

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАНИЙ ВИТАМИНОВ И ФИТОГОРМОНОВ НА УЛУЧШЕНИЕ РОСТА И МЕТАБОЛИЗМА ТОМАТА ПРИ ЗАСОЛЕНИИ

Смашевский Н.Д.

*Астраханский государственный университет, Астрахань,
e-mail: Smashevsky@yandex.ru*

Замачивание семян и опрыскивание вегетирующих растений томата растворами сочетаний витаминов: пантотеновая кислота–тиамин и фитогормонов: цитокинин–гибберелловая кислота, и совместным их сочетанием снижает токсическое действие хлоридного засоления, повышая всхожесть семян, рост проростков, стебля, размеры листьев, интенсивность фотосинтеза и накопление общего белка. Наиболее эффективно во всех случаях комплексное сочетание витаминов с фитогормонами.

Ключевые слова: томат, хлоридное засоление, витамины, фитогормоны, прорастание семян, рост проростков, фотосинтез, общий белок

Засоление всё чаще начинает признаваться как фактор, лимитирующий продуктивность сельскохозяйственных культур. Страдание растений от засоления носит комплексный характер. При засолении снижается активность нуклеиновых кислот, нарушается азотный обмен, приводит к распаду белков и подавляется их синтез, связанного с нарушением синтетических процессов [4, 9, 13], и гормонального баланса корней [6]. В сильной степени страдает фотосинтетический аппарат от снижения содержания хлорофилла и подавления интенсивности фотосинтеза, вплоть до полного блокирования [1, 5, 10]. Одной из мер борьбы с вредным действием засоления может служить закаливание растений к засолению предпосевной обработкой семян или вегетирующих растений стимуляторами роста и метаболических процессов. Так отмечены факты снижения вредного действия солевого стресса обработкой фитогормонами 6-БАП, ГК, ИУК [10, 15, 16]. Потенциальными инактиваторами солевого стресса, по нашему мнению, могут служить и витамины группы В, которые являются эндогенными регуляторами метаболизма, что может быть основой для снижения негативного действия солевого стресса на этот процесс. Сведений в изученной нами литерату-

ре о характере действия витаминов при засолении не обнаружено. В связи с этим данные исследования были посвящены изучению влияния сочетаний витаминов и фитогормонов на улучшение ростовых и метаболических процессов растений томатов при солевом стрессе.

Методика исследований

В качестве объекта исследования служил томат *Lycopersicon esculentum* сорта Волгоградский 5/95. Всхожесть семян и рост проростков изучали на солевых растворах, в которых проращивали семена, предварительно замоченные в течение 12 ч в растворах витаминов и фитогормонов в следующих вариантах:

1. Пантотеновая кислота (ПК) + тиамин (Ти), в концентрации 20 и 40 мг/л, соответственно.
2. Гибберелловая кислота (ГК) + цитокинин (ЦТК), в концентрации 20 и 2 мг/л.
3. ПК + Ти + ГК + ЦТК, в тех же концентрациях.
4. Контроль, дистиллированная вода. Проращивание проводили в термостате в чашках Петри.

Действие засоления на всхожесть семян и рост проростков испытывали в солевых растворах NaCl с осмотическим потенциа-

лом 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 атм. Влияние обработки сочетаниями витаминов и фитогормонов на рост и метаболические процессы вегетирующих растений в условиях засоления изучали в водной культуре на среде Хогланда в стеклянных сосудах объемом 0,7 л, которая была засолена как фон во всех вариантах и контроле NaCl до осмотического потенциала 0,4 атм. В сосуды высаживали по 3 одинаковых по размеру 16-дневных проростка, выращенных из замоченных семян в растворах витаминов и фитогормонов и пророщенных в прокаленном песке, смоченном дистиллированной водой. Растения выращивали при искусственном освещении лампой ДРЛ-250. Повторность 3-х кратная. В период вегетации растения опрыскивали растворами, аналогичных вариантам замачивания семян, в фазу 3-х и 6-ти настоящих листьев. Рост побегов и листьев определяли измерением линейных размеров стебля и длину концевой доли каждого листа в 70-суточном возрасте после высадки в сосуды. Содержание хлорофилла определяли в 3-ем листе книзу от точки роста, в спиртовой вытяжке с помощью фотоколориметра

ФЭК-56 М и выражали в мг/г сырого веса, определяемого по калибровочной кривой (3). Продуктивность фотосинтеза определяли на сотые сутки методом мокрого сжигания в хромовой смеси листовых высечек (2) в 4-м листе книзу от точки роста, после экспозиции растений в течение 6 часов на свету, и рассчитывали в мг CO₂ на 1 м² за 1 час. Содержание белка в листьях определяли в конце вегетации на 110 сутки в 3-м листе книзу от точки роста по методу Лоури и выражали в мг/г сырого веса (14). Повторность двукратная каждой повторности вариантов. Достоверность определяли вычислением стандартной ошибки.

Результаты и их обсуждение

Из данных табл. 1 четко видно подавление прорастания семян томата и интенсивности роста органов проростков, корня и побега, адекватно возрастанию степени хлоридного засоления. При осмотическом давлении 0,1 и 0,2 атм. прорастание семян подавлялось незначительно, тогда как при 0,4 атм., прорастание снизилось до 50%, а при 0,8 атм. было полное подавление.

Таблица 1

Влияние степени хлоридного засоления на всхожесть семян и рост проростков томата Волгоградский 5/95

Осмотический потенциал, атм.	Всхожесть, %	Рост проростков, мм	
		Корень	Гипокотиль
0,0	100	68 ± 3,40	63 ± 3,15
0,1	94	38 ± 1,56	23 ± 1,08
0,2	99	33 ± 1,25	10 ± 0,46
0,4	50	20 ± 0,80	7 ± 0,31
0,6	17	4 ± 0,12	5 ± 0,12
0,8	0	0	0

Более чувствительными оказались к засолению развивающиеся органы зародыша. Линейный рост 7-дневных проростков как корня, так и гипокотиля резко снижался уже при 0,1 и 0,2 атм., и подавление корня составило 44 и 52%, а гипокотиля – 65 и 84%, соответственно. При уровне осмотического

потенциала в 0,4 атм., подавляющего прорастание семян на 50%, подавление роста корня составило 68%, а гипокотиля – 81%.

Из результатов проведенного опыта была определена рабочая концентрация солевого раствора для дальнейшего изучения эффекта витаминов и фитогормонов, обе-

спечивающей близкому к 50%-му подавлению роста, равной 0,4 атм. осмотического потенциала раствора NaCl.

Замачивание семян в растворах витаминов и фитогормонов способствовало в разной степени снижению подавляющего действия засоления на рост 7-дневных

проростков томатов. Стимулирование ростовых процессов, как без засоления, так и степень снижения негативного действия засоления для них были различны, каждое из соединений в той или иной степени снижало токсическое действие соли (табл. 2).

Таблица 2

Влияние сочетаний витаминов и фитогормонов на рост проростков томата Волгоградский 5/95 при хлоридном засолении

Вариант	Рост проростков томата, мм					
	Корень			Стебель		
	Осмотический потенциал, атм.					
	0	0,4	0,6	0	0,4	0,6
Контроль	47 ± 0,2	5 ± 0,3	0	41 ± 0,1	3 ± 0,1	0
ПК	51 ± 20	31 ± 1,6	2	42 ± 1,3	11 ± 0,5	1
Ти	41 ± 1,4	26 ± 1,0	3	31 ± 0,8	13 ± 0,6	2
ГК	45 ± 1,1	20 ± 0,6	2	58 ± 2,6	18 ± 0,7	5
ЦТК	48 ± 2,0	35 ± 1,4	7	45 ± 1,7	12 ± 0,5	6

Наиболее эффективна в стимулировании роста без засоления была ПК и ЦТК, с тиамином обнаружилось даже некоторое снижение, а гиббереллин стимулировал только рост стебля. Но как в стимулировании роста без засоления, так и в инактивации солевого стресса были более эффективны ПК и ЦТК, так же значительный эффект показали Ти и ГК. Если наши результаты эффективного нивелирования фитогормонами токсичности засоления согласуются с литературными данными [9 12, 15, 16], то для витаминов этот эффект установлен нами впервые.

Учитывая тот факт, что витамины являются регуляторами биохимических процессов, являясь коферментами сложных ферментов, контролирующих многочисленные реакции обмена веществ, а фитогормоны, в основном, являются специфическими регуляторами роста, то их совместное действие охватывает более широкий спектр физиологических и метаболических процессов растения, в результате чего проявляется их аддитивное действие и синергизм. Это хоро-

шо прослеживается в опытах в водной культуре, при дополнительной обработке сочетанием витаминов и фитогормонов по вегетирующим растениям, в тех же сочетаниях, и вариантах, что и замачивались семена, что видно по росту стебля у 70-дневных растений, которое представлено в табл. 3.

Сочетание двух витаминов и двух фитогормонов показали улучшение роста стебля, особенно при обработке фитогормонами, но самое эффективное влияние оказал комплекс витаминов с фитогормонами: сочетание витаминов снизили вредное действие засоления на 14%, фитогормонов – на 19%, а их совместное сочетание повысило рост, по сравнению с засолением, на 28% томата Волгоградский 5/9 в водной культуре при хлоридном засолении среды

Сочетанное применение витаминов и фитогормонов в условиях засоления весьма благоприятно влияет и на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность фотосинтеза. Обработка растений витаминами и фитогормонами, снимая вредное действие соли на рост стебля, способ-

ствовавали и увеличению числа листьев и их размеров. Наиболее мощные листья формировались при сочетанном применении витаминов совместно с фитогормонами (табл. 4).

Таблица 3

Влияние сочетаний витаминов и фитогормонов на рост стебля томата Волгоградский 5/95 в условиях хлоридного засоления (0,4 атм. NaCl)

Варианты	Высота стебля, см	% стимуляции
Контроль	42 ± 2	0
ПК + Ти	48 ± 2	14,2
ГК + ЦТК	50 ± 2	19,0
ПК + Ти + ГК + ЦТК	54 ± 2	28,6

Таблица 4

Влияние сочетаний витаминов и фитогормонов на формирование листового аппарата томата Волгоградский 5/95 в условиях хлоридного засоления (0,4 атм. NaCl)

Вариант	Длина концевой доли листовой пластинки, мм					
	Лист от базальной части стебля					
	4	5	6	7	8	9
Контроль	87 ± 3	88 ± 3	76 ± 2	32 ± 1	-	-
ПК + Ти	80 ± 3	90 ± 4	103 ± 4	69 ± 2	71 ± 2	38 ± 1
ГК + ЦТК	92 ± 4	88 ± 3	80 ± 2	63 ± 1	50 ± 2	2
ПК+Ти +ГК+ЦТК	94 ± 4	103 ± 4	92 ± 4	80 ± 3	75 ± 2	42 ± 1

Следует отметить тот факт, что при обработке растений сочетанием ГК и ЦТК на 70-тые сутки было отмечено явное ускорение развития растений. В этом варианте отмечено начало цветения растений, тогда как в остальных вариантах растения находились в состоянии вегетативного роста.

Известно, что засоление, особенно хлоридное, тормозит накопление хлорофилла в хлоропластах, что связано с нарушением звеньев метаболизма, нарушением связи пигментов с белковолипидным комплексом (11). Однако в условиях нашего опыта содержание хлорофилла в листьях разных вариантов находилось в пределах ошибки опыта, с тенденцией превышения контроля только в варианте с сочетанием витаминов, тогда как интенсивность фотосинтеза четко возрастала в вариантах с обработкой биологически активными вещества-

ми (табл. 5). В контрольном варианте засоление вызывало сильное подавление интенсивности фотосинтеза, тогда как практически при таком же содержании хлорофилла в листьях вариантов с обработкой витаминами и фитогормонами, наблюдается резкое увеличение усвоения углекислого газа и преобразование его в органическое вещество. Происходит повышение ассимиляционного числа, т.е. повышение эффективности работы хлорофилла, что связано с восстановлением хода биохимических реакций, особенно при сочетании витаминов с фитогормонами. Так если в контроле интенсивность фотосинтеза составляла всего 4,881 мг поглощения CO₂ на м² за час, при сочетании витаминов – 12,488, фитогормонов – 15,730, а их совместное сочетание – 19,707, соответственно, т.е. увеличение фотосинтетической активности от 2,5 до 4 раз.

Таблица 5

Влияние сочетаний витаминов и фитогормонов на содержание хлорофилла и интенсивность фотосинтеза томата Волгоградский 5/95 в водной культуре при хлоридном засолении среды (0,4 атм. NaCl)

Варианты	Хлорофилл, мг/г сырого веса	Интенсивность фотосинтеза, мг CO ₂ /м ² /ч
Контроль	3,247 ± 0,136	4,881 ± 0,159
ПК + Ти	3,326 ± 0,133	12,488 ± 0,350
ГК + ЦТК	3,065 ± 0,116	15,730 ± 0,519
ПК + Ти + ГК + ЦТК	2,819 ± 0,113	19,707 ± 0,965

Как видим, полученные нами данные свидетельствуют о том, что обработка растений экзогенными витаминами и фитогормонами способствует при солевом стрессе, значительному снижению подавляющего действия хлорида натрия на ростовые и биосинтетические процессы, связанное с индукцией адаптивных процессов.

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о несомненном участии фитогормонов в формировании стрессовых реакций и их влияние на биосинтез стрессовых белков. Баланс фитогормонов в условиях стресса является одним из факторов, формирующий адаптивный синдром (7,8). Репрограммирование генома при стрессе,

приводящих к синтезу специфических белков, которые помогают клетке перенести экстремальные воздействия, является общим принципом ответа клетки на многие стрессы, в том числе и солевой. В связи с этим стало необходимым выяснить влияние, как фитогормонов, так и витаминов, на накопление общего белка при солевого стресса у томата, тем более, что сведений о действии витаминов на солевой стресс нами в литературе не обнаружено.

Как видим, содержание белка в листьях вегетирующих 110 дневных растений томатов при постоянном засолении в условиях водной культуры, зависело от их обработки сочетаниями витаминов и фитогормонов (табл. 6).

Таблица 6

Влияние сочетаний витаминов и фитогормонов на содержание белка в листьях томата Волгоградский 5/95 в водной культуре при хлоридном засолении (0,4 атм. NaCl)

Варианты	Содержание белка, мг/г сырого веса
Контроль	0,125 ± 0,005
ПК + Ти	0,298 ± 0,006
ГК + ЦТК	0,284 ± 0,010
ПК + Ти + ГК + ЦТК	0,286 ± 0,010

Во всех вариантах обработки любым сочетанием этих биологически активных веществ, дало примерно, одинаковое повышение содержания общего белка более чем в два раза. Это коррелирует полностью с ре-

зультатами предыдущих экспериментов, так как содержание белка определяет многие свойства растительного организма. Во-первых, он лежит в основе новообразования клеточных структур и цитоплазмы,

во-вторых, связан с образованием каталитических ферментов, регулирующих и контролирующих метаболизм, в-третьих, как уже было сказано, обеспечивает приспособление растений к неблагоприятным условиям водного, температурного и солевого стресса.

Таким образом, повышение устойчивости томатов к засолению, при обработке комплексным сочетанием витаминов и фитогормонов, реализуется через улучшение белкового обмена, как основного механизма приспособления растений к стрессовым ситуациям. Наиболее эффективно сочетание витаминов с фитогормонами. Обработка растений биологически активными веществами в сочетании витаминов и фитогормонов может быть эффективной альтернативой в борьбе с вредным действием избыточного засоления на томатах, можно полагать и других культур, по сравнению с многозатратными агротехническими или мелиоративными приемами обессоливания почвы.

Список литературы

1. Абдуллаева Х.А., Каспарова И.С., Насыров Ю.С. Влияние солевого стресса на интенсивность фотосинтеза и фотодыхания хлопчатника // Доклады АН. Тадж. ССР. – 1982. – Т. 25, № 5. – С. 306–308.
2. Аликов Х.К. Фотоколориметрический метод определения содержания углерода в листьях мокрым сжиганием в хромовой смеси // Методы комплексного изучения фотосинтеза. – Вып. 2. – Л., 1973. – С. 6–14.
3. Викторов Д.П. Малый практикум по физиологии растений: учебное пособие для биол. спец. вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 183. – 135 с.
4. Кабанов В.К., Цеков Е.И., Строгонов Б.П. Влияние NaCl на содержание и синтез нуклеиновых кислот // Физиология растений. – 1973, – Т. 20, Вып. 3. – С. 466–472.
5. Калинская И.А., Новикова Л.Л. Влияние засоления на содержание пигментов в листьях различных растений // Вопросы экологии и физиологии растений. – Пермь, 1981. – С. 129–132.
6. Калинина Н.А., Дроздова И.В., Яворская В.К. Фитогормональный баланс корней кукурузы на фоне действия хлоридного засоления и 6-БАП // Ученые записки ТНУ. – 2002. – Т. 14(53), №1. – С. 28–32.
7. Косаківська І.В. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів. – К.: Сталь, 2003. – 191 с.
8. Косаковская И.В. Стрессовые белки растений. – Киев, 2008. – С. 9.
9. Строганов Б.П. Растения и засоление почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1958.
10. Таланова В.В., Таланов А.В., Титов А.Ф. Динамика фотосинтеза и транспирации проростков огурца в начальный период хлоридного засоления и при действии фитогормонов // Докл. Рос. Акад. с.х. наук. – 2006. – № 2. – С. 10–13.
11. Шахова А.А., Голубкова Б.М. Функциональные и структурные изменения хлоропластов при засолении // Физиология растений. – 1963 – Т. 30. – С. 15.
12. Afzal Irfan, Barsa Shahzad M.A., Iqbal Amir. The effects of seed soaking with plant growth regulators on seedling vigor of wheat under salinity stress // Ж. Стресс-физиология. и биохимия. – 2005. – Т.1, № 1. – С. 6–14.
13. Kamagopal Subbanaidi. Plant protein synthesis in a maize callus exposed to NaCl and minitil // Ctl Rpts. – 1986. – Vol. 5, №6. – P. 430–434.
14. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Rangel R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. – 1951. – Vol. 193. – P. 265–275.
15. Niazi Banaraa Hussein, Razrna Jelte, Athar Mohammad. Effect of pre-germination and post-germination treatment with growth hormones (kinetine and abscisic acid) on ion concentration and biochemical contents of fodder beet and sea beet under saline conditions // Apjit. Pirmt Physiol. – 2005. – Vol. 31, № 1-2. – С. 89-104
16. Shah S.H. Effect of salt stress on mustered as affected by gibberellic acid application // Gen. and Appl. Plant Physiol. – 2007. – Vol. 33, №1-2. – С. 97-106.

EFFECT OF COMBINATION OF VITAMINS AND PHYTOHORMONES FOR IMPROVING GROWTH AND TOMATO METABOLISM UNDER SALINITY

Smashevsky N.D.

Astrakhan State University, Astrakhan,

e-mail: Smashevsky@yandex.ru

Soaking seeds and spraying of vegetating plants of a tomato by the solutions combinations of vitamins: pantothenic acid–thiamine and phytohormones: cytokinin–gibberellic acid, and their joint combination there lowers toxic effects of chloride salinity, increasing the seed germination, seedling and stem growth, leaf size, intensity of photosynthesis and the accumulation of the total protein. Complex combination of vitamins with phytohormones is the most effective in all cases.

Keywords: a tomato, chloride salinity, vitamins, phytohormones, germination of seeds, growth of sprouts, photosynthesis, total protein