Из каф. Биохимии, зав.—проф. Беренштейн Ф. Я.

О БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗНАЧЕНИИ СОЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ОРГАНИЗМЕ В МИНИМАЛЬНЫХ КОЛИЧЕСТВАХ

Ф. Я. Беренштейн и А. И. Глушаков

Сообщение 9-е

К вопросу о влиянии бора на углеводный обмен в животном организме

За последние годы появился целый ряд сообщений, свидетельствующих о том, что бор относится к микроэлементам, крайне необходимым для нормального течения физиологических процессов у растений.

В данном отношении можно указать на работы Бобко и сотрудников, Украдича, Онищенко и Олексиюка, Ломбина, Белоусова, Мазаева, Соколова, Schmucker'a, Scharer'a, Schropp'a, Sideris'a и Kraus'a, Me. Hargul'a и Calfee и мн. др.

Что касается вопроса о значении бора для животного организма, то он в литературе почти совершенно не освещен, несмотря на то, что исследованиями Bertrand'a и Agulhon'a, Moscati и некоторых др. обнаружено наличие бора во многих органах и тканях млекопитающих животных и человека.

Прежде, чем перейти к изложению результатов собственных исследований, мы вкратце остановимся на рассмотрении литературы по вопросу о влиянии бора на животный организм.

Так, Mayer доказал, что предварительное введение кроликам борно-виннокислого натрия повышает их устойчивость в отношении судорожных ядов (пикротоксина и В-тетрагидидронафтиламина). Содержание хлора в крови под влиянием бора не изменяется. Это исследование автор предпринял с целью выяснения положительного действия бора на больных, страдающих эпилепсией. На основании модельных опытов автор об'ясняет указанное явление тем, что бор способствует отбуханию тканевых коллоидов,

этим же автор об'ясняет наблюдавшийся им факт усиления диуреза у пациентов, получавших бор.

Loeper, Soulie и Bioy указывают, что бор ввиде борнокислого натрия оказывает положительное влияние при лечении Базедовой болезни. У больных наблюдались, как суб'ективные, так и об'ективные признаки улучшения, среди которых следует указать на положительное влияние бора на основной обмен и на азотистое равновесие. В опытах на кроликах авторы наблюдали изменение фоликул щитовидной железы, заключавшееся в уменьшении коллоидальной субстанции и исчезновении красных клеток.

Беренштейн и Довгалев доказали, что введение борнокислого натрия в дозе, соответствующей 5 мгр бора pro kilo повышает активность каталазы крови.

Говоря о значении бора, следует упомянуть еще об исследованиях Беренштейна, Рейнфельда и Мартыненко, которые, изучая химизм процесса гемоизоагглютинации, обнаружили, что эритроциты лошади, взвешенные в растворе Nacl с добавлением борнокислого натрия, приобретают способность агглютинироваться сыворотками лошадей всех групп, не исключая даже собственной сыворотки, к аналогичному выводу пришел также Александров, который доказал, что при одновременном добавлении к сыворотке человека Nacl и борной кислоты, агглютинирующая способность сыворотки усиливается.

В имевшейся в нашем распоряжении литературе мы совершенно не встретили указаний по вопросу о влиянии бора на углеводный обмен у животных, этот же вопрос представляет значительный интерес в связи с тем, что многочисленные исследования ряда авторов (Biot, Dignon, Klein, Rimbach и Weber, Thomas и Kalman, Levy, Bougault, Беренштейна, Беренштейна и Айзенберга, Беренштейна и Шпаковского) показали, что соединения бора in vitro вступают во взаимодействие с моносахаридами.

Кроме того, в литературе имеются данные о влиянии бора на углеводный обмен у растений. Так, Белоусов доказал, что добавление бора в качестве удобрения повышает урожайность свеклы и увеличивает % содержания сахара. На основании этого он высказывает мнение, что борная кислота находится в растении ввиде бороуглеводных комплексов; эти комплексы в живой клетке, являясь субстратом деятельности энзимов, активизируют сахарозу, что способствует большему синтезу тростникового сахара.

Этот же автор обнаружил, что сахараза листьев и черешков свеклы обладают наименьшей активностью при недостатке бора в питательной среде; при повышении дозы бора до 20 мгр. на 1 кгр. веса песка активность сахаразы по-

степенно возрастает. Шевчук установил, что при внесении бора в почву наблюдается увеличение содержания глюкозы в клубнях и листьях картофеля, Украдич, Онищенко и Олексиюк добились увеличения сахаристости свеклы с 11,2% (без бора) до 18,8% в результате добавления бора.

Вышеизложенные данные заставили нас предположить, что, возможно, бор будет оказывать определенное влияние на углеводный обмен также и у животных. Для проверки указанного предположения и было предпринято настоящее исследование.

Все наши опыты проводились на кроликах. Всего под опытом было 23 кролика, из них на двенадцати изучалось влияние ин'екций борнокислого натрия на содержание глюкозы в крови; на шести мы изучали влияние бора на адреналиновую гипергликемию и на пяти—влияние бора на инсулиновую гипогликемию. Определение сахара проводилось по методу Hagedorn'a-Jensen'a. Кровь у опытных животных мы брали натощак из ушной вены до ин'екции исследуемого вещества, а также через 1, 2, 3 часа после ин'екции. В опытах, когда изучали влияние бора на адреналиновую гипергликемию и инсулиновую гипогликемию, мы вначале определяли у каждого кролика сахарную кривую при введении исключительно адреналина или инсулина (таких опытов с каждым кроликом ставили 3—4; затем тем-же кроликам вводился борнокислый натрий с исследуемыми веществами и определялась также сахарная кривая в течение 3-х часов после ин'екции.

В таблице № 1 мы приводим данные о влиянии бора на содержание сахара в крови кроликов.

Материал, приведенный в таблице № 1, свидетельствует о том, что подкожные ин'екции кроликам борнокислого натрия в дозе, соответствующей 2—3 мгр бора pro kilo, не оказывают определенного влияния на содержание сахара в крови. При введении же опытным животным 5—10 мгр бора pro kilo в виде борнокислого натрия, количество сахара в крови уменьшается, причем степень гипогликемического действия бора в отдельных опытах варьирует в широких пределах.

Теперь мы остановимся на изложении результатов опытов, касающихся влияния бора на адреналиновую гипергликемию. Мы здесь не будем приводить весь экспериментальный материал, а поместим лишь результаты опытов, проведенных на 2-х кроликах, так как результаты остальных опытов в основном не отличаются от помещенных в таблицах. Эти данные мы помещаем в таблицах № 2 и 3.

Влияние борнокислого натрия на содержание сахара в крови кроликов

Таблица № 1

№№ опытов	Норма	Время после ин'екции			Величина введенной дозы борнокислого натрия в перечислении на бор
		Через 1 ч.	Через 2 ч.	Через 3 ч.	
44	100	93	96	93	2 мгр бора pro kilo
45	98	100	94	121	
46	89	103	94	91	
48	117	92	107	115	
11	130	95	103	130	3 мгр бора pro kilo
14	103	107	123	102	
15	102	112	91	86	
16	107		125	96	
3	123	103	98	115	5 мгр бора pro kilo
5	152	127	104	93	
7	114	84	68	98	
8	119	114	90	105	
26	105	89	72	70	
32	127	120	109	98	
17	109	86	95	111	10 мгр бора pro kilo
20	111	113	107	100	
29	109	—	76	94	
37	109	100	—	95	
38	119	83	81	81	
43	100	94	94	111	

Материалы, приведенные в таблицах № 2—3, позволяют нам сделать следующие заключения:

1. % повышения сахара в крови у одних и тех же кроликов в результате ин'екций адреналина в различные дни бывает неодинаков.

2. Гипергликемические кривые, наблюдающиеся у кроликов, в результате подкожных ин'екций адреналина в дозе 0,5 мгр или 1,0 мгр pro kilo почти не отличаются друг от друга.

3. При одновременном введении кроликам борнокислого натрия и адреналина характер гипергликемических кривых заметных изменений не претерпевает.

Переходим к изложению результатов наших опытов о влиянии бора на инсулиновую гипогликемию.

Всего под опытом находилось 5 кроликов, которым подкожно вводилось либо 0,5 международных единиц инсулина pro kilo, либо одновременно с вышеуказанной дозой инсулина 10 мгр бора ввиде борнокислого натрия. В таблице № 4 и 5 помещаем результаты опытов, полученных нами на двух кроликах. Результаты остальных опытов в основном не отличаются от приведенных в таблицах.

Влияние борнокислого натрия на адреналиновую гипергликемию

Таблица № 2

Кролик № 2

Дата исследования	Норма	Время после инъекции			Примечание
		1 ч.	2 ч.	3 ч.	
11/III	91	222	277	253	Кролику инъецировали под кожу 1 мгр адреналина
17/III	78	210	280	273	
14/V	132	256	368	391	
Среднее . . .	100	230	308	306	
Среднее в % .	100	230	308	306	
23/III	104	261	370	370	Кролику вводили под кожу 1—мгр адреналина плюс 10 мгр бора
29/III	93	201	277	337	
5/IV	105	305	353	363	
11/IV	114	237	302	270	
Среднее	105	226	326	310	
Среднее в % .	100	215	309	295	

Влияние борнокислого натрия на адреналиновую гипергликемию

Таблица № 3

Кролик № 9

Дата исследования	Норма	Время после ин'екции			Примечание
		Через 1 ч.	Через 2 ч.	Через 3 ч.	
17/IV	118	267	332	338	Ин'екция 0,5 мгр адреналина pro kilo
28/IV	91	310	337	337	
20/VI	129	280	415	480	
Среднее	113	286	358	385	
Среднее в % .	100	253	317	341	
23/IV	106	322	311	302	Ин'екция 0,5 мгр адреналина и 10 мгр бора pro kilo
11/V	98	239	305	335	
4/VI	103	215	355	400	
Среднее	102	259	323	346	
Среднее в % .	100	254	317	339	

Материалы, приведенные в таблицах №№ 4—5, позволяют нам сделать следующие заключения:

1) % понижения сахара в крови как у различных кроликов, так у одного и того же в различные дни бывает неодинаковым.

2) Однако, несмотря на то, что и при норме гипогликемическая кривая носит различный характер по своей интенсивности, результаты проведенных опытов убеждают нас в том, что при одновременной ин'екции борнокислого натрия и инсулина, гипогликемическое действие инсулина усиливается.

3) Усиление действия инсулина сопровождается появлением гипогликемических судорог: при введении кроликам 0,5 международных единиц инсулина pro kilo, как правило, в течение 3-х часов после ин'екции гипогликемических судорог не наблюдается (в некоторых опытах судороги наступали уже после окончания опыта); при одновременном же введении инсулина и борнокислого натрия в большинстве опытов судороги наступали через 2 часа, а в некоторых даже через 1 час после ин'екции.

Влияние борнокислого натрия на инсулиновую гипогликемию

Кролик № 1 Таблица № 4

Дата исследования	Норма	Время после ин'екции			Примечание
		1 час	2 часа	3 часа	
17/V—39 г. . .	128	54	39	39	Ин'екции 0,5 международной единицы инсулина pro kilo
5/VI „ . . .	124	92	79	58	
28/VI „ . . .	114	59	29	42	
2/X „ . . .	95	78	38	37	
14/X „ . . .	149	67	49	31	
Среднее	122	70	47	41	
Среднее в %	100	57	39	34	
11/VI—39 г. . .	128	76	75	73	Ин'екции 0,5 международной единицы инсулина + 10 мгр бора pro kilo
16/VI „ . . .	141	78	15	—	
9/X „ . . .	107	32	64	88	
11/X „ . . .	128	46	28	— [1]	
17/X „ . . .	104	29	32	— [1]	
Среднее	124	52	43	— [2]	
Среднее в % .	100	42	35	— [2]	

[1]) Вследствие наступления у кролика гипогликемических судорог ему была введена глюкоза, а поэтому определение сахара в крови не проводилось.

[2]) Среднее не вычислено, так как в большинстве опытов содержание сахара в крови через 3 часа не определялось.

Влияние борнокислого натрия на инсулиновую гипогликемию

Кролик № 12 Таблица № 5

Дата исследования	Норма	Время после инъекции			Примечание
		1 час	2 часа	3 часа	
2/X—39 г. . .	110	95	64	60	Инъекции 0,5 международной единицы инсулина pro kilo.
4/X „ . . .	100	68	70	74	
14/X „ . .	124	124	44	112	
Среднее	111	96	59	82	
Среднее в % .	100	86	44	74	
9/X—39 г. . .	91	23	27	59	Инъекции 0,5 международной единицы инсулина + 10 мгр бора pro kilo
11/X „ . . .	112	31	22	— [1]	
7/X „ . . .	104	29	32	— [1]	
Среднее	102	28	27	— [2]	
Среднее в % .	1 0	27	26	— [2]	

[1]) Вследствие наступления у кролика гипогликемических судорог ему было введена глюкоза, а поэтому определение сахара в крови не проводилось.

[2]) Среднее не вычислено, так как в большинстве опытов содержание сахара в крови через 3 часа не определялось.

Выводы

1) Подкожные ин'екции кроликам бора (в виде борнокислого натрия) в дозе 2—3 мгр pro kilo не оказывает заметного влияния на содержание сахара в крови; большие дозы (5—10 мгр pro kilo) вызывают незначительное уменьшение сахара в крови.

2) Борнокислый натрий, не оказывая определенного влияния на адреналиновую гипергликемию, усиливает гипогликемическое действие инсулина.

Литература

1) Бобко и сотрудники.—Сборник „Микроудобрения" под ред. Бобко изд. С.-Х. Акад. им. Ленина, 1937 г.

2) Украдич, Онищенко и Олексиюк.—Научные записки по сахарной промышленности, кн. I, 1934 г.

3) Белоусов.—Труды всесоюзного инст. свекловичного полеводства, т. I, в. I, 1936 г.

4) Мазаев.—Ботанический Журнал СССР, т. XXIII, № 1.

5) Scharer u. Schropp.—Berichte ü. d. ges. Physiol. u. exper Pharmakoll, т. 84, стр. 226 1935 г.

6) Schmucker.—Там же т. 86 стр. 232, 1935 г.

7) Sideris u. Kraus.—Там-же, т. 70, стр. 489, 1933 г.

8) Bertrand, Agulhon, Moscati.—Цит. по Gmelin's Handbuch der anorganischen Chemie. Teil 13, Bor, 1926 г.

9) Mayer.—Berichte ü. d. ges. Physiol. u. exper. Pharmakol. т. 89, стр. 647, 1936 г.

10) Loeper, Soulie и Bioy.—Там-же, т. 69, стр. 600, 1932 г.

11) Беренштейн и Довгалев.—Ученые Записки Витебского Ветеринарного Института, 1939 г.

12) Беренштейн, Мартыненко и Рейнфельд.—Ukrainisches Zentralblatt f. Blutgruppenforschung u. Bluttranfusion, T. I (VI), кн. 2—3, 1932 г.

13) Александров.—Труды Белорусского Института Гематологии и Переливания крови. Т. II, стр. 65, 1938 г.

14) Biot, Dignon,—цит. по Lunden'y. Biochem. Zs., T. 207, 1929 г.

15) Rimbach u. Weber.—Zs. f. phys. Ch. T. 51, 1905 г.

16) Thomas u. Kalman.—Compt. rend. Acad. des sciences, Paris. T. 196, стр. 1673, 1932 г.

17) Baugault.—Berichte ü. d. ges. Physiol. u. exper. Pharmakol. T. 74, стр. 219, 1933 г.

18) Беренштейн.—Biochemische Zs. T. 215 № 4—6, 1929 г.

19) Беренштейн и Айзенберг.—Украинский Химический Журнал, № 4, 1933 г.

20) Беренштейн и Шпаковский.—Там-же. Т. XI, вп. 6, 1936 г.