

## ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ПРО-И АНТИОКСИДАНТНЫХ РАСТЕНИЙ *SALANUM TUBEROSUM L.* К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ

Астанакулова Г., доктор PhD, Киёмзода З.С., к.б.н., доцент,  
Сайдализода С.Ф., ассистент-ТНУ, Норкулов Н., ведущий научный сотрудник,  
Алиев К., д.б.н., профессор, член корреспондент АНН РТ-Институт ботаники,  
физиологии и генетики растений АНН РТ

**Ключевые слова:** устойчивость, продуктивность, растения, засоление, почва, сорт, картофель, регенерант, гваяколпероксидаза, МДА, антиоксидант.

Одним из основных путей ответных реакций растений на изменение условий окружающей среды является функционирование антиокислительных систем, формирующих физиолого-биохимические адаптации в условиях изменений окружающей среды. Неконтролируемая активация активных форм кислорода (АФК) приводит к существенному изменению функциональных систем клетки, что приводит к снижению продуктивности и даже гибели растений. Но в клетках растений, в этих стрессовых условиях, активируются системы антиоксидантной защиты для предотвращения негативного влияния АФК [7-10].

Поэтому изучение физиолого-биохимических механизмов устойчивости растений, особенно картофеля, представляет определенный интерес и является важным для создания новых форм с улучшенной антиокислительной функцией и продуктивностью в условиях возрастающего климатического синдрома.

Цель настоящей работы-исследование некоторых биохимических, физиологических параметров растений картофеля в зависимости от нагрузки стрессорного воздействия (засоление).

### Материал и методы.

Исследования проводили на растениях-регенерантах картофеля (*Solanum tuberosum L.*) средне-ранних сортов Пикассо (Голландия) и Таджикистан, широко используемых в картофелеводческих районах. Эти сорта отличаются по урожайности и устойчивости к ряду заболеваний.

Оздоровленные сорта картофеля *in vitro* получали из коллекции Института ботаника, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан. Растения-регенеранты из агаризированной среды МС перевели в водную культуру с половиной разбавленной среды макро-и микроэлементов и выставили в стеллажи с люминесцентными лампами.

После предварительной адаптации в водной культуре в течение 5-суток с 16-часовым фотопериодом, после пятидневного роста на гидропонной среде 0,5 МС растения перенесли на ту же самую среду с добавлением хлористого натрия в диапазоне концентраций от 0,5 до 1,5% (опыт).

Контролем служила питательная среда 0,5 МС без добавления *NaCl*. Через 6 суток опытные растения использовали для проведения анализов. Морфометрические оценки проводили в трех повторностях на 10 растениях в опытном и контрольном варианте.

Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли спектрофотометрическим методом в реакции с тиобарбитуровой кислотой, основанным на образовании окрашенного комплекса "продукта малонового диальдегида (МДА) согласно [11] и выражали в мкмоль/г сырой массы.

Активность пероксидазы (гваяколпероксидаза) определяли по [12]. Реакционная смесь содержала 50 мкл ферментного экстракта (0,1мм) 0,07М калий-фосфатного буфера (0,8 мл) рН-7,6, 100мкл 8мМ гваякола, 250мкл 0.01М  $H_2O_2$ . Оптическую плотность инкубационной смеси измеряли при 470 нм на спектрофотометре Ultraspec II (Швеция) через каждые 10сек в течение 3 мин. Активность рассчитывали по формуле:

$$A = E_{470} * V : 26,6 * \text{сырой массы.}$$

### Результаты и их обсуждение

Растения-регенеранты сортов Пикассо и Таджикистан различались по ряду

характеристик, у них явно проявлялась устойчивость к солевому стрессу. Сорт Пикассо менее, а сорт Таджикистан проявляет высокую устойчивость в условиях солевого стрессорного воздействия.

Как показывают данные таблицы 1, по интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое было тестировано по образованию малонового диальдегида (МДА), исследованные сорта резко различались как в норме, так и при воздействии соли (*NaCl*). Содержание МДА в листьях регенерантов и в корнях варьировалось от 0,3 до 11 мкмоль/г сырой массы. Причем в листьях уровень процессов ПОЛ у обоих сортов в несколько раз выше, чем в корнях как в норме, так и в условиях солевого стресса.

Наиболее высокое содержание МДА наблюдалось у сорта Пикассо, как в листьях, так и в корнях, чем у сорта Таджикистан.

Таблица 1.

**Интенсивность ПОЛ в листьях и корнях растений-регенерантов картофеля в условиях солевого стресса (МДА мкмоль/г сырой массы)**

Варианты	Сорт Пикассо				Сорт Таджикистан			
	лист	%	корень	%	лист	%	корень	%
Контроль	2,45 ± 0,51	100	0,92 ± 0,33	100	1,62 ± 0,04	100	0,18 ± 0,02	100
<i>NaCl</i> 0,5%	3,11 ± 0,4	127	1,41 ± 0,06	153	1,72 ± 0,03	112	0,19 ± 0,02	106
<i>NaCl</i> 1,5%	10,8 ± 0,8	440	3,49 ± 0,42	379	2,45 ± 0,12	178	0,32 ± 0,03	150

Как показывают результаты этой таблицы (табл. 1), сорт Пикассо резко отличается по уровню накопления МДА в условиях солевого стресса, чем сорт Таджикистан. При низкой концентрации соли (0,5%) накопление МДА у сорта Пикассо усиливается на 27%, а у сорта Таджикистан всего на 6% в листьях. Корни обоих сортов больше реагируют на соль, и в результате накопление МДА у сорта Пикассо увеличивается на 53%, а у сорта Таджикистан незначительно и составляет всего 12%.

При концентрации соли 1,5% в среде выращивания, уровень накопления МДА у сорта Пикассо как в листьях, так и в корнях резко возрастает и составляет от 440 и 380% соответственно.

Но сорт Таджикистан, при концентрации соли 1,5%, в листьях и в корнях накапливает МДА гораздо меньше, чем сорт Пикассо, и составляет 150 и 178%, соответственно.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что эти сорта резко различаются по воздействию соли. Это связано с усилением антиоксидантных систем в условиях стрессорного воздействия, и сорт Таджикистан имеет совершенную антиоксидантную систему, которая усиливается в условиях стрессорного воздействия (таблица 2). Возможно, адаптационные реакции этих сортов (Пикассо, Таджикистан) разные и усиливаются по-разному в условиях стрессорного воздействия. В качестве ответной реакции на активацию ПОЛ индуцируются антиоксидантные системы, которые защищают растения от гибели при сильном стрессе.

Таблица 2.

**Биохимические характеристики генотипов картофеля в условиях хлоридного засоления (мкмоль/г сырой массы)**

Варианты	Сорт Пикассо			Сорт Таджикистан		
	МДА	Гваяколпероксидаза	Отношения ПОЛ/АО	МДА	Гваяколпероксидаза	Отношения ПОЛ/АО
Контроль	2,12 ± 0,42	3,11 ± 0,45	0,68	0,39 ± 0,02	4,41 ± 0,53	0,11
<i>NaCl</i> 0,5%	1,89 ± 0,31	3,44 ± 0,32	0,55	0,44 ± 0,02	6,73 ± 0,54	0,15
<i>NaCl</i> 1,5%	8,82 ± 0,61	1,24 ± 0,02	7,03	1,31 ± 0,08	5,21 ± 0,42	0,19

Как видно из данных таблицы 2, уровень накопления МДА у исследованных сортов неодинаков в условиях возрастающей концентрации соли (*NaCl*). Накопление МДА у сорта Пикассо и активность гваяколпероксидазы значительно отличаются от сорта Таджикистан.

Значение ПОЛ/АО в пять раз выше у сорта Пикассо, чем у сорта Таджикистан, что указывает на высокую активность антиоксидантной системы и является генетически-закрепленным признаком, адекватно реагирующей на действие стрессоров. Следует отметить, что у сорта Таджикистан наблюдались быстрые ответные биохимические реакции, сопровождающиеся моментальным усилением активности антиоксидантного фермента пероксидазы с одновременным подавлением интенсивности ПОЛ.

Расчетный показатель оценки отношения прооксиданта к антиоксидантному статусу у растений, является показателем формирования физиолого-биохимической реакции к стрессорным природным факторам. Полученные данные показали, что показатели интенсивности ПОЛ к показателям активности антиоксидантной защиты (гваяколпероксидазы) варьировали у сорта Пикассо в диапазоне от 0,55 до 7,03, а сорта Таджикистан имелись существенно низкие значения этого показателя, в диапазоне (0,11-0,19), что свидетельствует о сбалансированном протекании биохимических процессов и может служить одним из критериев адаптивности растений к стрессовым природным факторам.

### Литература

1. FAO. 2008. FAO land plant nutrition management service. <http://fao.org/ag/ag/agll/spush>.
2. Munns R., Tester M. Mechanisms at salinity tolerance. Annual. Review of plant biology. 2008. V.59. P. 651-681.
3. Алиев К. Современная биотехнология и её перспективы в Таджикистане. " Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды. " Мат-лы годовичного собрания Общества физиологов растений России, Всероссийской научной конференции с международным участием и школы молодых ученых. В 2-х частях /К. Алиев, К. Партоев, З.Б. Давлятназарова/ 2018. -С.1156-1159
4. Киёмова З.С. Роль антиоксидантных ферментов в развитии устойчивости растений к стрессорному воздействию. Вестник Таджикского национального университета, серия: естественных наук /З.С.Киёмова, Н.Х. Норкулов, З.Б. Давлятназарова, М.Л. Азимов, У.К. Алиев, С.А. Файзиева, К. Алиев/. - 2014г. " № 1/2(130) " С. 167-172. ISSN 2413-452X.
5. Zevy D., Veilleux R.E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity " A. Reviw. Amer F. of potato Res. 2007. V.84. P. 487-506.
6. Askoy E., Demirel U., Ortuzk Z.N., Galikans., Galican M.E. Resent advances in potato genomic, transcriptomics, and trassenics under and heat and heat stresses. Turk.Y. Bot. 2015. V.39. P. 920-940.
7. Давлятназарова З.Б. Влияние засоления и засухи на при " антиоксиданты хлоропластов растений картофеля /З.Б.Давлятназарова, З.С.Киёмова, Н.Х.Норкулов, С.Х.Ашуров, К.Алиев/ ДАН РТ, 2013.-Т.56.- №9.-С. 745-749
8. Ефимова М.В. Физиологические механизмы устойчивости растений *Solanum tuberosum* L. к хлоридному засолению. Физиология растений /М.В.Ефимова, Л.В.Коломейчук, Е.В.Бойко, М.К.Малофий, А.Н. Видерш-пан, Н.Н.Плюсин, И.Ф.Головацкая, О.К. Мурган, Вл.В. Кузнецов/ 2018.- Т.65.- С.196-206
9. Ефимова М.В. Физиологические механизмы повышения солеустойчивости растений Рапса брассиностероидами. Физиология растений /М.В. Ефимова, А.Л.Савчук, ДЖ, Хасан, А.К. Литвиновская, Р.П. Храпач, В.А. Холодова., Вл.В. Кузнецов/ 2014.- Т.61.- С.778-789
10. Давлятназарова З.Б. Активность антиоксидантных ферментов растений *IPOMEQ BATATES* L в условиях засоления/З.Б.Давлятназарова, К.Алиев, И.С.Каспарова, Н.Х.Норкулов, Н.Г.Баротова, У.Алиев, И.Абдулсамад// Известия Академии наук Республики Таджикистан, Отделение биологических и медицинских наук №1 (204) "Душанбе, 2019.- С 56-62
11. Buege J. A. and Aust, S. D. Microsomal Lipid Peroxidation. *Methods in Enzymology*. 1978. V.52. P. 302-310.
12. Шевякова Н.И. Изменение активности пероксидазной системы в процессе стресс-индуцированного формирования САМ // Физиология растений/Н.И. Шевякова, Л.А. Стеценко, А.Б. Мещеряков, В.В. Кузнецов/ 2002. - Т. 49.- № 5. - С. 670-677

### АННОТАЦИЯ

#### ТАНОСУБИ БАЙНИҲАМДИГАРИИ ПРО ВА ANTIOKSIDANTHOI PASTANIИ SALANUM TUBEROSUM L. ҲАНГОМИ СТРЕССИ НАМАКИН

Маълумоти таҷрибаҳо нишон доданд, ки дар шароити стресси намакӣ навъи

Пикассо бо дараҷаи захиракунии диалдегиди малонӣ (ДАМ) нисбат ба навъи Тоҷикистон фарқ мекунад. Ҳангоми паст будани концентратсияи намак (0,5%) чамъшавии ДАМ дар навъи 27% зиёд гардида, дар баргҳои навъи Тоҷикистон бошад, миқдори он 6% дида мешавад. Решаҳои ҳар ду навъи растанӣ ба намак ҳассос буда, захирашавӣ дар реша зиёдтар аст.

Миқдори ДАМ дар решаҳои навъи Пикассо 53% ва дар решаҳои навъи Тоҷикистон 12% зиёд шуд. Ҳангоми дар муҳити парвариш концентратсияи намак 1,5 % будан, сатҳи захирашавии ДАМ дар баргҳо ва решаи навъи Пикассо ногаҳон зиёд гардида, 440 ва 380%-ро ташкил мекунад. Аммо ҳангоми миқдори намак 1,5% будан дар баргҳо ва решаи навъи Тоҷикистон ДАМ нисбат ба навъи Пикассо камтар захира шуда, 150 ва 178%-ро ташкил мекунад.

*Калимаҳои калидӣ: устуворӣ, ҳосилнокӣ, растаниҳо, шӯр, хок, навъ, картошка.*

#### **АННОТАЦИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ПРО-И АНТИОКСИДАНТНЫХ РАСТЕНИЙ SALANUM TUBEROSUM L. К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ**

Экспериментальные данные показали, что сорт Пикассо резко отличается по уровню накопления МДА в условиях солевого стресса, чем сорт Таджикистан. При низкой концентрации соли (0,5%), накопление МДА у сорта Пикассо усиливается на 27%, а у сорта Таджикистан- всего на 6% в листьях. Корни обоих сортов больше реагируют на соли, и в результате накопление МДА у сорта Пикассо увеличивается на 53%, а у сорта Таджикистан незначительно и составляет всего 12%.

При концентрации соли 1,5% в среде выращивания, уровень накопления МДА у сорта Пикассо, как в листьях, так и корнях, резко возрастает и составляет от 440 и 380%, соответственно. Но сорт Таджикистан при концентрации соли 1.5% в листьях и в корнях накапливает МДА гораздо меньше, чем сорт Пикассо, и составляет 150 и 178% соответственно.

*Ключевые слова: устойчивость, продуктивность, растения, засоление, почва, сорт, картофель.*

#### **ANNOTATION RELATIONSHIP OF PRO-AND ANTIOXIDANT PLANTS SALANUM TUBEROSUM L. TO SALT STRESS**

Experimental data showed that the Picasso variety sharply differs in the level of MDA accumulation under conditions of salt stress than the Tajikistans variety. At a low salt concentration (0.5%), the accumulation of MDA in the Picasso variety increases by 27%, and in the Tajikistan variety by only 6% in the leaves. The roots of both varieties are more responsive to salts, and as a result, the accumulation of MDA in the Picasso variety increases by 53%, while in the Tajikistan variety it is insignificant and is only 12%.

At a salt concentration of 1.5% in the growing medium, the level of MDA accumulation in the Picasso variety both in the leaves and roots increases sharply and ranges from 440 and 380%, respectively.

But the variety Tajikistan, with a salt concentration of 1.5% in the leaves and roots, accumulates MDA much less than the variety Picasso, and is 150 and 178%, respectively.

*Key words: resistance, productivity, plants, salinity, soil, cultivar, potato.*