

## ДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА АНТИОКСИДАНТУЮ СИСТЕМУ У ГЕНОТИПОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ

З.С. Киёмова<sup>1</sup>, С.Ф. Караев<sup>1</sup>, Н.Н. Назарова<sup>2</sup>, Н. Норкулов<sup>2</sup>, К.А. Алиев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таджикский национальный университет, Душанбе, Республика Таджикистан, *Venera\_2002@mail.ru*

<sup>2</sup>Институт ботаники, физиологии и генетики растений Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Республика Таджикистан, *Lab.gen@mail.ru*

**Аннотация.** Определение активности фермента супероксиддисмутазы (СОД) показало, что у разных по солеустойчивости сортов на фоне 0,5% и 1% NaCl при добавлении ПБ (50 мкг/л) в условиях *in vitro* усиливал пропорционально от концентрации соли. Разработана новая среда для микроклубнеобразования сорта «Таджикистан» культивирования *in vitro*, который не сформировал клубни в стандартных условиях.

**Ключевые слова:** картофель, стресс, засоление, регулятор роста, антиоксиданты, микроклубни *in vitro*

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-1264-1267

Паклобутразол ((2RS, 3RS)-1-(4-хлорфенил)-4,4-диметил-(1, 2, 4-триазол)-пентан-3-ол) (ПБ) является триазольным регулятором роста растений. Показано, что триазол, катализируя в растениях микросомальные окислительные реакции, ингибирует биосинтез гиббереллиновой кислоты (ГК) и катаболизм абсцизовой кислоты (АБК) [Abou et al., 1997]. ПБ, блокируя биосинтез ГК, ингибирует рост растений [Шукурова и др., 2010; Fletcher et al., 2000]. Вместе с тем, несмотря на мультипротекторные свойства, ПБ, следовательно, имеет способность контролировать абиотические стрессы. Экспериментальные данные о влиянии ПБ на физиолого-биохимические процессы у картофеля в системе *in vitro* не многочисленны. Целью данной работы являлось изучение реакции разнотолерантных растений картофеля на засоление и возможности повышения их устойчивости путем добавления ПБ в культуральную среду в условиях *in vitro*, а также разработка условий микроклубнеобразования новых сортов картофеля.

Объектом исследования служили широко распространенный в Таджикистане сорт «Пикассо» (не устойчивый к NaCl) и гибрид картофеля (397077.16), полученный из Международного Центра Картофеля (Перу, Лима) и отобранный нами путем скрининга на устойчивость к хлористому натрию. Впоследствии клон-гибрид (Cip 397077.16), устойчивый к NaCl, получил название сорт «Файзабад» и клон-гибрид сорт «Таджикистан».

Активность супероксиддисмутазы (СОД) определяли по методу [Guannopolitis, Ries, 1977] с модификацией, с использованием индикаторной ловушки нитросиний тетразолием (НТС), который переходит в свою восстановленную форму – формазан, имеющий интенсивное сине-фиолетовое окрашивание.

Растения обоих вариантов размножали клонированием *in vitro* на среде Мурасиге и Скуга (МС) [Murashige, Skoog, 1962], содержащей витамины, агар, сахарозу [Методические рек. ..., 1985]. Растения культивировали при +20...+22 °С и 16-часовом освещении люминесцентными лампами белого цвета (4000 люкс).

В эксперименте использовали одноузловые черенки с одним листом, которые высаживали на среду МС, содержащую 2% сахарозу и разные концентрации ПБ (25; 50; 75 мкг/л) в зависимости от задач опыта, с добавлением различной концентрации кинетина и 1-нафтилуксусной кислоты (НУК). Для сорта «Таджикистан» дополнительно использовали новую культивирующую среду с повышением концентрации цитокинина, абсизивую кислоту и 7% сахарозы. Растения

культивировали в течение 28 дней, в обычном режиме культивирования *in vitro*. После этого часть растений переносили в режим клубнеобразования (культивировали в течение 70 дней при температуре +18-22 °С, при 10-часовом освещении).

Нами были проведены эксперименты по действию ПБ на фермент окислительного стресса – супероксиддисмутазу (СОД). Как видно из табл. 1, активность СОД у солеустойчивого сорта «Файзабад» была примерно в 1,5 раза, а у сорта «Таджикистан» в 2,0 раза выше, чем у солечувствительного сорта «Пикассо». Активность СОД у всех сортов на фоне 0,5% и 1% NaCl и при добавлении ПБ (50 мкг/л) в культуральную среду выращивания увеличивалась у всех исследованных сортов, активность СОД на фоне NaCl в культивируемой среде была несколько ниже, чем при концентрации ПБ – 50 мкг/л.

Таблица 1.

**Действие ингибиторов роста на активность супероксиддисмутазы  
(ед. активности /г сырой массы)**

Сорт Файзабад		
	активность	% от контроля
контроль (без NaCl и без ПБ)	6,45±2,20	100
контроль (0,5% NaCl без ПБ)	8,04±2,17	125
контроль 1% NaCl без ПБ	9,12±2,34	141
Опыт 0,5% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	10,56±2,44	164
Опыт 1% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	11,12±2,56	173
Сорт Пикассо		
контроль (без NaCl и без ПБ)	4,52±1,11	100
контроль 0,5% NaCl без ПБ	6,02±1,32	133
контроль 1% NaCl без ПБ	7,12±1,69	157
Опыт 0,5% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	8,08±2,46	178
Опыт 1% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	9,17±2,52	203
Сорт Таджикистан		
контроль (без NaCl и без ПБ)	8,80±2,72	100
контроль 0,5% NaCl без ПБ	10,11±2,74	115
контроль 1% NaCl без ПБ	11,75±2,88	134
Опыт 0,5% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	13,46±2,76	153
Опыт 1% NaCl+ПБ (50 мкг/л)	14,78±2,91	168

Уровень активности СОД у солеустойчивых сортов «Файзабад», «Таджикистан» был гораздо выше, чем у солечувствительного сорта «Пикассо». Но относительное увеличение активности СОД на фоне ПБ у всех генотипов составляло от 125 до 300%. На фоне засолении ПБ усиливал общую активность СОД, наиболее у сорта «Таджикистан», чем у сорта «Пикассо». Эти данные свидетельствуют о наличии факторов повышения солеустойчивости, которые были выявлены при действии ПБ, возможно, связаны с усилением активности СОД, как протекторной системы окислительного стресса. Но в процентном отношении солечувствительный сорт «Пикассо» на фоне засолении и ПБ имел наивысшее усиления, чем устойчивые сорта.

Как видно из табл. 2, использование регулятора ростовых процессов – ПБ привело к возрастанию средней массы микроклубней примерно в 2,5 раза по сравнению с контрольным вариантом, солевосприимчивым сортом «Пикассо». Следует отметить, что ПБ практически не влиял на образование общего количества микроклубней и количество клубней на растение, небольшая разница статистически не достоверна. Такие же результаты были получены с солеустойчивым сортом «Файзабад». У этого сорта масса одного микроклубня при добавлении в среду культивирования ПБ

доходила до 740 мг против контроля (без ПБ) – 410 мг. Особо необходимо отметить, что сорт «Таджикистан» в стандартных условиях клубнеобразования (1,0 мг/л кинетин, 5% сахарозы) практически не сформировал клубни *in vitro*. Но при изменении соотношения кинетина и сахарозы в культивируемой среде был получен достаточно достоверный результат. В этих условиях и на среде, содержащий 1,5 мг/г кинетина, 7% сахарозы и 0,2 мг/г АБК, сорт «Таджикистан» сформировал в среднем 1,7 шт. клубней на растение. Если при стандартных условиях масса одного клубня составляет 78 мг, то при увеличении концентрации кинетина – 1,5 мг/л, 0,2 мг/л АБК и сахарозы 7%, –масса одного клубня была значительно выше (264 мг), т.е. в три раза. Таким образом, нам удалось разработать новую среду для клубнеобразований сорта «Таджикистан» в условиях *in vitro*.

Итак, ПБ оказывает стимулирующее влияние на укрупнение образующихся в культуре *in vitro* микроклубней. Это может быть связано с ингибированием биосинтеза гиббереллина и метаболизации АБК и других гормонов (цитокинины), посредством добавления в среду культивирования ПБ. Более того, ПБ не только стимулирует нарастание массы микроклубней *in vitro*, но и повышает устойчивость растений к солевому стрессу. Но разные генотипы картофеля по-разному реагируют на солевой стресс, что, по-видимому, зависит от функционирования антиоксидантных систем растений.

Таблица 2.

Действие регулятора роста на микроклубнеобразование картофеля *in vitro*

Варианты	Количество пробирочных растений, шт.	Общее количество микроклубней, шт.	Общая масса клубней, г	Средняя масса 1 клубня, г	Количество клубней/растений, шт.
Сорт Пикассо					
Контроль (МС без ПБ)	76	92	17,03	370±0,4	1,2±0,1
Опыт (МС+ПБ (50 мкг/л))	62	103	32,3	801±0,7	1,6±0,2
Опыт (МС+ПБ (75 мкг/л))	72	93	21,5	0,365±0,4	1,3±0,1
Сорт Файзабад					
Контроль (МС без ПБ)	84	112	18,25	410±5	1,3±0,2
Опыт (МС+50 мкг/л ПБ)	92	108	38,47	740±8	1,4±0,2
Опыт (МС+75 мкг/л ПБ)	84	108	23,3	403±4	2,8±0,2
Сорт Таджикистан					
Контроль (стандартная среда МС без ПБ) + 1,0 мл/л кинетин + 5% сахароза	50	0	0	0	0
Опыт (50 мкг/л ПБ+1 мг/л кинетин+ 5,0% сахароза)	50	0	0	0	0
Опыт (50 мкг/л ПБ+1,5 мг/л кинетин + 0,2 мг/л АБК +7% сахароза)	50	87	23,4	269±5	1,74±0,2

Механизмы устойчивости могут быть связаны с функционированием ферментов антиоксидантных систем растений, а также накоплением свободного пролина [Шукурова и др., 2010]. На самом деле ПБ повышает активность СОД у всех генотипов, но у устойчивого сорта она была больше, чем у солевопримчивого генотипа картофеля. В условиях солевого стресса у изученных генотипов активность СОД

усиливается по разному, а добавление регулятора роста усиливает активности фермента у сорта «Файзабад» и «Таджикистан» на 170%, а у солечувствительного сорта «Пикассо» на 200%.

Механизм повышения солеустойчивости, вызванный ПБ, может быть подобен механизмам физиологических систем солеустойчивости растений. ПБ способен повысить солеустойчивость даже у солевоприимчивых генотипов картофеля, но в меньшей степени, чем повреждения, вызванные солевым стрессом. Во всех вариантах на фоне соли ПБ усиливал активность СОД.

Концентрация ПБ в 50 мкг/л является оптимальной для удвоенного повышения массы микроклубней в условиях *in vitro*, что имеет практическое значение для получения оздоровленного первичного семенного материала. Возможно, его использование в полевых условиях повысит устойчивость растений к стрессовым воздействиям и урожайность. Выявление особенностей функционирования антиоксидантной системы у разных по устойчивости растений в условиях стрессовых воздействий требует проведение дальнейших исследований.

#### Литература

Шукурова М.Х., Назарова Н.Н., Давлятназарова З.Б., Азимов М.А., Карло К., Алиев К. Активность антиоксидантных ферментов растений картофеля в условиях солевого стресса в зависимости от формы азота в среде *in vitro* // Известия АН РТ. – 2010. – № 2. – С. 37–48.

Abou E.L., Khashab A.M., EL-Sammak A.F., Elaidy A.A., Saloma M.J. Paclobutrazol reduces some negative effect of stress in peach // J. Am. Soc. Hortic. Sci. – 1997. – V. 122. – P. 43–46.

Fletcher R., Jilley A., Davis T.D., Sanklna N. Triazoles as plants growth regulators and stress hrotectants // Hortic. Rev. – 2000. – No. 24. – P. 130–138.

Guannopolitis C.N., Ries S.K. Superoxide dismutase's occurrence in higher plants // Plant physiol. – 1977. – V. 59, No. 2. – P. 309–314.

Murashige T., Skoog F.A. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. – 1962. – V. 21. – P.473–497.

## EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN POTATO GENOTYPES IN THE CONDITIONS OF SALINIZATION

Z.S. Qiymova<sup>1</sup>, S.F. Karaev<sup>1</sup>, N.N. Nazarova<sup>2</sup>, N. Norqulov<sup>2</sup>, K. Aliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tajik National University, Dushanbe, *Venera\_2002@mail.ru*

<sup>2</sup>Institute of botany, plant physiology and genetics of Academy Science of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, *Lab.gen@mail.ru*

**Abstract.** Determination of the activity of the superoxide dismutase enzyme (SOD) showed that in different varieties of salt tolerance on the background of 0.5% and 1% NaCl during the addition of PB (50 µg / l) under *in vitro* conditions, increased proportionally to the salt concentration. It was developed a new medium for microtuber formation of the cultivar "Tajikistan" *in vitro*, which did not form tubers under standard conditions.

**Keywords:** *potato, stress, salinity, growth regulator, antioxidants, microtubers in vitro*