

УДК 57.026

ББК 28.58

**ВОДНЫЙ ГОМЕОСТАЗ И УРОВЕНЬ
ПРО-И АНТИОКСИДЛИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ РАСТЕНИЙ *SOLANUM
TUBEROSUM L.* ПРИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ФАКТОРЕ
(ЗАСУХА).**

Сабуров Бахтиёр Мухидинович – докторант ИБФ и ГРАН Республики Таджикистан, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и методики ее преподавания ГОУ “Худжандский государственный университет имени академика Б.Гафурова”, e-mail: saburovbahtiyor@gmail.com

Гафурова Парвина Зиёевна - магистрант первого курса факультета биологии и химии ГОУ “Худжандский государственный университет имени академика Б.Гафурова”, e-mail; gafurova.parvina@gmail.com

**ГОМЕОСТАЗИ ОБИ ВА
НИШОНДОДИ ПРО ВА
СИСТЕМАҲОИ ЗИДДИ
ТУРШАВИИ РАСТАНИИ
SOLANUM TUBEROSUM L. ДАР
ҲОЛАТИ ОМИЛИ ЭКОЛОГИ (ХУШКИ)**

Сабуров Бахтиёр Мухидинович – докторанти Институти ботаника, физиология ва генетикаи растаниҳои Академияи Миллии Илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, номзади илмҳои кишоварзӣ, дотсенти кафедраи биология ва методикаи таълими он. МДТ “Донишгоҳи Давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, e-mail: saburovbahtiyor@gmail.com

Гафурова Парвина Зиёевна – магистранти курси якуми факултети биология ва химия МДТ “Донишгоҳи Давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, e-mail; gafurova.parvina@gmail.com

**THE LEVELS OF AGUATIC
HOMEOSTASIS ABOUT AND
ANTIOXIDANT SYSTEM OF PLANTS
SOLANUM TUBEROSUM
ATEVIRONMENTAL FACTORS.**

Saburov Bahktiyor Muhidinovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Biology, e-mail: saburovbahtiyor@gmail.com

Gafurova Parvina Ziyoevna – the First Course of Master Degree Department of the Faculty of Biology - Chemistry, e-mail: gafurova.parvina@gmail.com

Ключевые слова: активность, ферменты, антиоксиданты, генотип, картофель, засоление, засуха.

В последние годы интенсивно изучаются физиолого–биохимические и молекулярные основы устойчивости растений к воздействию различных стрессоров (засуха, засоление, температура и т.д.). Это стало особенно актуальным, в связи с глобальным изменением климата, провоцирующим засушливость и засоленность почвы, которые губительно влияют на продуктивность сельскохозяйственных растений. Засуха и засоление приводят к усиленному образованию активных форм кислорода (АФК), продуктом которого являются супероксид – анион – радикал (O_2^-), гидроксильный радикал ($-OH$) и перекись водорода (H_2O_2).

Вожаҳои калидӣ: фаъолнокӣ, ферментҳо, антиоксидантҳо, генотип, картошка, шӯрӣ, хушкӣ

Дар зери таъсири норасогии намӣ, фаъолнокии ГР ва АСКП дар генотипҳои (навъҳои) омӯхташуда гуногун аст. Нишондоди фаъолнокии ГР ва АСКП дар баргҳои навъи картошкаи Тоҷикистон дар ҳолати зиёд шудани хушкӣ мушоҳида гардид, ки ин маҳсусан баъди 7 ва 9 рӯз аз хушкӣ мушоҳида гардид ва баръакс дар навъи ба хушкӣ ноустувори Пикассо дар сурати шиддатнок гаитани хушкӣ настиавиши фаъолиятнокии ин ферментҳо мушоҳида мегардад.

Key words: activity, enzymes, antioxidants, genotype, potatoes, salinization, drought.

From the received results it is possible to conclude the following: at steady and productive grades of potatoes rather low loss of water is observed that characterizes tolerance of this grade to a stress. In process of increase in water deficiency they observed the small torsion of leaves which is morphological feature of adaptability to a stress and, undoubtedly, this sign can be used as visual sign of the indicator of stability. Under the influence of water deficiency, the activity of GR and Askp changed differently, at examinees of genotypes (grades). Indicators of activity of GR and Askp Tajikistan when strengthening a drought increased in grade potatoes leaves, and strengthening was after 7 and 9 days of a drought, and, on the contrary, at an unstable grade of Picasso in process of strengthening of a drought the inhibition of activity of these enzymes was observed.

В последние годы изучаются физиолого–биохимические и молекулярные основы устойчивости растений к воздействию различных стрессоров (засухи, засолению, температуре и т.д.). Это стало особенно актуальным, в связи с глобальным изменением климата, провоцирующим засушливость и засоленность почвы, которые губительно влияют на продуктивность сельскохозяйственных растений. Засуха и засоление приводят к усиленному образованию активных форм кислорода (АФК), продуктом которого являются супероксид – анион – радикал (O_2^-), гидроксильный радикал ($-OH^\cdot$) и перекись водорода (H_2O_2) [1]. Из полученных результатов можно сделать вывод у устойчивых и урожайных сортов картофеля наблюдается относительно низкая потеря воды что характеризует устойчивость этого сорта к стрессу. По мере увеличения водного дефицита наблюдали небольшое перекручивание листьев которое является морфологическим признаком приспособляемости к стрессу и несомненно может использоваться как визуальный признак индикатора устойчивости.

Под влиянием водного дефицита активность ГР и АСПА по разному изменялась у испытуемых генотипов классов. Показатели активности ГР и АКСП Таджикистан при усилении засухи у сорта картофеля увеличились, а усиление было через 7 и 9 дней засухи и наоборот, у нестабильного сорта Пикассо по мере усиления засухи наблюдалось торможение активности этих ферментов.

В работе [2-3] показано, что накопление АФК имеет место быть также и в хлоропластах, из-за отсутствия баланса скоростей переноса электронов и активности ферредоксин – НАДФ. Н-редуктазы, в условиях стресса. Показано, что детоксикация АФК связано с активацией антиоксидантной системы как ферментативной, так и неферментативной, в которой участвуют низкомолекулярные компоненты (аскорбат, глутатион, α -токоферол, каротиноиды) [4-7]. Разрушение H_2O_2 осуществляется в реакциях аскорбата/глутатионового цикла с участием ферментов аскорбатпероксидазы (ГР), катализы [7-8]. Последние имеют низкое родство с перекисью водорода. С помощью этих систем (механизмов) происходит детоксикация и удаление образующихся токсических продуктов. Отмечено, что активность этих систем – механизмов имеет видовое, сортовые различия и варьируют в ходе развития растений в нормальных условиях, но особенно ярко проявляются при воздействии стрессоров. В связи с этим, важно выявить существование конкурентных механизмов устойчивости и продуктивности растений, для этого необходимо оценить эффективность работы антиоксидантных систем у разных по устойчивости и продуктивности растений в условиях стресса.

В работе использовали сорта, различающиеся по продуктивности и устойчивости к засолению. Сорт Таджикистан обладает высокой устойчивостью и продуктивностью, а сорт Пикассо является слабоустойчивым к стрессу – засолению и менее урожайным. Для создания почвенной засухи растения – регенеранты выращивали в торфе – почвенной смеси.

Опыты с водным дефицитом проводили следующим образом: растения выращивались в 10 л контейнерах, на смеси почвы и песка в соотношении (1:1) в полевых условиях. С появлением всходов вводили подкормку азотным удобрением и поливали согласно рекомендации СР. Активность глутатион пероксидазы согласно [9]. Активность аскорбатпероксидазы согласно [10] с некоторой модификацией [11]. Активность перекисного окислителя липидов определяли с помощью тиобарбитуровой кислоты (ТБА) [12].

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что на начальной стадии в листьях, исследуемых растений происходила незначительная потеря воды, но имелись различия в зависимости от разной степени устойчивости сортов. По мере возрастания засухи, через 5 – 7 дней, показатели ОСВ резко снижались. Так, у сорта Таджикистан, спустя 5 дней после засухи, этот показатель составил – 0,84, а после 7 – 9 дней наблюдалось наибольшее падение, по сравнению с 5 дневной засухой, и составил 0,72 и 0,64 соответственно. У сорта Пикассо ОСВ составило 0,63 и 0,53 соответственно. Водный дефицит сорта Таджикистан изменялся незначительно и спустя 7 – 9 дней составил 14,7 – 16,1% соответственно. У сорта Пикассо ОСВ изменялась значительно больше по мере засухи, и водный дефицит составлял 14,2 и 26,1 %, а после 7 – 9 дневной засухи – 16,1 и 35,0% соответственно.

Таблица 1. – Относительное содержание воды (ОСВ) при продолжительной засухе в листьях картофеля

Сорт	Продолжительность засухи, дни				Водный дефицит, %			
	0	5	7	9	0	5	7	9
Таджикистан	0,87	0,84	0,72	0,64	-	4,6	14,7	16,1
Пикассо	0,85	0,76	0,63	0,53	-	14,8	26,1	35,6
Кардинал	0,83	0,77	0,69	0,53	-	5,2	22,2	37,4

Данные таблицы указывают, что при возрастании почвенной засухи, листья картофеля в показателях потери воды имели различия, в зависимости от устойчивости сортов к стрессу. С прекращением полива, в начальный период засухи (5 дней), потеря воды у исследуемых сортов, имело небольшое понижение и составила у сорта Пикассо при отсутствии полива спустя 7 дней – 26% и спустя 9 дней – 35,6%. Такие же изменение наблюдалось у стандартного сорта Кардинал. Различия между сортами наблюдались после 7 – 9 дневной засухи. Устойчивый и продуктивный сорт Таджикистан имел небольшой водный дефицит по мере возрастания почвенной засухи (до 16 %), а у неустойчивые сорта, Пикассо и Кардинал наблюдался водной дефицит, особенно спустя 7 дней после полива, был заметным и составлял от 26 до 37% соответственно.

Такая тенденция обезвоживания листьев в условиях возрастающей засухи незамедлительно сказалась на отношении сырой массы / сухой массы (в % от сухой массы) и, наоборот, по отношению сухой массы / сырой массы (таблица 2).

Таблица 2. Изменчивость сырой массы к сухой в листьях картофеля при продолжительной засухе (мкмоль/мг белка)

Сорт	Соотношение сырой массы/сухой массы				Соотношение сырой массы/сухой массы			
	0	5	7	9	0	5	7	9
Таджикистан	20,1	19,1	17,1	15,1	0,062	0,058	0,055	0,052
Пикассо	19,4	20,1	15,1	12,1	0,066	0,049	0,040	0,038

Сырая масса уменьшалась, что является показателем повышения интенсивности водного дефицита. В тоже время, этот показатель (отношения сухой массы / сырой массы), у исследуемых сортов, не одинаковый. Сорт Таджикистан отчетливо отличался от сорта Пикассо. Это связано тем что показатель интенсивности водного дефицита у сорта Таджикистан после 7 – 9 дневной засухи равен 14,2 и 16,1%, а у сорта Пикассо - 26,1 и 35,0 %, соответственно.

Таким образом, анализ полученных данных свидетельствуют к том, что новый сорт Таджикистан является более засухостойчивым чем сорт Пикассо.

Один из важных показателей защиты растений от окислительного стресса связывают с активностью фермента глутатионредуктазы (ГР)-у сорта Пикассо снижалась (27-36%), а при 5 дневной засухи была на уровне контроля.

Таблица 3. Активность глутатионредуктазы в листьях картофеля при продолжительной засухе (мкмоль/мг белка)

Сорт	Продолжительность засухи, дни				Активность, %			
	0	5	7	9	0	5	7	9
Таджикистан	105,5	126,4	132,5	137,8	100	119,8	125,5	133,1
Пикассо	103,4	86,2	70,9	61,8	100	98,3	72,2	63,8

В тоже время, у сорта Таджикистан активность ГР во всех периодах засухи увеличивалась. Так, при 5 дневной засухе активность ГР увеличивалась примерно на 120 %, после 7 дневной – 125 %, при 9 дневной – 127 %, по отношению к контрольным растениям, примерно такие результаты получены при определении активности аскорбатпероксидазы (АскП).

В листьях испытуемых сортов активность АскП у контрольных растений практически была одинаковой (таблица 4).

Таблица 4. Активность аскорбатпероксидазы (АскП) в листьях картофеля при продолжительной засухе (мкмоль/мг белка)

Сорт	Продолжительность засухи, дни				Активность, %			
	0	5	7	9	0	5	7	9
Таджикистан	29,4	18,4	25,3	26,8	100	16,5	15,3	8,9
Пикассо	28,2	16,9	18,8	17,4	100	22,2	24,6	26,8

Возрастание активности АскП наблюдалось у сорта Таджикистан после 7-9 дневной засухи. При кратковременной засухе (5 дневной) активность АскП практически была такой же, как контрольных растений. Активность АскП у сорта Пикассо, наоборот, по мере возрастания засухи, начала замедляться из-за интенсивности почвенной засухи. Так, при 5 дневной засухе, активность АскП снижалась на 22,2%, при 7 дневной – 24,6%, при 9 дневной – на 27%, от контрольных растений.

Активность ГР и АскП отрицательно сказывалась на продукции перекисного окисления липидов (ПОЛ), измеряемое согласно образованию малонового диальдегида (МДА), поскольку он является основным конечным продуктом действия стресса на мембранную систему клетки растений. Как видно из данных таблицы 5, по мере возрастающей засухи, интенсивность образования МДА увеличивалась, но у разных сортов по-разному. Под влиянием засухи (5 дней) у сорта Таджикистан содержание МДА было близко к контролю. По мере возрастающей засухи (7-9 дней) накопление МДА незначительно увеличивалось и составило 20-27%, соответственно, по отношению к контрольным растениям. При возрастающей засухе у сорта Пикассо накопление МДА увеличивалось во всех вариантах. При 5 дневной засухе накопление МДА составило 12%, при 7 дневной – 151 % и при 9 дневной 165%, по отношению к контролю.

Таблица 5. Содержание МДА в листьях картофеля при продолжительной засухе (мкмоль/мг белка)

Сорт	Продолжительность засухи, дни				Активность, %			
	0	5	7	9	0	5	7	9
Таджикистан	114,8	117,7	123,5	133,9	100	112,7	116,4	124,4
Пикассо	111,1	135,4	159,2	179,1	100	122,4	155,4	173,8

Из полученных результатов можно заключить следующее: у устойчивых и продуктивных сортов наблюдается относительно низкая потеря воды, что характеризует толерантность этого сорта к стрессу. По мере увеличения водного дефицита у них наблюдалась небольшая скрученность листьев, являющаяся морфологическим признаком адаптивности к стрессу и, несомненно, этот признак можно использовать, как визуальный признак индикатора устойчивости.

Под воздействием водного дефицита, активность ГР и АскП изменялось по-разному, у испытываемых генотипов (сортов). Показатели активности ГР и АскП в листьях картофеля сорта Таджикистан, при усилении засухи, возрастали, причем усиление было после 7 и 9 дней засухи, и, наоборот, у неустойчивого сорта Пикассо по мере усиления засухи наблюдалось ингибирование активности этих ферментов.

В связи с этим, следует отметить, что у устойчивого сорта наблюдалась координированная активность ГР и АскП, которое поддерживала степень перекисного окисления липидов (ПОЛ), близкой к контрольным растениям. Такое скоординированное усиление этой ферментной активности поддерживало незначительное накопление МДА в условиях засухи, особенно на первых этапах (5,7 дневной засухи) и при дальнейшем усилении засухи (9 дней), незначительное снижение ферментной активности спровоцировало усиление МДА, хотя и в незначительном количестве.

Уменьшение активности ГР и АскП в листьях у неустойчивого сорта Пикассо сопровождалось накоплением МДА по мере возрастания засухи, что указывает на снижение у неустойчивых растений аскорбат / глутатионового цикла. Очевидно, снижение функции этих ферментов, особенно АскП, может являться снижением уровня эндогенного субстрата – аскорбата. Вероятно, в наших опытах у картофеля сорта Таджикистан механизмы защиты от действия стрессора – водного дефицита отличались от таковых у сорта Пикассо. Можно отметить, что усиление ПОЛ возможно спровоцировано также нехваткой α – токоферола у неустойчивых сортов. Эти результаты могут быть в дальнейшем использованы в селекционном процессе для получения растений (сортов), с признаками сочетания засухоустойчивости и высокопродуктивности. Сорта, которые исследовали в нашей работе характеризовались разной степенью устойчивостью к засухе и разной продуктивностью, что представляет интерес для изучения физиолого-биохимических особенностей устойчивости и

продуктивности, что можно использовать для создания критерий оценки устойчивости и продуктивности не только к засухе, но и другим стрессорам, особенно в условиях глобального изменения климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киемова З.С., Давлятназарова З.Б., Ашуров С.Х., Алиев К. Активность супероксиддисмутазы у разнотолерантных растений-регенерантов картофеля в условиях солевого стресса. Известия АН РТ. Отд. биол. и мед. наук. 2013, №1, с. 40-45.
2. З.Б. Давлятназарова, З.С. Киемова, М. Шукурова и др. Биохимические аспекты устойчивости разнотолерантных генотипов картофеля к солевому стрессу/ Известия Ан РТ. Отд. биол. и мед. наук. –Душанбе, 2012. - №3.- с. 43-49.
3. Киемова З.С. Автореферат дисс. к.б.н., Душанбе, 2013. 22с.
4. Мерзляк М.Н. 1999. Активированный кислород и жизнедеятельность растений. Соросовский образовательный журнал. №9: с.20-26.
5. Козел Н.В., Шалыго Н.В. Антиоксидантная система листьев ячменя при фотоокислительном стрессе, индуцированном бенгальским розовым. Физиология растений. 2009. Т. 56. №3. С.351-358.
6. Активность нейтрализующих пероксид водорода Ферментов при низкотемпературном закаливании растений картофеля, трансформированного геном *desA* A12-АЦИЛ-липидной денатуранты. Физиология растений. 2018. Т.65. №5. С.340-347.
7. Методы оценки антиоксидантного статуса растений. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012.-72 с.

LITERATURE

1. Kiyomova Z.S., Davlatnazarova Z.B., Ashurova S.Kh., Aliev K. Superoxide dismutase activity in multi-tolerant potato regenerant plants under conditions of salt stress. Academy science of Tajikistan. Department of Biology – Dushanbe, 2013. -№3.-P. 43-49.
2. Davlatnazarova Z.B., Kiyomova Z.S., Shukurova M and others. Biochemical aspects of resistance of potato genotypes of different tolerance to salt stress. Academy science of Tajikistan. Department of biology – Dushanbe, 2012
3. Kiyomova Z.S. Author' K.B.N., Dushanbe, 2013. 22p.
4. Merziyak M.N, 1999. Activated oxygen and plant life. Soros educational journal. №9.P. 20-26
5. Kozel.N.V. Shaligo N.V. Antioxidant system of barley leaves under Bengal rosea – induced photooxidative stress. Plant physiology. 2009. T.56.№3 p.351-358.
6. Activity of enzymes neutralizing hydrogen peroxide during low temperature hardening of potato plants transformed with the *desA* – 12 . Plant physiology. 2018.T.65.№5 p.340-347.
7. Methods for assessing the antioxidant status of plants. Yekaterinburg.Ural University publishing house . 2012-72p.