

УДК 581.143:631.811:633.413

УГЛЕКИСЛОТНЫЙ ГАЗООБМЕН И ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС ЛИСТЬЕВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЭТАМОНОМ

В.А. ВАРВКИН

*Сумской национальной аграрный университет
40021 Сумы, ул. Кирова, 160*

Показано, что обработка семян сахарной свеклы 0,5 %-м этамоном интенсифицирует фотосинтез листьев вследствие снижения сопротивления диффузии CO_2 и повышения содержания хлорофилла. Действие препарата приводит к колебанию соотношения содержания фитогормонов (ИУК + ЦК)/АБК в листьях по периодам вегетации. Отмечено существенное влияние этамона на увеличение массы корнеплодов и их сахаристости.

Ключевые слова: *Beta vulgaris* L., газообмен CO_2 , содержание хлорофилла, фитогормоны, этамон.

Основой оптимизации продукционного процесса культурных растений является регуляция интенсивности фотосинтеза, дыхания и транспирации. Их активность тесно связана с фитогормональным статусом, на который влияют внутренние и внешние факторы [1–3, 9].

Обработка растений регуляторами роста дает возможность регулировать процессы метаболизма [1, 10, 12], изменять соотношения компонентов гормонального комплекса [5], усиливать поток макро- и микроэлементов в клетки [6]. Необходим поиск высокоэффективных препаратов и установление степени их влияния на процесс фотосинтеза, формирование фитогормонального статуса.

Действие этамона на повышение продуктивности сахарной свеклы, ризогенез, ферментативную активность, углеводный обмен ранее изучалось [7], однако данные о возможности изменения интенсивности процессов фотосинтеза, дыхания, формирования фитогормонального статуса отсутствуют. Поэтому целью нашей работы было установление возможности регуляции указанных процессов этамоном в связи с продуктивностью сахарной свеклы.

Методика

Исследуемые растения сахарной свеклы сорта Льговская односемянная 52 выращивали в вегетационных сосудах на 16 кг почвы с добавлением питательной смеси ВНИС. Семена свеклы обрабатывали перед посевом 0,5 %-м этамоном (диметилфосфат диметил-*бис*-холин) [7]. Повторность опытов четырехкратная.

Интенсивность фотосинтеза, фотодыхания, темнового дыхания, транспирации изучали с помощью листовых камер в контролируемых

условиях. Листья освещали лампами накаливания ЗК-500 сквозь водяной фильтр. Плотность лучевого потока в камере составляла 250 Вт/м² ФАР, температура — 25 °С. Концентрацию СО₂ в потоке атмосферного воздуха, который проходил сквозь камеру со скоростью 1 л/мин, измеряли инфракрасным оптико-акустическим газоанализатором ГИАМ-5М, включенным по дифференциальной схеме. Транспирацию определяли термоэлектрическим микропсихрометром. Диффузионное сопротивление листьев рассчитывали на основе данных углекислотного газообмена и транспирации. Содержание хлорофиллов *a* и *b* определяли в листьях среднего яруса. Хлорофилл экстрагировали ДМСО из высечек листьев свеклы массой около 100 мг. Коэффициенты поглощения определяли на спектрофотометре СФ-18. Рассчитывали количество хлорофилла по модифицированному методу Арнона. Содержание фитогормонов зеатина, зеатинрибозида, ИУК и АБК в листьях определяли в одной пробе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии [8], содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы — по Починку. Все полученные данные обработаны статистически [4].

Результаты и обсуждение

Обработка семян свеклы 0,5 %-м этамоном усиливала интенсивность фотосинтеза свеклы на 25,8 и на 27,5 % соответственно через 38 и через 52 сут после появления всходов, что указывает на пролонгированное действие данного препарата на этот процесс. Показатели фотодыхания и темнового дыхания существенно возрасли только во второй срок измерения (через 52 сут после появления всходов) — соответственно на 28,6 и 50 %. Усиление интенсивности транспирации наблюдали в оба срока измерений (5.07 и 19.07) соответственно на 19,6 и 26,5 % (табл. 1). Полученные данные подтвердили, что обработка семян 0,5 %-м этамоном значительно повышает интенсивность фотосинтеза в период активного роста сахарной свеклы. Повышение интенсивности темнового дыхания, фотодыхания и транспирации возможно связано с интенсификацией ростовых процессов обработанных этамоном растений.

Важными показателями, характеризующими процессы фотосинтеза и транспирации, являются сопротивление диффузии СО₂ внутрь листа (листовое сопротивление) и сопротивление диффузии СО₂ мезофилла. Расчеты показали, что через 38 сут после появления всходов диффузионное сопротивление мезофилла листа снизилось на 24,6 %, листовое сопротивление — на 19,3 %. Через 52 сут после появления всходов растений свеклы в этом варианте тенденция снижения сопротивлений диффузии СО₂ сохранялась. Сопротивление диффузии СО₂ мезофилла было ниже контроля на 21,8 %, листовое диффузионное сопротивление — на 24,6 %. Прослеживается довольно длительное влияние обработки семян 0,5 %-м этамоном на усиление диффузии СО₂ в листьях, что как следствие проявлялось в повышении интенсивности фотосинтеза.

Эффективность фотосинтеза определяется функциональным состоянием фотосинтетического аппарата, одним из показателей которого является содержание пигментов [9] (табл. 2). Показано, что после обработки семян этамоном содержание хлорофилла *a* в листьях среднего яруса через 54 сут после появления всходов увеличивалось на 7,6 %, через 80 сут — на 30,8 %. На количество хлорофилла *b* обработка этамоном не повлияла. Сумма хлорофиллов *a* и *b* через 54 сут после появления всхо-

ТАБЛИЦА 1. Интенсивность углекислотного газообмена растений сахарной свеклы сорта Львовская односемянная 52 после обработки семян этамоном

Вариант опыта	Интенсивность, мг СО ₂ /(дм ² · ч)						Интенсивность транспирации, г Н ₂ O/(дм ² · ч)		Диффузионное сопротивление, с/см			
	фотосинтеза		фотодыхания		темнового дыхания		мезофилла	листовое				
	05.07 (38)	19.07 (52)	05.07 (38)	19.07 (52)	05.07 (38)	19.07 (52)			05.07 (38)	19.07 (52)	05.07 (38)	19.07 (52)
	Срок измерений (сут после появления всходов)											
Контроль (обработка водой)	23,60	20,00	8,10	7,00	5,00	4,00	2,55	2,64	4,39	6,21	4,15	3,98
Обработка 0,5 %-м этамоном	29,70	25,50	7,40	9,00	4,90	6,00	3,05	3,34	3,31	4,68	3,35	3,00
НСР _{0,5}	2,00	2,20	0,70	0,60	0,40	0,60	0,25	0,29	0,27	0,39	0,21	0,29

 ТАБЛИЦА 2. Динамика накопления фотосинтетических пигментов в листьях среднего яруса сахарной свеклы после обработки семян 0,5 %-м этамоном, мг/дм²

Вариант опыта	Хлорофилл											
	a		b		a + b		a/b		Срок определения (сут после появления всходов)			
	21.07 (54)	16.08 (80)	21.07 (54)	16.08 (80)	21.07 (54)	16.08 (80)	21.07 (54)	16.08 (80)	21.07 (54)	16.08 (80)	21.07 (54)	16.08 (80)
Контроль	3,02	2,92	0,64	0,81	3,66	3,73	4,72	3,60				
Обработка 0,5 %-м этамоном	3,25	3,82	0,66	0,83	3,91	4,65	4,92	4,66				
НСР _{0,5}	0,15	0,25	0,06	0,06	0,23	0,33	—	—				

ТАБЛИЦА 3. Влияние обработки семян сахарной свеклы 0,5 %-м этамоном на содержание фитогормонов в листьях среднего яруса растений

Вариант опыта	Фитогормон, мкг/г сырого вещества				
	АБК	ИУК	зеатин	зеатин-рибозид	(ИУК+ зеатин+ зеатинрибозид)/АБК
	Срок определения (сут после появления всходов) 21.07 (54)				
Контроль	0,109±0,007	0,320±0,004	0,186±0,011	0,298±0,008	7,4
Обработка 0,5 %-м этамоном	*0,018±0,009	*0,118±0,008	*0,088±0,005	*0,091±0,006	25,8
	Срок определения (сут после появления всходов) 16.08 (80)				
Контроль	0,116±0,007	0,704±0,015	1,125±0,019	2,364±0,023	36,1
Обработка 0,5 %-м этамоном	*0,128±0,005	*1,100±0,012	*0,603±0,014	*2,124±0,018	29,9

*Разница достоверна при $p = 0,05$.

дов увеличивалась на 6,8, через 80 сут — на 24,7 %. В итоге через 54 сут после появления всходов соотношение хлорофиллов a/b к контролю возрастало на 4,2, через 80 сут — на 27,8 %.

Особый интерес представляет изучение действия этамона на гормональный статус растений с целью выяснения возможностей модификации интенсивности ростовых и других физиологических процессов. Исследовано влияние этамона на содержание фитогормонов в листьях сахарной свеклы. Из представленных в табл. 3 данных видно, что в результате обработки семян сахарной свеклы перед посевом 0,5 %-м этамоном через 54 сут после появления всходов содержание всех групп фитогормонов в закончивших рост листьях среднего яруса по отношению к контрольному варианту снижалось.

В частности, количество АБК уменьшалось в 6 раз, ИУК — в 2,7 раза, зеатина — в 2,1, зеатинрибозид — в 3,3 раза. При этом отношение суммы ростстимулирующих фитогормонов к АБК в данном варианте превышало контроль в 3,5 раза. Такое соотношение фитогормонов в этот период указывает на активацию ростовых процессов в надземной части растений сахарной свеклы.

Через 80 сут после появления всходов в варианте с обработкой семян этамоном наблюдалось увеличение содержания АБК относительно контроля на 10,3 %. Количество ИУК также повышалось на 56,2 %, но при этом снижалось содержание зеатина на 46,4 % и зеатинрибозид на 10,2 %. Соотношение ростстимулирующих фитогормонов и АБК по сравнению с контролем было ниже на 17,2 %. Возможно причиной такого снижения в данный период вегетации растений свеклы стала активация ростовых процессов в корнеплоде, что обычно сопровождается торможением роста надземной части. На это косвенно указывает и увеличение количества синтезируемой в листьях ИУК, которая в физиологических концентрациях является специфическим стимулятором роста корней.

Таким образом, анализ полученных данных свидетельствует о существенном влиянии этамона на формирование фитогормонального статуса сахарной свеклы в различные периоды вегетации. Этамон модифицировал ростовые процессы прежде всего вследствие изменения соотношения фитогормонов-активаторов и АБК в тканях.

УГЛЕКИСЛОТНЫЙ ГАЗООБМЕН И ФИТОГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС

ТАБЛИЦА 4. Продуктивность сахарной свеклы сорта Львовская односемянная 52 в условиях вегетационного опыта после обработки семян 0,5 %-м этамоном (период вегетации 132 сут)

Вариант опыта	Масса сырого вещества корнеплода, г	Сахаристость, %	Теоретический выход сахара с корнеплода, г
Контроль	663	18,4	122,0
Обработка 0,5 %-м этамоном	700	19,0	133,0
НСР _{0,5}	32	0,3	—

После окончания вегетационного периода масса корнеплодов сахарной свеклы в опытном варианте увеличивалась (табл. 4). Так, после обработки семян свеклы 0,5 %-м этамоном масса корнеплода возрастала на 5,6 %, а сахаристость — на 0,6 %. В результате теоретический выход сахара с корнеплода превышал контрольный вариант на 9 %.

Таким образом, показана возможность модифицирования процессов углекислотного газообмена и формирования фитогормонального статуса сахарной свеклы с помощью этамона. Масса корнеплодов и их сахаристость после обработки семян свеклы этамоном увеличивались вследствие повышения интенсивности фотосинтеза, что определялось снижением сопротивления диффузии CO₂ в листья и возрастанием количества хлорофилла *a*. На продуктивность свеклы значительно влияло изменение соотношения ростстимулирующих фитогормонов и АБК на разных этапах роста и развития растений.

1. Аtimoшоae M.B. Физиологические основы скрининга биологически активных соединений на морозо-, жаро- и засухоустойчивость зерновых культур: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Кишинев, 1991. — 43 с.
2. Голик К.Н. Темновое дыхание растений. — Киев: Наук. думка, 1990. — 137 с.
3. Гуляев Б.И., Мануильский В.Д., Борейко В.С. и др. Интенсивность фотосинтеза и фитогормональный статус гибридов кукурузы при частичной дефолиации растений // Фотосинтез и продукционный процесс. — Киев: Наук. думка, 1991. — С. 11—19.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 252 с.
5. Москалева О.В., Каравайко Н.И. Динамика эндогенных фитогормонов в развивающихся проростках кукурузы // Физиология растений. — 1990. — 37, № 6. — С. 1113—1120.
6. Полевой В.В., Полевой А.В. Эндогенные фитогормоны этиолированных проростков кукурузы // Там же. — 1992. — 39, № 6. — С. 1165—1179.
7. Приходько Н.В., Булах А.А., Кожукало В.Е., Варавкин В.О. Этамон — новый высокоэффективный регулятор роста // Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту. — 1997. — № 2. — С. 32—39.
8. Савинский С.В., Драгвоз И.В., Педченко В.К. Определение содержания зеатина, индол-3-уксусной и абсцизовой кислот в одной растительной пробе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Физиология и биохимия культ. растений. — 1991. — 23, № 6. — С. 611—618.
9. Теплова И.Р., Кудоярова Г.Р., Никитина В.С. Изменение гормонального баланса этиолированных проростков кукурузы под действием экзогенных гормонов // Иммуноферментный анализ регуляторов роста растений: приложение к физиологии растений и экологии. — Уфа: Б.и., 1990. — С. 78—83.
10. Bourguin M., Pilet P. Effect of zeatin on the growth and indolil-3-acetic acid and abscisic acid levels in maize root // *Physiol. Plant.* — 1990. — 80, N 3. — P. 342—349.
11. Guidi L., Pallini M., Soldatini G.P. Influence of phosphorus deficiency on photosynthesis in sunflower and soybean plants // *Agrochimica.* — 1994. — 38, N 3. — P. 211—223.

Получено 27.01.2009

ВУГЛЕКИСЛОТНИЙ ГАЗООБМІН І ФІТОГОРМОНАЛЬНИЙ СТАТУС ЛИСТКІВ
ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ПІСЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕТАМОНОМ

В.О. Варавкін

Сумський національний аграрний університет

Показано, що обробка насіння цукрових буряків 0,5 %-м етамоном інтенсифікує фотосинтез листків внаслідок зниження опору дифузії і підвищення вмісту хлорофілу. Дія препарату призводить до коливання співвідношення вмісту фітогормонів (ІОК + ЦК)/АБК в листках за періоди вегетації. Відмічено істотний вплив етамону на збільшення маси коренеплодів та їх цукристості.

CO₂ GAS EXCHANGE AND PHYTOHORMONAL STATUS OF SUGAR BEET LEAVES
AFTER TREATMENT OF SEEDS WITH ETAMONE

V.A. Varavkin

Sumy National Agricultural University
160 Kirova St., Sumy, 40021, Ukraine

It was established that treatment of sugar beet seeds with 0,5 % etamon increased net photosynthetic rate due to both decrease of leaf resistance and increase in chlorophyll content. Treatment with etamon changed the ratio of phytohormones (IAA + cytokinins)/ABA in sugar beet leaves. The essential influence of etamon on increase of root mass and sugar content was shown.

Key words: *Beta vulgaris* L., CO₂, gas exchange, chlorophyll content, phytohormones, etamon.