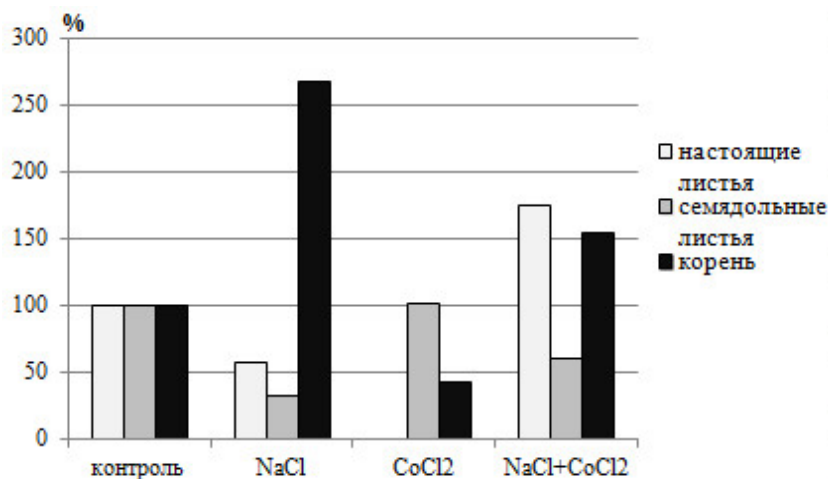


Рисунок. Активность протеолитических ферментов в различных органах 21-дневных растений тыквы, подвергнутых токсическому воздействию избытка кобальта и NaCl, взятых в отдельности и в комплексе (в % от контроля по абсолютному содержанию в мкг в 1 растении).

Получившие только NaCl растения в своем большинстве подверглись летальному исходу. У оставшихся в живых растений на 21 день наблюдался усиленный распад белков в семядольных листьях, что привело к уменьшению их сухого веса до 73 мг (в контроле 123 мг).

Сравнение показателей развития растений, наблюдаемых в вариантах индивидуального и комплексного использования кобальта и NaCl, показало, что засоление смягчает негативное воздействие кобальта на растения, и растения тыквы проявляют положительную кросс – адаптацию к этим двум совместно взятым стрессорам. Об этом свидетельствуют представленные нами данные по содержанию белкового азота, отношению белковый N/небелковый N, накоплению общих растворимых белков и усилению гидролитической активности протеиназ в разных органах растений.

Литература

Абдрашева К.К. Изучение адаптации к действию тяжелых металлов на примере арабидопсиса различных генотипов // Матер. Респ. науч.-теор. конф. «Сейфуллинские чтения-9: новый вектор развития высшего образования и науки», 2013. – Т. 1, № 2. – С. 233-235.

Домаш В.И., Корзюк О.В., Шарпио Т.П., Зобрейко С.А., Сосновская Т.Ф. Функциональные белки бобовых растений в условиях солевого стресса // Матер. 6 съезда физиологов растений России. – Сыктывкар. – 2007. – С. 118-119.

Сергейчик А.А., Сергейчик С.А. Влияние токсичных компонентов техногенных эмиссий на устойчивость хвойных лесобразующих пород Беларуси // Тез. докл. Междунар. науч. конф. «Ботанические сады: состояние и перспективы сохранения, изучения, использования биологического разнообразия растительного мира». – Минск: БГПУ, 2002.— С. 246-250.

Ширвани Т.С., Самедова А.Дж., Салаева Х.Л., Пириев И.Т., Аннагиева М.А., Ализаде В.М. Воздействие различных доз кадмия на ростовые и физиолого-биохимические характеристики растений тыквы // Известия НАНА. – 2010. – Т. 65, №3-4. – С. 3-11.

Gad N., Kandil H. Maksimizing the tolerance of wheat plants to soil salinity using cobalt. 1. - Growth and mineral composition // J. of Applied Science Research. – 2011.– 7(11). – P. 1569–1574.

Yadav D.V., Khanna S.S. Modelling cobalt and phosphorus responses in some legumes // Intern. J. of Tropical Agriculture. – 1988.– No. 4(3).– P. 228–232.

STUDY OF PARAMETERS OF NITROGEN METABOLISM IN PUMPKIN PLANTS UNDER COMBINED ACTION OF COBALT AND SALINITY

I.T. Piriyeu, A.J. Samedova, M.A. Annagiyeva, Kh.L. Salayeva, T.S. Shirvani

Institute of Botany, Azerbaijan National Academy of Sciences, 40 Badamdar Shosse, Baku, Azerbaijan, *shirvani_ts@hotmail.com*

Abstract. A specific character of responses of pumpkin plants subjected to simultaneous action of excess of cobalt and sodium chloride at the level of such physiological processes as the accumulation and distribution among of organs of various forms of nitrogen, proteins and activities of proteolytic enzymes has been studied. The data obtained revealed that salinity alleviates the negative effect of cobalt on plants and pumpkin plant shows a positive cross-adaptation to these jointly taken stressors.

Keywords: *pumpkin, cobalt, salinity, forms of nitrogen, proteolytic enzymes*