

УДК 57.026  
ББК 28.58

**ТОЛЕРАНТНОСТЬ  
ОЗДОРОВЛЕННЫХ СОРТОВ  
КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТРЕССОВ**

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

**ТОЛЕРАНТНОСТИ  
(ТОБОВАРИИ) НАВЪҶОИ  
СОЛИМГАРДОНИДАШУДАИ  
КАРТОШКА ДАР ШАРОИТИ  
СТРЕСҶОИ ЭКОЛОҶИ**

**Сабуров Бахтиёр Мухидинович** – докторант Института ботаника, физиология ва генетикаи растаниҳои Академияи Миллии илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон, номзади илмҳои кишоварзӣ, дотсенти кафедраи биология ва методикаи таълими он Муассисаи Давлатии Таълимии “Донишгоҳи Давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, e-mail: [saburovbahtiyor@gmail.com](mailto:saburovbahtiyor@gmail.com)

**Гафурова Парвина Зиёевна** – магистранти курси якуми факултети биология ва химия, ихтисоси “биология” Муассисаи Давлатии Таълимии “Донишгоҳи Давлатии Хуҷанд ба номи академик Б. Гафуров”, e-mail; [gafurova.parvina@gmail.com](mailto:gafurova.parvina@gmail.com)

**TOLERANCE OF HEALTHY  
POTAO VARIETIES UNDER  
ENVIRONMENTAL STRESS**

**Saburov Bahktiyor Muhidinovich** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Biology and its Teaching Methods Department of Biology and Chemistry Kh.S.U named after acad. B.Gafurov, e-mail: [saburovbahtiyor@gmail.com](mailto:saburovbahtiyor@gmail.com)

**Parvina Gafurova Ziyoevna** – the First Course of Master Degree Department of the faculty of Biology - Chemistry, Khujand State University, e-mail; [gafurova.parvina@gmail.com](mailto:gafurova.parvina@gmail.com)

**Ключевые слова:** толерантность, сорта картофеля Кардинал, Таджикистан, Пикассо в условиях засухи.

В статье рассматривается одно из важнейших свойств толерантности сортов картофеля Кардинал, Таджикистан, Пикассо в условиях засухи. Приводятся опыты действия засухи на содержание белка, влияние аскорбиновой кислоты на активность СОД на устойчивость на разных сортах картофеля и действие салициловой кислоты на активность антиоксидантных ферментов. Также приводятся опыты по урожайности разночувствительных сортов картофеля в условиях засухи. Результаты опытов в ходе исследования показали, что активность зависит от степени устойчивости и следовательно, определяет уровень урожайности которая особенно проявляется в условиях экстремального стресса – засухи.

**Вожаҳои калидӣ:** толерантноки, намуди картошкаи Кардинал, Тоҷикистон, Пикассо дар шароити хушкӣ.

Дар мақолаи мазкур хусусиятҳои муҳими зироати картошка, яъне толерантнокии навъҳои он: Кардинал, Тоҷикистон, Пикассо дар шароити стресси хушкӣ (танқиси обӣ) омӯхта шудааст. Таҷрибаҳои таъсири хушкӣ ба мавҷудияти сафеда, таъсири кислотаи аскарбинӣ ба фаъолияти ферментӣ, нисбати

таъсири хушкӣ (танқисии обӣ) ба мавҷудияти сафеда дар таркиби навъҳои картошка, таъсири кислотаи аскарбин ба фаъолияти супероксидсмутаза (СОД) ба устувории навъҳои гуногуни картошка ва таъсири кислотаи салитсиловӣ ба фаъолияти ферментҳои муҳофизати антиоксидантӣ муайян карда шуданд. Навъҳои картошка дар шароити стрессии хушкӣ ( танқисии обӣ) аз зинаҳои мутобиқшави вобастагӣ дорад, хусусиятҳои толерантноқӣ ва ҳосилнокии картошкаро дар шароити стрессӣ муайян менамояд, маълум гардид, ки ин хусусияти тобоварӣ яъне толерантноқӣ бо фаъолияти ферментҳои муҳофизати антиоксидантӣ картошка алоқамандӣ дошта дар шароити эксперименталии стрессии хушкӣ (танқисии обӣ) фаъолияти муфиди худро инъикос менамояд.

**Key words:** tolerance types of potato Cardinal Tajikistan Picasso in drought conditions

The article examines one of the most important properties of tolerance of potato varieties: Cardinal, Tajikistan, Picasso in drought conditions. Experiments are presented on the effect of drought on protein content, the effect of ascorbic acid, on the activity of SOD on resistance in different varieties of potatoes, and the effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes. Experiments on the productivity of different varieties of potatoes under drought conditions are presented. The results of the experiments during the study showed that the activity depends on the degree of resistance and, therefore, determines the level of yield and, therefore, which is especially manifested in conditions of extreme stress - drought.

В настоящее время придают большое значение воздействию экстремальных природных факторов на фотосинтетический аппарат и продуктивность растений. Основная причина снижения продуктивности связана с усилением окислительного стресса, продуцирующего активные формы кислорода (АФК). Остается малоизученным влияние засоления на фотосинтетическую активность хлоропластов. Поэтому, целостность мембранных систем в экстремальных условиях имеет ключевое значение в устойчивости и продуктивности растений.

Показано, что в условиях солевого стресса происходит инактивация фотосистемы II (ФСII), в результате чего нарушается акцепторная и донорная ее функции, сопровождающих образование активных форм кислорода. Установлено, что стрессоры (влияние температуры, засухи, засоления) также вызывают нарушение темновых фаз фотосинтеза. Снижение активности Рубиско - основного фермента карбоксилирования в цикле углевода, также приводит к подавлению транспирации электронов на НАДФ.Н и, следовательно, активации переноса электронов на кислород с образованием АФК, провоцирующей окислительные системы, следствием которых являются снижение фотосинтеза и продуктивности растений.

В экспериментах использовали солеустойчивый сорт Таджикистан и неустойчивый стандартный сорт Кардинал. Растения картофеля выращивали в сосудах, и степень засухи регулировали поливом.

Известно, что скорое фотосинтетическое восстановление НАДФ.Н является одним из эффективных показателей активности фотосинтеза. Сравнительные изучения скорости переноса электронов с образованием НАДФ.Н, в условиях засоления в сортах с разным уровнем солеустойчивой, показали существенное отличие у изученных генотипов картофеля (таблица 1).

Таблица 1

Действие засухи на содержание белка и восстановление НАДФ в хлоропластах.

Сорта		мг белка сырой массы	Ингиби – рование, %	МкМоль НАДФ.Н/г сырой массы	Ингиби – рование, %
Кардинал (стандарт)	Контроль	17,4±1,3	100	164±2,7	100
	Опыт 64% ППВ	14,7±1,1	15	71±1,9	57
Таджикис –тан	Контроль	21,2±1,8	100	211±3,1	100
	Опыт 64%ППВ	19,3±1,4	-	93±2,3	9
Пикассо	Контроль	16,3±1,6	100	166±2,2	100

	Опыт 64%ППВ	14,2±1,1	16	104±1,9	37
--	-------------	----------	----	---------	----

Результаты, полученные в ходе исследования, показывают, что в данных по содержанию белка наблюдались наибольшие различия между изученными сортами. При этом незначительным повышенным содержанием общего белка, в условиях засухи отличается от других исследуемых сортов солеустойчивый сорт «Таджикистан».

Наблюдаются значительные различия по уровню образования НАДФ.Н у исследуемых сортов. Эксперименты показали, что в экстремальных условиях (водного дефицита) происходит инактивация работы фотосинтетического аппарата и, следовательно, нарушение сопряженности восстановительных систем.

Поскольку восстановление НАДФ.Н связано с функцией фотосистемы I и II, в условиях водного дефицита должны наблюдаться нарушения в их работе. Данные свидетельствуют о том, что засуха по-разному влияет на работу ФС I и ФС II, причем разность **зависит** от степени устойчивости растений к соли. Отмечены ощутимые различия по уровню образования НАДФ.Н между стандартным сортом Кардинал и сортом Таджикистан. В условиях водного дефицита у устойчивого сорта Таджикистан скорость восстановления НАДФ.Н гораздо выше, чем у неустойчивых сортов (Кардинал, Пикассо).

Эти результаты показывают, что у устойчивых сортов восстановление электронно-транспортных цепей фотосинтеза является более адаптивным к экстремальным условиям, чем у неустойчивых сортов. Это связано, очевидно, с повышением содержания белка и эндогенным содержанием низкомолекулярных антиоксидантов. Одно из них может быть связано, в хлоропластах и в клетке в целом, с накоплением аскорбиновой кислоты, поскольку ей отводится важное значение в поддержке пула антиоксидантов в клетке. Данные таблицы 2 показывают, что аскорбиновая кислота незначительно влияет на фотовосстановление НАДФ у изученных сортов.

Таблица 2.

Влияние аскорбиновой кислоты на скорость восстановления НАДФ у разнотолерантных сортов картофеля

Сорт	Контроль (84%ППВ)	Аскорбиновая кислота 50мМ (84% ПИВ)	Опыт Аскорбиновая кис - лота в присутст -вии (64% ППВ)	Стимули - рование от контроля, %	
Кардинал	91,4±2,2	95±3,1	110,4±3,5	104	121
Таджикистан	111,2±3,8	118±4,4	141,5±3,8	106	127
Пикассо	88,3±3,1	90,2±3,1	114.4±3.3	102	129

Этот показатель в норме у сорта Таджикистан, но в условиях стресса (водного дефицита) аскорбиновая кислота значительно выше НАДФ в хлоропластах. Уровень фотовосстановления НАДФ значительно выше у солеустойчивого сорта Таджикистан, по сравнению с сортами «Кардинал» и «Пикассо» при наличии водного дефицита.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что генотипы с признаком устойчивости обладают, очевидно, повышенной способностью к фотосинтетическому *восстановлению* НАДФ, чем неустойчивые, и при отборе устойчивых генотипов этот признак играет важную роль. Одним из главных компонентов устойчивого функционирования физиологических процессов является активность фермента супероксиддисмутазы (СОД). Исследования показали, что активность СОД между исследуемыми сортами неодинакова (таблица 3)

Таблица 3.

Влияние засухи, засоления на активность СОД в листьях разных по устойчивости сортов картофеля

Сорта	Активность СОД, мкг/г сырой массы		
	Контроль(84%ППВ)	Опыт(64% ППВ)	% от стандарта
Кардинал(стандарт)	17,4 ± 1,3	13,3 ±1,1	100
Таджикистан	28,2 ± 4,3	32,4 ±3.8	243
Пикассо	16,3 ± 1,5	12,8 ± 1,2	100

Как видно из данных, активность СОД в норме у изученных сортов картофеля, практически одинакова у неустойчивых к засухе сортов «Кардинал», «Пикассо», солеустойчивый же сорт «Таджикистан» значительно превосходит другие сорта по активности СОД. В условиях водного дефицита наблюдается незначительное падение активности СОД у неустойчивых сортов (Кардинал, Пикассо). Но в условиях засоления активность СОД значительно повышается у солеустойчивого генотипа - сорта Таджикистан. В связи с этим, можно сделать выводы о том, что листья растений сорта Таджикистан, в отличие от сортов Кардинал и Пикассо, более эффективно противостояли накоплению активной формы кислорода (АФК) благодаря высокой активности фермента СОД, а также эндогенному содержанию аскорбиновой кислоты.

Измерение фотосинтеза растений, выращенных в условиях поля, указало, что в норме между сортами существенных различий не обнаружено (таблица 4). Однако, при наличии стрессорных факторов происходит переориентация функции хлоропластов У неустойчивых сортов «Кардинал» и «Пикассо» наблюдается значительное подавление фотосинтетической функции листа. Уровень падения составляет 45-52%. Но у устойчивого сорта Таджикистан фотосинтетическая активность, как в контрольном, так и опытном варианте практически одинакова.

Таблица 4.

Активность фотосинтеза листьев у разночувствительных к стрессу растений картофеля в фазе бутонизации при засухе

Сорта	MgCO <sub>2</sub> /дм <sup>2</sup>		
	Контроль (84%ППВ)	Опыт (64%ППВ)	Ингибирование,%
Кардинал (стандарт)	33,4±2,1	18,1±2,2	45
Таджикистан	35,4±2,8	34,2±2,4	3
Пикассо	34,8±2,2	16,6±2,4	52

Эти результаты свидетельствуют о том, что устойчивый сорт сохраняет в условиях водного дефицита высокую фотосинтетическую активность, чем неустойчивые сорта. Такая разница между сортами, устойчивыми и неустойчивыми, может быть связана с функцией ферредоксин-НАДФ-редуктазы, играющей ключевую роль в акцептировании водорода в условиях стресса, которая проявляется у устойчивого к условиям стресса сорта.

Такие же результаты получили при использовании препарата фенольного происхождения салициловой кислоты (СК) на активность антиоксидантных ферментов (СОД, АПО, Каталаза) (таблица 5).

Действие салициловой кистоты (СК) на активность антиоксидантных ферментов у растений картофеля

Концентрация СК, мМ	СОД, единица активности	АПО, мкмоль/г сирой массы	Каталаза, мкмоль/г сирой массы
Контроль	58,8±2,0	0,27±0,02	65,5±2,2
0,03	57,4±2,8	0,37±0,03	46,5±2,4
0,15	60,2±2,3	0,44±0,03	48,2±5,3
0,20	66,5±2,7	0,18±0,03	45,1±5,7
0,30	73,3±2,9	0,16±0,04	46,4±1,3
0,35	79,4±3,3	0,18±0,04	18,3±1,1

Нами изучалось влияние салициловой кислоты на проявление антиоксидантных ферментов (АПО, СОД и каталаза), с целью определения их значения при обработке растений СК.

В поставленном опыте мы использовали СК в концентрации, инициирующей синтез белков, синтез РНК и ПОЛ. Из полученных данных, следует, что СК в низкой концентрации (0.03мМ) не влияет на фермент, где наблюдалось постепенное повышение активности СОД от 4-26%, в сравнении с вариантом контроля с повышенной концентрацией салициловой кислоты. Эти данные в поведении фермента соотносятся с данными, которые мы получили ранее, где мы указали на наличие пула СОД в хлоропластах растений.

При низких концентрациях СК (от 0.03 до 0.15 мМ), также наблюдалось повышение активности другого фермента — АПО, на приблизительно 27% от контроля. Активность фермента ингибируется из-за повышенной концентрации салициловой кислоты. При изменениях концентрации СК от 0.03 до 0.3 мМ, показатели активности каталазы имели незначительные изменения и снижались на 26-300/., от контроля. Так, низкая концентрация салициловой кислоты мало отражалась на активности каталазы, однако ее повышение до 0.35 мМ, приводило к подавлению активности каталазы почти в 4 раза, по сравнению с контролем. В связи с проведенными по снижению анализами, можно предположить о неоднозначном влиянии салициловой кислоты на антиокислительную систему клетки растений.

**Проявление** влияния салициловой кислоты зависит от ряда факторов, которые регулируют транскрипционное-трансляционную **активность** генов АПО, каталазы и сод. к примеру, низкая концентрация СК способствовала увеличению содержания РНК и белков, а ее высокая концентрация приводила к понижению содержания белка при повышенном РНК. Также концентрация СК сказывалась на содержании малонового диальдегида (МДА) и перекиси водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), так ее низкие концентрации способствовали их снижению и, наоборот, повышение салициловой кислоты вело к их повышенному содержанию.

Результаты опытов указали, что салициловую кислоту можно считать внутриклеточным регулятором фенольной природы, способной уменьшить негативное воздействие как солевого, так и других стрессовых факторов, путем стимулирования экспрессии стрессовых генов и накоплением ферментов антиокислительных систем. При этом неоднозначное влияние СК, указывает на специфичность экспрессии ферментов при негативном воздействии внешних факторов. По всей видимости, высокие концентрации салициловой кислоты проявляются как ингибиторы синтеза и активности ферментов АПО и каталазы, с этим связано повышенное содержание МДА и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> при высокой концентрации СК. В свою очередь, наблюдается слабая реакция другого антиокислительного фермента - СОД на концентрацию СК, что указывает на устойчивость СОД и её функциональную активность. Это, по-видимому, зависит от наличия большого пула, в сравнении с другими антиокислительными ферментами.

По результатам опытов отмечено, что повышенная концентрация СК в клетке ведет к увеличению содержания H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в растениях, так как действие салициловой кислоты проявилось в

индицировании синтеза некоторых стрессовых белков, т. е в ингибировании ферментов, таких как АПО и каталазы

Таким образом, СК наряду с индицированием синтеза ряда стрессовых белков, является ингибитором ферментов АПО и каталазы. В нашей работе наличие высокой концентрации СК вело к ингибированию содержания в клетке общего белка при повышенном - РНК (транскрипторов). Этот процесс сопровождался стабильным повышением содержания  $H_2O_2$  и усилением СК окислительного повреждения. Анализ результатов показывает на связь между окислительной поврежденностью белков и снижением посттранскрипционной активности, что в свою очередь ведет к уменьшению содержания стрессовых ферментов. Таким образом, действие салициловой кислоты в высоких концентрациях играет важную роль в отношении подавления синтеза белков, и могут рассматриваться, как инструменты в регулировании обратных реакций растений на стрессорные воздействия, что предполагает более углубленного изучения.

Представляет интерес определение показателей урожайности растений картофеля при наличии водного дефицита (засухи). Данные по продуктивности суммированы в таблице 6.

Таблица 6.

Урожайность разночувствительных сортов картофеля в условиях засухи

Сорта	Количество клубней/ растений, шт.		Продуктивность г/куст		% Уменьшение от контроля
	Контроль (84%ПВ)	Опыт (64%ПВ)	Котроль (84%ПВ)	Опыт (64% ПВ)	
Кардинал (стандарт)	5,2±0,3	5,1±0,3	334±17	224±12	37
Таджикистан	7,7±0,6	7,8±0,6	414±28	408±23	3
Пикассо	4,8±0,4	3,4±0,2	383±27	202±18	52

Как видно из данных, по урожайности, между сортами имеются определенные различия. В контрольном варианте опытов, по количеству клубней имеются существенные различия между сортами. Наибольшая масса клубней на растение имеет место у солеустойчивого сорта, «Таджикистан» (в среднем 7,7 шт. клубней на растение). Между сортами «Кардинал» и «Пикассо» существенных различий по этим показателям урожайности не наблюдается. В условиях засухи наблюдается значительное подавление урожайности по различным параметрам среди устойчивых и неустойчивых сортов. У неустойчивых сортов происходит значительное подавление урожайности и по количеству клубней на растение, и по общей клубневой массе. Процент подавления урожайности у сорта «Кардинал» (стандартный) составлял 37%, у сорта «Пикассо» - 53%, а у сорта «Таджикистан» процент падения составлял всего 3%. Устойчивый сорт «Таджикистан» в условиях засухи сохраняет урожайность на уровне контрольного варианта. Количество клубней, в среднем, составляет 7,8 шт. на растение, масса клубней практически на уровне контроля. В контроле, в среднем, - 414 г/растение, а в условиях засухи, в среднем, - 408 г/растение.

В связи с этим, результаты, полученные в ходе исследования, дают основание утверждать, что активность фотосинтетической функции растений зависит от степени устойчивости и, следовательно, определяет уровень урожайности, которая особенно проявляется в условиях экстремального воздействия стресса - засухи. Скорость фото - восстановления НАДФ+ в хлоропластах может служить физиологическим тестом устойчивости продуктивности растений картофеля в условиях экологических стрессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Салимов А.Ф. Физиологические основы продуктивности оздоровленного картофеля в Таджикистане/ А.Ф. Салимов. М Душанбе: ТАУ, 2007. 104 с.
2. Сафиуллина Г.Ф. Приёмы ускоренного размножения оздоровлен инога материала, повышающие эффективность семеноводства картофеля в условиях Республики Татарстан: автореф. дис...канд. с.-х.. наук/ Г.Ф. Сафиуллина. - Москва, 2006.-21с.
3. Симаков Е.А. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном

- семеноводстве картофеля (рекомендации)/ Е.А.Симаков, А.И.Усков, Ю.А.Варицев и др.-М.,2000.-79 с.
4. Тарчевский И.А. Метобализм растений при стрессе/ И.А. Тарчевский // Избранные труды / Под.ред.Гречкина А.Н.- Казань:ФЭН.- 2001.-44с.
  5. Трофимец Л.Н. Биотехнологические методы получения и оценка оздоровленного картофеля/ Л.Н. Трофимец. -М.: Агропромиздат.-1988.- 35с.
  6. Трофимец Л.Н. Развитие биотехнологии в картофелеводстве// Селекция, семеноводство и биотехнология картофеля/ Л.Н. Трофимец. -М.:Агропромиздат.- 1989.-С. 106-112.'
  7. Трофимец Л.Н. Биотехнология в семеноводстве/ Л.Н. Трофимец. //В сб.: Биотехнология в семеноводстве.- М.: Агропромиздат. 1991.- С.3-12.
  8. Фотосинтез, рост и развитие картофеля Миранда / [Н.П. Воскресенская, И.С. Дроздова, Н.П. Аксенова и др.] // Регуляция роста и развития картофеля; под. Ред. Чайлахян М.Х., Мокроносова А.Т. -М.: Наука. 1990. - С.20-29.

#### LITERATURE

1. Salimov productivity of healthy potatoes in Tajikistan / AF, Salimov. M Dushanbe: TAU, 2007. 104 p.
2. Safiullina G.F. Methods of accelerated reproduction of a different material that improves the efficiency of potato seed production in the conditions of the Republic of Tatarstan: author. dis ... cand. from. x .. sciences / G.F. Safiullina. - Moscow, 2006. 21p.
3. Simakov E.A. New technologies for the production of healthier source material of potato seed growing elite. (recommendations)) Е.А.Симаков, А.И.Усков, Ю.А. Варитсев and others - М.2000.-79 p.
4. Tarchevsky I.A. Plant metabolism under stress / I.A. Tarchevsky P Selected Works / Ed. Grechkina A.N. - Kazan: FEN-2001 -44p.
5. Trofimets L.N.Biotechnological methods of obtaining and evaluating healthy potatoes! Trofimets. M.Agropromizdat.-1988.-35p.
6. Trofimey L.N. Development of biotechnology in potato production / Potato breeding, seed production and biotechnology/ L.N. Trofimets. -М.: Агропромиздат.-1989.-P. 106-112.
7. Trofimets L.N. Biotechnology in seed production / L.N. Trofimets. / In collection:Biotechnology in seed production.- М.: Агропромиздат. 1991.- P.3-12.
8. Photosynthesis, growth and development of potatoes Miranda / [N.P. Voskresenskaya, I.S. Drozfova, N.P. Aksenova and others] 1 / Regulation of the growth and development of potatoes; under. Ed. Chailakhyan M.Kh., Mokronosova A.T. -М.: Science. 1990.-P. 20-29.