

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ф. Я. БУЗОВЕР

**ВЛИЯНИЕ БОРА НА НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ
И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ У КАРТОФЕЛЯ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 6 IV 1951)

В литературе накопилось много фактов, указывающих на способность бора повышать содержание углеводов в различных органах растений, что имеет большое практическое значение в повышении качества урожая. О. К. Кедров-Зихман (1) находит, что в условиях известкования кислых подзолистых почв бор способствует повышению содержания сахара в корнях корнеплодов и плодах томатов, а также накоплению крахмала в клубнях картофеля. Отмечается также положительное действие бора на урожай сельскохозяйственных растений при внесении его через листья. И. Г. Важенин (2) в опыте с картофелем нашел, что содержание редуцирующих сахаров в листьях и крахмала в клубнях картофеля особенно возрастает при воздействии бора. Значительно повышается также активность фермента амилазы, но сахара слабо стимулируются бором. В. В. Яковлева (3) в работе с подсолнечником, салатом и сахарной свеклой пришла к выводу, что при борном голодании в листьях растений накапливаются сахара, при внесении же бора в листьях количество сахара уменьшается, но в стеблях содержание его резко увеличивается. Этот факт автор объясняет свойством бора стимулировать отток сахаров из листьев. А. Ф. Агафонова (4) отмечает, что содержание крахмала в зерне гречихи и клубнях картофеля под влиянием борных удобрений значительно выше, чем в контрольном варианте. Отмечается также пониженное содержание растворимых сахаров в листьях вышеуказанных растений по варианту с бором в сравнении с контролем. Е. Д. Булова (5) находит, что голодание растений в отношении бора сопровождается повышенным содержанием сахаров в сравнении с растениями, получившими бор.

Уже из этого краткого обзора литературных данных видно, что единого установившегося мнения по вопросу о влиянии бора на углеводный обмен в растениях нет и что данные разных авторов по этому вопросу разноречивы.

С целью уточнения вопроса о влиянии борного удобрения на углеводный комплекс у картофеля мы поставили в вегетационный период 1950 г. полевой мелкоделяночный опыт. Объектами исследования были два сорта картофеля — раннеспелый Стахановский и позднеспелый Вольтман. Борным удобрением служила бора. Раствор ее вносился в растение через листья, путем периодического опрыскивания последних. Контрольные растения одновременно с опытными опрыскивались дистиллированной водой.

Известно, что лучшей дозой внесения бора в растения внекорневым путем является 0,01% раствор его в дистиллированной воде. В фазе бутонизации, начала и конца цветения картофеля кусты его в 9—10 час.

Таблица 1

Влияние бора на накопление углеводов в листьях и клубнях картофеля (в мг инвертного сахара на 1 г сух. вещества *)

Дата проведения опыта и фаза развития	Название сорта и ярус листа	Моносахара		Дисахара		Всего растворимых сахаров		Крахмал		Всего углеводов		Увеличение под влиянием бора в % к контр. варианту		
		Удобр. бор (опыт)	без бора (контроль)	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	растворимых сахаров	крахмала	всего углеводов
8 VII 1950 начало цветения	Стахановский 4-й ярус	16,1	9,6	34,7	23,0	50,8	32,6	25,0	14,7	75,8	47,3	55,8	70,0	60,2
		16,5	17,1	57,3	37,6	73,8	54,7	115,5	95,3	189,3	150,0	34,9	21,2	26,2
26 VII 1950 конец цветения	То же	40,0	28,9	32,7	32,5	72,7	61,4	97,7	81,3	170,4	142,7	18,4	20,1	19,4
		35,0	29,0	77,0	65,8	112,0	94,8	67,2	61,9	179,2	156,7	18,1	8,5	14,3
8 VII 1950 бутонизация	Вольгман 4-й ярус	4,5	1,9	6,7	6,2	11,2	8,1	59,5	54,4	70,7	62,5	39,5	9,3	13,1
26 VII 1950 начало цветения	То же													
5 VIII 1950 конец цветения	Вольгман клубни													

* Для клубней расчет сделан на сырой вес.

вечера три раза, с интервалом в три дня, опрыскивались вышеуказанным раствором бора (опытный вариант) или водой (контрольный вариант).

Через день после опрыскивания брались навески из листьев 4-го яруса, считая сверху, и клубней для анализа на содержание в них количества растворимых сахаров и крахмала. Результаты анализов приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что в листьях обоих сортов картофеля в указанные фазы развития содержание растворимых сахаров в опытном варианте значительно превосходит содержание этих форм сахаров у контрольного варианта. В отдельных случаях увеличение содержания редуцирующих сахаров и общего количества растворимых сахаров в листьях подопытных растений доходит до 40—55% по сравнению с контрольными растениями. Аналогичная картина наблюдается и в накоплении крахмала в клубнях сорта Вольгман.

Результаты проведенного нами опыта в условиях опытного поля Харьковского сельскохозяйственного института, характеризующегося темносерыми оподзоленными почвами лесостепи УССР,

дают довольно четкий и ясный ответ на вопрос о влиянии бора, вносимого в растение путем внекорневой подкормки, на накопление углеводов в листьях и клубнях картофельного растения. Внекорневая подкормка картофеля бором способствует резкому увеличению количества как растворимых сахаров в листьях, так и крахмала в клубнях подопытных сортов картофеля. В этой части наши данные согласуются с выводами И. Г. Важенина (2) и в известной части противоречат выводам А. Ф. Афагоновой (4) и Е. Д. Бусловой (5). Трудно указать на причины этого расхождения, тем более, что никто из указанных авторов не указал, у каких сортов сельскохозяйственных культур они исследовали вопрос о влиянии бора, на каких фазах развития и с какими листьями растений они проводили опыты.

К сожалению, причины такого воздействия бора на течение физиологических и биохимических процессов в живом растительном организме, в частности на углеводный комплекс, остаются неясными. М. Я. Школьник (7) склонен считать, что действие микроэлементов, в частности бора, является косвенным результатом их влияния на физико-химические свойства плазмы, от которых зависит синтез, превращение и передвижение углеводов. А. Ф. Агафонова (4) отмечает, что влияние бора сказывается на снижении интенсивности дыхания в листьях картофеля. Одновременно с этим под влиянием бора значительно увеличивается интенсивность фотосинтеза в листьях. Пониженное же содержание растворимых сахаров в листьях она объясняет усиленным оттоком их в стебли под влиянием бора. В. В. Яковлева (3) предполагает, что физиологическая роль бора заключается в его воздействии на ферментативную систему растений. В этом случае можно допустить, что причины увеличения количества растворимых сахаров в листьях картофеля надо искать в повышении гидролитической активности и изменении направленности действия инвертазы.

Для проверки этого допущения в течение вегетационного периода 1950 г. нами была определена активность и направленность действия инвертазы в листьях и клубнях двух вышеназванных сортов картофеля, удобренного и не удобренного бором. Материалом для проведения опыта служил тот же картофель, который выращивался для целей предыдущего опыта. Испытание активности и направленности действия фермента проведено методом вакуум-инfiltrации А. Л. Курсанова (8) с последующим определением количества углеводов микрометодом Лорбера (6). Результаты анализа приведены в табл. 2.

Данные табл. 2, характеризующие активность и направленность действия инвертазы в листьях и клубнях картофеля, в основном подтверждают наше предположение о причинах повышенного содержания углеводов в листьях и клубнях картофеля, получившего подкормку бором. Вполне возможно, что это только одна из причин, быть может, даже не основная, но что повышенная общая, и особенно гидролитическая, активность инвертазы под влиянием вносимого в растение бора имеет прямое отношение к повышению накопления углеводов у картофеля. Как в период бутонизации, так и в период начала и конца цветения общая и гидролитическая активность инвертазы значительно выше в листьях и клубнях растений, удобренных бором, по сравнению с контрольными.

Во все сроки определения в листьях обоих сортов картофеля преобладала гидролитическая направленность действия инвертазы, в клубнях же при определении в один срок преобладала синтетическая направленность.

В листьях картофеля сорта Стахановский синтетическая активность инвертазы как в начале, так и в конце цветения находилась в общем на одном уровне, гидролитическая же активность ее в период конца цветения повысилась примерно вдвое по сравнению с периодом начала цветения

Таблица 2

Влияние бора на активность и направленность действия фермента инвертазы в листьях и клубнях картофеля (в мг инвертного сахара в 1 час на 1 г сух. вещества*)

Дата проведения опыта и фаза развития	Название сорта и ярус листа	Варианты опыта	Активность фермента		Отношение синтез гидролиз
			синтез	гидролиз	
8 VIII 1950 начало цветения	Стахановский 4-й ярус	Удобр. бором	0,43	3,8	100 : 883
	То же	Без бора	0,7	3,6	100 : 514
26 VII 1950 конец цветения	"	Удобр. бором	0,8	6,9	100 : 862
		Без бора	0,73	6,2	100 : 849
8 VII 1950 бутонизация	Вольтман 4-й ярус	Удобр. бором	2,8	7,1	100 : 253
	То же	Без бора	0,4	0,53	100 : 132
26 VII 1950 начало цветения	"	Удобр. бором	6,0	6,9	100 : 115
		Без бора	4,9	5,1	100 : 104
5 VIII 1950 конец цветения	Вольтман клубни	Удобр. бором	1,1	0,0	—
	То же	Без бора	0,2	0,0	—

* Для клубней расчеты сделаны на сырой вес.

ния. В листьях же сорта Вольтман в период бутонизации синтетическая активность инвертазы была значительно ниже, чем в период начала цветения.

В листьях раннеспелого сорта Стахановский направленность действия инвертазы (отношение $\frac{\text{синтез}}{\text{гидролиз}}$) характеризуется резко выраженными гидролитическими процессами, в то время как у позднеспелого Вольтман отношение это хотя и сдвинуто в сторону гидролиза, однако в значительно меньшей степени. Принимая во внимание более медленный темп течения биохимических реакций у позднеспелого Вольтман сравнительно со скороспелым Стахановским, надо допустить наличие прямой связи между скороспелостью сорта и активностью его ферментов.

Синтетическая деятельность амилазы в клубнях картофеля сорта Вольтман, судя по полученным нами данным, под влиянием бора значительно повышается. В нашем опыте это повышение доходило до 17,4% по сравнению с контролем.

В листьях же направленность действия амилазы противоположна таковой в клубнях. Во всех случаях, когда мы инфильтрировали навески листьев картофеля глюкозой, по опытному варианту мы получали отрицательные показатели синтетической направленности действия амилазы.

Поступило
6 IV 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. К. Кедров-Зихман, Рефераты докладов на конференции по микроэлементам, 37, 1950. ² И. Г. Воженин, там же, 59, 1950. ³ В. В. Яковлева, там же, 62, 1950. ⁴ А. Ф. Агафонова, там же, 75, 1950. ⁵ Е. Д. Буслова, там же, 84, 1950. ⁶ L. Logberg, Biochem. Zs., 158, 77 (1925). ⁷ М. Я. Школьник, Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии, М.—Л., 1950. ⁸ А. Л. Курсанов, Обратимое действие ферментов в живой растительной клетке, 1940.