

УДК 581.14:577.17

**Климачев Д.А.<sup>1</sup>, Кузнецова С.А.<sup>2</sup>, Старикова В.Т.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный областной университет

<sup>2</sup> Московский медицинский колледж №2

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССА ФОТОСИНТЕЗА ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ NaCl И ОБРАБОТКИ ФИТОГОРМОНАМИ**

***D. Klimachev<sup>1</sup>, S. Kuznetsova<sup>2</sup>, V. Starikova<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> Moscow State Regional University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow Medical College No. 2, Moscow, Russia

## **CHANGES IN THE PHOTOSYNTHESIS PROCESS OF WHEAT UNDER CONDITIONS OF NaCl SALINITY AND PHYTOHORMONE TREATMENT**

*Аннотация.* Показана возможность применения экзогенного внесения фиторегуляторов для повышения толерантности растений к засолению. Обработка пшеницы 6-БАП и АБК приводит к компенсации воздействия NaCl. При этом характер физиологического ответа растений зависит от уровня засоления и опосредован направленностью изменений в эндогенном содержании гормонов и их соотношении. Обработка 6-БАП в варианте 213 мМ NaCl оказала протекторное влияние.

*Ключевые слова:* фотосинтез, засоление, 6-БАП, АБК.

*Abstract.* The possibility of application of exogenous phyto regulators to increase plant tolerance to salinity is shown. Treatment of wheat by 6-BAP and ABA leads to compensation of NaCl influence. In this case, the nature of the physiological response of plants depends on the level of salinity and indirectly depends on trends of changes in endogenous hormone levels and their ratio. Treatment by 6-BAP with 213 mM NaCl has a protective effect.

*Key words:* photosynthesis, salinization, 6-BAP, ABA.

Фотосинтез является процессом, который определяет уровень энергетических ресурсов и метаболитов, необходимых для роста и поддержания структур в растительной клетке. В литературе имеются данные, касающиеся влияния на различные стороны фотосинтеза, как факторов среды [10], так и фитогормонов [11]. Однако взаимодействие гормонального фактора и засоления в регуляции фотосинтеза практически не изучалось. При этом физиологические изменения в условиях засоления происходят на фоне изменения содержания и соотношения эндогенных гормонов. В этой связи была осуществлена попытка выяснить роль обработки синтетическими аналогами – цитокинином (6-БАП) и абсцизовой кислотой (АБК), как возможных способов влияния на эндогенное содержание фитогормонов и, как следствие, адаптации пшеницы к стрессу. По литературным данным, экзогенные 6-БАП и АБК участвуют в регуляции фотосинтеза при затоплении и засухе, интерес представляло влияние этих веществ в условиях засоления NaCl [2].

### **Объект и методы исследования**

Исследования проводили в условиях лабораторных и вегетационных (почвенные культуры) опытов на яровой пшенице (*Triticum aestivum* L.). NaCl вносили в виде раствора с поливными водами при прорастании (лабораторные опыты), и в фазу трех листьев (вегетационные опыты). Опрыскивание раствором 6-БАП ( $4 \times 10^{-5}$  М) и АБК ( $1 \times 10^{-5}$  М) в вегетационных опытах проводили в фазу кущения (III этап органогенеза), в лабораторных опытах – на следующий день после внесения NaCl. Концентрации вносимых гормонов и NaCl устанавли-

вали путем подбора с учетом особенностей выбранного объекта. Контрольные растения опрыскивали водой.

На протяжении онтогенеза определяли интенсивность ростовых процессов (массу органов растений), содержание пигментов [3], хлорофилловый индекс [1], ЧПФ [8]. Интенсивность дыхания и фотосинтеза анализировали манометрическим методом в аппарате Варбурга [9]. Для выяснения специфики действия 6-БАП и АБК при оптимальных условиях и действии засоления проводился анализ динамики фитогормонов [5]. Повторность опыта трехкратная. Экспериментальные данные обрабатывались статистически [4]. В таблицах приведены средние арифме-

тические и их среднеквадратичные ошибки. При оценке различий между вариантами использовали критерий Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности выше 0,95.

### Результаты и их обсуждение

Опрыскивание 6-БАП контрольных растений показало увеличение интенсивности всех показателей фотосинтетической активности пшеницы. Особо ярко это проявилось при определении интенсивности фотосинтеза по выделяемому  $O_2$  и содержанию пигментов. Так, на следующий день после обработки 6-БАП интенсивность фотосинтеза возросла на 50% (табл. 1).

Таблица 1

#### Влияние обработки 6-БАП на интенсивность фотосинтеза пшеницы, мкл выделенного $O_2/г*ч$

вариант	кущение		колошение		цветение		м о л о ч н а я спелость	
		%		%		%		%
контроль	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100
контроль+6-БАП	652±15	150	646±18	126	660±13	104	357±10	110

Таблица 2

#### Влияние обработки 6-БАП на интенсивность фотосинтеза пшеницы в условиях засоления, мкл выделенного $O_2/г*ч$

Вариант	3 листа	Кущение			Колошение			Цветение			Молочная спелость			
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
контроль	353±15	100	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100				
213мМ NaCl	282±10	80	378±17	87	100	472±17	92	100	571±15	90	100	299±12	92	100
213мМ NaCl + 6-БАП	-	-	526±15	121	140	564±16	110	120	616±17	97	108	332±15	102	111
253мМ NaCl	222±11	63	318±15	73	100	410±12	80	100	527±11	83	100	269±11	83	100

Благоприятное влияние цитокининов на интенсивность фотосинтеза показано в ряде исследований [6, 12]. Интерес представляло влияние совместного действия засоления NaCl и опрыскивания 6-БАП. На фоне засоления NaCl обработка 6-БАП, как и в контрольном варианте, повысила все исследуемые показатели. Опрыскивание 6-БАП в условиях засоления NaCl предотвратило резкое снижение показателей по сравнению с соевыми вариантами (табл. 2-3). Так, в варианте 213 мМ NaCl интенсивность фотосинтеза в среднем увеличилась на 20%.

Таблица 3

**Динамика ЧПФ пшеницы при обработке 6-БАП и засолении NaCl, г/м<sup>2</sup>\*сут**

	кущение	%	колошение	%	цветение	%	молочная спелость	%
контроль	12,5±0,4		16,1±0,1		6,3±0,1		4,5±0,1	
213мМ NaCl	10,3±0,4	100	14,1±0,3	100	5,6±0,1	100	3,8±0,1	100
213мМ NaCl + 6-БАП	11,8±0,4	115	15,4±0,2	110	6,2±0,1	110	3,7±0,1	98
253мМ NaCl	8,5±0,6	100	12,1±0,3	100	4,7±0,2	100	3,3±0,2	100
253мМ NaCl + 6-БАП	9,4±0,4*	110	12,6±0,3*	105	4,6±0,1*	98	3,1±0,2*	93

\* Различия между контролем и опытом недостоверны при уровне значимости 0,05.

Сходные изменения нами показаны при изучении пигментного состава. Так, при концентрации 213 мМ NaCl обработка цитокининами увеличила содержание хлорофилла «а» – на 30%, хлорофилла «b» на 14%. Важно подчеркнуть, что опрыскивание 6-БАП на протяжении онтогенеза в варианте 213 мМ позволило довести показатели фотосинтези-

ческой активности до уровня контроля (табл. 2). Необходимо также отметить, что указанные изменения в содержании пигментов, интенсивности протекания фотосинтеза происходили на фоне увеличения содержания и соотношения 3-ЗР+ИУК/АБК в результате опрыскивания 6-БАП [7].

Таблица 4

**Влияние обработки 6-БАП и засоления NaCl на содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы. Фаза кушения, мг/г сухой массы**

Вариант	содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы, мг/г сухой массы	%	
контроль	1,243± 0,015		100
213мМ NaCl	0,994± 0,015	100	81
213мМ NaCl + 6-БАП	1,253± 0,013	126	108
253мМ NaCl	0,696± 0,011	100	58
253мМ NaCl + 6-БАП	0,835± 0,009	120	67

Опрыскивание АБК оказало иное влияние на активность фотосинтетического аппарата. В контрольном варианте нами отмечено снижение всех показателей фотосинтетической активности (табл. 5). Указанные измене-

ния происходили на фоне уменьшения соотношения 3-ЗР+ИУК/АБК, в первую очередь, связанную с возрастанием содержания АБК при обработке [7].

Таблица 5

**Интенсивность фотосинтеза пшеницы в зависимости от обработки АБК**  
**Контрольный вариант, мкл выделенного O<sub>2</sub>/г.ч**

вариант	кущение		колошение		цветение		молочная спелость	
		%		%		%		%
контроль	435±11	100	513±12	100	635±15	100	325±11	100
контроль+АБК	348±11	80	436±10	85	568±13	89	309±14	95

На фоне засоления NaCl обработка АБК оказала несколько иное влияние, увеличив интенсивность фотосинтеза и содержание пигментов (табл. 6 - 7). Так, в фазу кущения в варианте 213 мМ NaCl нами отмечено увеличение фотосинтеза на 8%. Вместе с тем, при концентрации 253 мМ указанного эффекта не наблюдали. Таким образом, можно говорить

о некотором снижающем эффекте в действии АБК в условиях засоления NaCl на фотосинтетические процессы. Важно при этом отметить, что указанные изменения в условиях засоления при обработке АБК в фотосинтетической активности происходили на фоне увеличения соотношения З-ЗР+ИУК/АБК в сторону ростстимулирующих [7].

Таблица 6

**Влияние обработки АБК на интенсивность фотосинтеза пшеницы при различном уровне засоления NaCl, мкл выделенного O<sub>2</sub>/г·ч**

вариант	3 листа		кущение			колошение			цветение			молочная спелость		
		%		%	%		%	%		%	%		%	%
контроль	353±15	100	435 ±11	100		513 ±12	100		63 ±15	100		325 ±11	100	
213мМ NaCl	282±10	80	378 ±17	87	100	472 ±17	92	100	571 ±15	90	100	299 ±12	92	100
213мМ NaCl + АБК	-		408 ±14	93	108	509 ±11	99	108	572 ±13	90	100	290 ±13	89	97
253мМ NaCl	222±11	63	318 ±15	73	100	410 ±12	80	100	527 ±11	83	100	269 ±11	83	100
253мМ NaCl + АБК	-		318 ±16	73	100	389 ±12	76	95	521 ±13	82	91	247 ±15	76	92

Таблица 7

**Влияние обработки АБК и засоления NaCl на содержание хлорофилла (a+b) в листьях пшеницы, мг/г сухой массы**

Фаза онтогенеза	кущение	%	колошение	%	цветение	%	молочная спелость	%
Вариант								
213мМ NaCl	0,994± 0,015	100	1,662± 0,011	100	1,519± 0,010	100	0,375± 0,010	100
213мМ NaCl +АБК	1,093± 0,013	110	1,861± 0,010	112	1,94± 0,010	105	0,382± 0,005	102

Таким образом, в условиях засоления NaCl происходят значительные изменения в фотосинтетической деятельности пшеницы, наблюдается ингибирование синтеза пигментов, интенсивности фотосинтеза как по выделившемуся O<sub>2</sub>, так и по накоплению сухой массы. Обработка гормонами на фоне изменения эндогенного содержания вызывает изменения в протекании фотосинтетических процессов. Опрыскивание 6-БАП вызывает усиление интенсивности фотосинтеза, а в ва-

рианте 213 мМ NaCl позволила довести ее до уровня контроля. Тогда как обработка АБК лишь нивелировала действие NaCl.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Андриянова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000.– С. 135.
2. Бахтенко Е. Ю., Платонов А.В. Динамика цитокенинов пшеницы при почвенном затоплении // Агрохимия. – 2004. № 6. – С. 51-55.

3. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.Н. Малый практикум по физиологии растений, – М.: Высшая школа. – 1975. – 392 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта, М.: Колос, 1989, 335с.
5. Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю., Каравайко Н.Н., Гюли-Заде В.З., Чередова Е.П., Мустафина А.Р., Мошков Н.Е., Кулаева О.Н. Иммуноферментная тест-система для определения цитокининов // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – С.193-199.
6. Кузнецов В.В., Хыдыров Б.Т., Роцупкин Б.В., Борисова Н.Н. Общие системы устойчивости хлопчатника к засолению и высокой температуре: факты и гипотезы // Физиология растений. – 1990. – Т. 37. – С. 987-996.
7. Кузнецова С.А., Климачев Д.А., Якушкина Н.И. Изменение гормонального баланса пшеницы в зависимости от условий засоления NaCl и экзогенной обработки цитокининами (6-БАП) // Агрохимия. – 2005. – № 8. – С. 29-33.
8. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. – М.: Наука, 1972. – С. 511-527.
9. Семихатова О.А. Оценка адаптационной способности растения на основании исследований темнового дыхания // Физиология растений. 1998. – Т. 45. – № 1. – С. 142-148.
10. Тарчевский И.А. Метаболизм растений при стрессе (избранные труды). – Казань: Фэн, 2001. - 448с.
11. Чернядьев И.И. Фотосинтез листьев сахарной свеклы в онтогенезе при обработке 6-бензиламинопурином и метрилбузином // Физиология растений. – 2000. – Т. 47. – № 2. – С. 183-189.
12. Якушкина Н.И. Роль фитогормонов в адаптации растений к условиям среды // Гормональная регуляция ростовых процессов. – М.: Наука, 1985. – С. 3-8.