

8/14

-218987-

КЭ

218987

1405

ДОКЛАДЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ БССР
НА МЕЖДУНАРОДНУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ
ПО МИРНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

О. К. КЕДРОВ-ЗИХМАН

Со⁶⁰ В ИЗУЧЕНИИ РОЛИ КОБАЛЬТА
КАК МИКРОЭЛЕМЕНТА
В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ

Москва—1955

218987

Белорусская Республиканская
научная сельскохозяйственная
БИБЛИОТЕКА

В борьбе за изобилие сельскохозяйственных продуктов в нашей стране строящегося коммунизма важнейшее значение имеет химизация земледелия — применение в широких размерах минеральных и органических удобрений и приемов химической мелиорации почвы. Химизация земледелия является особенно эффективным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимо принять все меры к тому, чтобы имеющиеся у нас возможности в отношении применения удобрений были использованы как можно более полно. Наряду с применением таких удобрений, которые используются уже в настоящее время в значительных размерах, необходимо внедрить в практику и такие удобрения, которые в настоящее время или совсем не применяются, или применяются в незначительном количестве.

Это прежде всего относится к микроудобрениям, из которых у нас сейчас применяются борные, медные и марганцевые удобрения. Между тем результаты научно-исследовательской работы говорят о том, что значительные прибавки урожая в наших почвенных и климатических условиях могут давать и различные другие микроэлементы. Поэтому перед научно-исследовательскими учреждениями Советского Союза стоит задача всесторонне изучить действие на сельскохозяйственные растения удобрений, содержащих эти микроэлементы, и выяснить условия наиболее эффективного применения их в целях повышения урожайности культурных растений.

Одним из таких микроэлементов, применение которого могло бы сыграть большую роль в борьбе за повышение урожайности колхозных полей, является кобальт. По исследованию значения кобальта для сельского хозяйства проведено много работ, в результате которых выяснен ряд весьма важных вопросов, имеющих значение в животноводстве, — работы В. В. Ковальского и В. С. Чебаевской [1], Я. М. Берзина [2], Б. Малайшкайте [3], М. И. Рамбиди [4]. Изучены также различные вопросы, касающиеся применения этого микроэlemen-

та в медицине,— работы О. В. Николаева [5], А. О. Войнара [6], В. А. Леонова [7]. В связи с изучением значения кобальта в животноводстве и медицине проведен ряд исследований по выяснению содержания его в различных растениях и почвах — работы Я. В. Пейве и И. Г. Айзупете [8], Я. В. Пейве [9], П. А. Власюк [10], Аскью (Askew [11]), Митчелл (Mitchell [12]), Клайдт, Стефен, Фирман (Klyde, Stephen, Firman [13]). Однако, несмотря на большое число исследований по указанным выше вопросам, в международной литературе утвердилось не изжитое еще сейчас неправильное мнение, что кобальт не оказывает действия на рост, развитие и урожай растений и что поэтому кобальтовые удобрения не имеют никакого значения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Накамура (Nakamura [14]), Николас, Томас (Nicholas, Thomas [15]) и др.).

Это неправильное мнение опровергнуто работами Института социалистического сельского хозяйства Академии наук Белорусской ССР и Лаборатории известкования почв Всесоюзного научно-исследовательского института удобрений, агрохимии и агропочвоведения Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (ВИУАА).

Еще в 1942 г. в вегетационном опыте, проведенном автором настоящего доклада вместе с О. Э. Кедровой-Зихман [16], в условиях известкования дерново-подзолистой почвы кобальт дал значительное повышение общего урожая и урожая корней кок-сагыза и усиление каучуконакопления.

Результаты дальнейших исследований, проводившихся нами, начиная с 1947 г., совместно с Л. Н. Проташик, подтвердили данные опыта с кок-сагызом в отношении ряда других культур — клевера, льна, озимой ржи и показали, что действие кобальта на растения при выращивании последних на кислых дерново-подзолистых почвах в сильной степени зависит от известкования этих почв. В то время как при известковании дерново-подзолистых почв с повышенной кислотностью кобальт дает значительное повышение урожая растений, при внесении таких же доз этого элемента в неизвесткованную почву, положительное действие его проявляется очень слабо, или совсем не проявляется, или даже при этом имеет место отрицательное действие [17].

В результате проведения вегетационных и полевых опытов был выяснен также ряд других вопросов о действии кобальта на растения. Было установлено, что положительное действие кобальта проявляется в большей степени в отношении генеративных, чем вегетативных органов; что кобальт может значительно ускорить созревание семян; что под влиянием кобальта может повыситься содержание жира в семенах льна и выход

волокна, содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы; что дозы кобальта, которые можно рекомендовать для применения с целью повышения урожая растений в первый год после внесения его в почву (1—1,5 кг кобальта на гектар), могут оказать значительное последствие на следующие культуры [17, 18].

Вегетационные и полевые опыты последних лет, проведенные нами вместе с Р. Е. Розенберг в Институте мелиорации водного и болотного хозяйства Академии наук БССР, показали, что кобальт оказывает положительное действие на урожай сельскохозяйственных растений также на торфяно-болотных почвах низинного типа и без применения известкования [18].

В последние годы наблюдалось положительное действие кобальта на виноград в опытах О. К. Добролюбского [19]. Кроме того, отмечено положительное действие на растения ионизирующих излучений кобальта в исследованиях последнего времени академика П. А. Власюк [20].

Начиная с 1951 г., нами вместе с А. Н. Кожевниковой был проведен ряд исследований с применением Co^{60} . В 1954 г. в эту работу включилась также А. Ф. Агафонова. Целью указанных исследований было, во-первых, выяснение при помощи Co^{60} действия кобальта на почву и растения в зависимости от известкования, а во-вторых, изучение действия излучений радиоактивного изотопа кобальта на сельскохозяйственные растения.

Эти исследования состояли из вегетационных опытов и связанных с ними исследований лабораторного характера, в частности учета активности. Опыты проводились в сосудах Митчерлиха обычного размера. Для опытов применялись три дерново-подзолистые почвы Лесной дачи Сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (ТСХА) и Центральной опытной станции ВИУАА. Первая из этих почв по механическому составу — супесчаная, остальные две — среднесуглинистые. Агрохимические показатели почв приведены в таблице 1.

Для вегетационных опытов в первые двух лет, в которых выяснилось сравнительное действие на сельскохозяйственные растения обыкновенного кобальта и Co^{60} , брали почву Лесной дачи ТСХА, которую вносили в каждый сосуд в количестве 6 кг в пересчете на сухое состояние. Основным опытным растением служил ячмень. Действие кобальта в этих опытах изучалось на неизвесткованной и известкованной почве. Известь применяли в виде химически чистого препарата углекислого кальция из расчета однократной гидролитической кислотности. Во все сосуды вносили также питательные элементы: азот, фосфор, калий из расчета 0,5 действующего вещества на сосуд. Наряду с обыкновенным кобальтом в часть сосудов, согласно схеме,

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почв

Агрохимические показатели	Почва Лесной дачи ТСХА, II квартал	Почва ЦОС Барыбино I	Почва ЦОС Барыбино II
pH солевой вытяжки	4,3	4,3	4,2
Гидролитическая кислотность, м/экв на 100 г почвы . . .	4,8	4,0	6,5
Обменная кислотность, м/экв на 100 г почвы	—	0,4	0,5
Сумма поглощенных оснований, в м/экв на 100 г почвы	6,9	6,4	5,7
Степень насыщенности почв основаниями, %	59,3	65,0	46,5
Al по Пейве, мг на 100 г . . .	10,1	—	—
Al по Соколову, мг на 100 г . . .	—	3,2	3,9
Гумус по Тюрину, %	—	2,9	2,0

вносили радиоактивный изотоп кобальта (Co^{60}) в двух дозах, соответствующих 160 и 480 микроюри. Как обыкновенный кобальт, так и его радиоактивный изотоп применялись в виде азотнокислой соли. В основной части опыта кобальт вно-

Таблица 2

Действие обыкновенного кобальта и Co^{60} на урожай ячменя. (6 мг Со на сосуд). Вегетационный опыт 1951 г.

Фон	Вариации опыта	Общий урожай		Зерно	
		г/сосуд	%	г/сосуд	%
Без извести	Без Со	25,2	100	7,9	100
	Обыкновенный Со	20,2	80	6,0	77
	Co^{60}	21,8	87	8,2	104
Известь	Без Со	34,6	100	13,1	100
	Обыкновенный Со	38,6	111	15,3	117
	Co^{60}	43,8	126	17,6	135

сили из расчета 6 мг Со на сосуд, а в варианте с его высшей дозой — из расчета 20 мг на сосуд. Повторность опытов была четырехкратная.

Данные об урожае ячменя в одном из этих опытов, который был проведен в 1951 г., приведены в табл. 2.

Данные таблицы показывают, что кобальт оказал положительное действие на урожай ячменя при известковании почвы. При этом в сосудах с Co^{60} ~~как~~ положительное, ~~так и отрицательное~~ действие кобальта проявилось сильнее, чем без внесения его в почву. Из данных таблицы видно также, что положительное действие кобальта проявляется сильнее в отношении зерна, чем в отношении общего урожая. На неизвесткованной почве как общий урожай, так и урожай зерна ячменя под влиянием кобальта не только не повысились, но в большинстве случаев даже заметно понизились.

В дальнейших исследованиях мы изучали также процессы превращения соединений кобальта в почве, поступления их в растение и распределения между органами растения в связи с известкованием кислых дерново-подзолистых почв. Часть полученных при этом результатов излагается ниже.

В одном из этих опытов сравнивалось действие обыкновенного кобальта с действием смеси его с радиоактивным изотопом — Co^{60} . Для этого опыта применялась та же почва Лесной дачи ТСХА, что и в опыте 1951 г. Кобальт вносили в почву в двух дозах, из расчета 7 и 20 мг Со на сосуд. При этом в сосудах с Co^{60} содержание последнего соответствовало 160 и 480 микроюри. Действие обыкновенного кобальта и Co^{60} сравнивалось на неизвесткованной и известкованной почве. Поэтому в часть сосудов, согласно схеме, вносили химически чистый препарат CaCO_3 из расчета однократной гидролитической кислотности. Данные об урожае в этом опыте приводятся в таблице 3.

Как видно из данных таблицы, общий урожай и урожай зерна ячменя, значительно повысившийся под влиянием известкования, дал во всех случаях прибавку и под влиянием радиоактивных излучений Co^{60} . Таким образом, результаты этого опыта, так же как опыта 1951 г., показывают, что при внесении радиоактивного изотопа кобальта Co^{60} в правильно выбранной дозе радиоактивные излучения его могут оказывать положительное действие на рост, развитие и урожай растений.

В целях выяснения превращений кобальта в почве и влияния известкования на подвижность и доступность для растений соединений этого элемента было проведено измерение радиоактивности жидкости поддонников митчерлиховских сосудов, накапливающейся при проливании воды через почву. Для этого через почву митчерлиховских сосудов после уборки урожая

Таблица 3

Урожай ячменя в опыте с обыкновенным кобальтом и Co^{60} .
Вегетационный опыт 1952 г.

Варианты опыта	Без извести				CaCO_3			
	Общий урожай		Зерно		Общий урожай		Зерно	
	г/сосуд	%	г/сосуд	%	г/сосуд	%	г/сосуд	%
Обыкновенный Co , низшая доза . . .	32,5	100	10,4	100	51,2	100	16,7	100
Co^{60} , низшая доза	41,5	129	15,7	151	55,2	108	22,6	135
Обыкновенный Co , высшая доза . . .	31,6	97	10,0	96	46,8	91	16,4	98
Co^{60} , высшая доза	39,1	123	14,9	143	55,2	108	22,2	132

проливалась вода до накопления в поддонниках 1 л фильтрата. Затем эта жидкость выпаривалась до 50 мл, из которых для исследования отбирали 10 мл, выпаривали досуха, производили измерение активности и устанавливали содержание кобальта. Результаты этих исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4

Активность 1 л жидкости поддонников и содержание в ней кобальта. Вегетационный опыт 1952 г.

Варианты опыта	Активность, нмп/мин	Количество кобальта, мг
Co^{60} , низшая доза	510	0,00179
$\text{CaCO}_3 + \text{Co}^{60}$, низшая доза	В пределах фона	—
Co^{60} , высшая доза	755	0,00265
$\text{CaCO}_3 + \text{Co}^{60}$, высшая доза	415	0,00145

Из данных этой таблицы видно, что содержание кобальта в жидкости поддонников колебалось в широких пределах в зависимости от того, сколько его было внесено в почву, и от известкования почвы.

Из неизвесткованной почвы при внесении низшей дозы кобальта (7 мг на сосуд) в жидкость поддонников перешло не в

3 раза меньше, а всего лишь примерно на 30% меньше кобальта, чем при внесении высшей дозы (20 мг на сосуд). Такое соотношение между количеством кобальта, внесенного в почву, и содержанием в жидкости поддонников при различных дозах его говорит о том, что основная часть внесенного кобальта поглощается почвой — входит в почвенный поглощающий комплекс. Следовательно, переход кобальта из почвы сосудов в промывные воды определяется не только общим содержанием его в почве, но и подвижным равновесием, устанавливающимся в каждый данный момент между катионами кобальта, содержащимися в поглощающем комплексе почвы, и катионами почвенного раствора. Кроме того, на переход кобальта из почвы в жидкость поддонников должно оказывать влияние поглощение его корнями высших растений и микроорганизмами.

При известковании почвы, в случае внесения высшей дозы кобальта в жидкость поддонников перешло значительно меньше кобальта, чем из неизвесткованной почвы, а при внесении низшей дозы кобальта в жидкости были обнаружены лишь следы его. Такое явление можно объяснить переходом растворимых соединений кобальта в почве в малоподвижное трудно-растворимое в жидкости поддонников (представляющей собой разбавленный почвенный раствор) состояние. Из данных таблицы также следует, что под влиянием извести растворимые соединения кобальта переходят в менее подвижное состояние, чем при поглощении частицами поглощающего комплекса.

В целях изучения процесса поступления в растение кобальта из почвы в зависимости от известкования последней и распределения поступившего в растение кобальта между отдельными его органами было проведено определение активности в урожае ячменя в отдельных органах растения. Для этого был установлен вес отдельных органов в урожае ячменя на сосуд, затем сухая масса отдельных органов озаливалась и в полученной золе измерялась активность при помощи счетчика Гейгера-Мюллера. Учитывая результаты этих измерений и содержание Co^{60} в применяемом для опыта препарате меченого кобальта, устанавливали содержание кобальта в золе растений и в самом растении. При этом надежные результаты были получены лишь для вариантов с высшей дозой кобальта Co^{60} . Данные этих исследований приведены в таблице 5.

Данные таблицы 5 показывают, что ячмень может не только нормально расти и развиваться при весьма высоких дозах радиоактивного кобальта (до 480 микрокури включительно), но и давать при этом заметное увеличение веса всех органов растения.

Под влиянием известкования почвы содержание кобальта в растении в целом и во всех его органах резко уменьшилось.

Таблица 5
Вес и активность отдельных органов ячменя. Вегетационный опыт 1952 г.

Варианты опыта	Листья	Стебли	Плелки и оси	Зерно	Корни	Все растение
Вес, г/сосуд	9,8 14,0	8,7 12,5	5,6 6,5	14,9 22,2	6,1 8,1	45,1 63,1
Co ⁶⁰ CaCO ₃ +Co ⁶⁰						
Активность имп/мин (20 мг сухо- го вещества)	882 26	2334 79	1116 46	1001 38	6220 771	11559 960
Co ⁶⁰ CaCO ₃ +Co ⁶⁰						
% кобальта	0,000420 0,000010	0,000634 0,000015	0,000275 0,000011	0,000080 0,000004	0,006200 0,000823	— —
Co ⁶⁰ CaCO ₃ +Co ⁶⁰						

Из этого следует, что соединения кобальта, перешедшие при известковании почвы в менее подвижное состояние, стали менее доступными для растений, но все же не перешли в совершенно недоступное для последних состояние и в известной мере поглощались ими. Данные таблицы также говорят о том, что разные органы растений (в данном случае ячменя) резко различаются по содержанию кобальта. Особенно много кобальта накапливается в корнях. Меньше всего процентное содержание кобальта в семенах ячменя. Процентное содержание кобальта в ячменя (как в растении в целом, так и в отдельных его органах) может колебаться в очень широких пределах, в зависимости от содержания этого микроэлемента в питательной среде. Содержание кобальта в растениях может во много раз превышать количества его, необходимые для нормального развития последних. Особенно это относится к листьям.

Результаты последнего опыта в основном подтвердились в вегетационном опыте, проведенном также с ячменем в 1953 г., но на другой дерново-подзолистой почве, более тяжелого механического состава (почва Центральной опытной станции ВИУАА в Барыбине II). Данные этого опыта здесь не приводятся.

Кроме опытов с ячменем, для выяснения указанных выше вопросов нами был проведен ряд вегетационных и микровегетационных опытов с другими культурами, значительно различающимися по своим биологическим особенностям: белой горчицей, репой, редисом, столовой свеклой, фасолью. Для указанных опытов была взята почва Центральной опытной станции ВИУАА в Барыбине I.

В этих опытах вносили Co⁶⁰ только в дозе, соответствующей 342 микроюри, так как при менее высокой дозе определение активности в ряде случаев давало неясные результаты. При внесении же такой дозы хотя иногда и имело место некоторое понижение урожая, но определение активности и соответственно этому содержания кобальта в растении можно было проводить с достаточной точностью.

Один из опытов (в сосудах Митчерлиха) был поставлен с белой горчицей. Действие кобальта изучалось на известкованной и неизвесткованной почве. Кобальт был внесен из расчета 21,6 мг на сосуд, причем в часть сосудов наряду с обыкновенным кобальтом вносили также Co⁶⁰. В других отношениях условия постановки этого опыта с кобальтом соответствовали условиям, в которых был проведен опыт в 1952 г. Результаты опыта приводятся в таблице 6.

Как видно из этой таблицы, на неизвесткованной почве растения развивались очень плохо, в результате чего полученные данные не позволяют сделать каких-либо определенных выво-

Таблица 6

Действие обыкновенного кобальта и Co^{60} на урожай белой горчицы.
Вегетационный опыт 1954 г.

Варианты опыта	Общий урожай		Урожай семян	
	г/сосуд	%	г/сосуд	%
Контроль	1,4	100	0,15	100
Обыкновенный Со	2,9	204	0,16	107
Co^{60}	0,9	63	0,08	53
CaCO_3	38,8	100	9,31	100
То же + обыкновенный Со	40,9	106	9,57	103
То же + Co^{60}	34,0	87	10,31	111

дов. На известкованной же почве растения развились нормально, причем на фоне извести радиоактивный изотоп кобальта дал несколько больший урожай семян, чем внесенный в такой же дозе обыкновенный кобальт, при меньшей величине общего урожая.

В различных органах урожая горчицы была определена радиоактивность. Полученные при этом результаты приводятся в таблице 7.

Таблица 7

Активность (имп/мин) различных органов белой горчицы
(в 100 мг сухого вещества)

Органы растения	Co^{60}	$\text{CaCO}_3 + \text{Co}^{60}$
Семена	117	17
Листья	1010	22
Стебли	771	25
Стручки	904	178
Корни	1220	297

Данные таблицы показывают, что во всех органах растений горчицы, выросших на известкованной почве с невысокой, но достаточной для нормального развития концентрацией подвиж-

ных соединений кобальта, активность (а соответственно этому и содержание Co^{60} , а также суммарное содержание обыкновенного кобальта и Co^{60}) во много раз меньше, чем у растений, выросших на известкованной почве с высокой концентрацией доступного для них кобальта.

Из данных таблицы 7 также видно, что содержание кобальта в различных органах растений белой горчицы неодинаково и может колебаться в широких пределах, в зависимости от содержания доступных для растений соединений этого элемента в питательной среде. Подобно тому, что наблюдалось в опыте с ячменем, как на известкованной, так и на известкованной почве больше всего кобальта накопилось в корнях горчицы и меньше всего — в семенах. У растений, выросших на известкованной почве с достаточным для нормального их развития содержанием доступных соединений кобальта, органы растений белой горчицы в убывающем порядке по содержанию кобальта располагаются в следующий ряд: корни, стручки, стебли, листья, семена.

Другой вегетационный опыт по выяснению сравнительного действия обыкновенного и радиоактивного кобальта, поставленный с репой, был проведен также в митчерлиховских сосудах. Опыт этот проводился в таких же условиях, как опыт с белой горчицей. Полученные в результате учета урожая данные приведены в таблице 8.

Таблица 8

Действие обыкновенного кобальта и Co^{60} на урожай репы.
Вегетационный опыт 1954 г.

Варианты опыта	Общий урожай		Урожай корней		Сухой вес надземной массы	
	г/сосуд	%	г/сосуд	%	г/сосуд	%
Контроль	174	100	97	100	13,4	100
Обыкновенный Со	181	104	101	105	13,7	103
Co^{60}	145	90	98	101	11,5	86
Известь	195	112	104	107	15,9	119
То же + обыкновенный Со	206	119	109	113	18,2	136
То же + Co^{60}	169	97	100	103	11,7	88

На известкованной почве обыкновенный кобальт не оказал заметного действия на урожай репы, а на известкованной дал некоторое повышение общего урожая, урожая корней и урожая надземной массы. Под влиянием же радиоактивного изо-

топа кобальта общий урожай и урожай надземной массы репы понизился как на известкованной, так и на известкованной почве, а на урожай корней Co^{60} не оказал заметного действия. Можно полагать, что примененная в этом опыте доза радиоактивного кобальта оказалась слишком высокой.

В опытах, результаты которых изложены выше, выяснены различные стороны действия кобальта на растения. Однако в этих исследованиях почти совсем не был затронут вопрос о действии кобальта на процессы, происходящие в растительном организме. Учитывая это, в листьях репы описанного опыта были определены интенсивность дыхания и активность каталазы. Полученные при этом данные приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 9

Влияние обыкновенного кобальта и Co^{60} на интенсивность дыхания листьев репы

Варианты опыта	Количество CO_2 , выделенной 1 г сырой массы за 1 час, мг
Контроль	$0,64 \pm 0,02$
Обыкновенный Со	$0,79 \pm 0,03$
Co^{60}	$0,84 \pm 0,07$
Известь	$0,68 \pm 0,12$
То же + обыкновенный Со	$0,73 \pm 0,17$
То же + Co^{60}	$0,70 \pm 0,04$

Таблица 10

Влияние обыкновенного кобальта и Co^{60} на активность каталазы в листьях репы

Варианты опыта	Активность каталазы
Контроль	$8,50 \pm 0,20$
Обыкновенный Со	$7,48 \pm 0,02$
Co^{60}	$8,25 \pm 0,02$
CaCO_3	$8,10 \pm 0,30$
То же + обыкновенный Со	$8,65 \pm 0,20$
То же + Co^{60}	$8,55 \pm 0,25$

Как видно из данных таблицы 9, под влиянием кобальта в растениях, выросших на известкованной почве, интенсивность

дыхания листьев репы заметно повысилась, причем положительное действие радиоактивного изотопа проявилось несколько сильнее, чем действие обыкновенного кобальта. На известкованной же почве как под влиянием обыкновенного кобальта, так и под влиянием Co^{60} наметилась лишь тенденция к усилению дыхания. Очевидно, из известкованной почвы, где концентрация доступных для растений соединений кобальта была ниже, чем в известкованной почве, в растения перешло гораздо меньше кобальта, вследствие чего доза его для вариантов с известью оказалась недостаточной для того, чтобы оказать заметное влияние на интенсивность дыхания.

Данные таблицы 10 показывают, что на известкованной почве кобальт оказал понижающее действие на активность каталазы. Такое понижающее действие проявилось сильнее у обыкновенного кобальта, чем у радиоактивного. На известкованной почве, наоборот, под влиянием кобальта (обыкновенного и Co^{60}) активность каталазы несколько повысилась. Это говорит за то, что в отношении влияния на активность каталазы примененная в этом опыте доза кобальта была слишком высока.

Сравнивая данные по учету урожая в опыте с репой с данными о влиянии кобальта на интенсивность дыхания и активность каталазы в листьях этого растения, мы видим, что оптимальные дозы для наибольшего повышения урожая, наибольшего усиления интенсивности дыхания и наибольшего повышения активности каталазы не совпадают. В то время как для повышения урожая и для усиления активности каталазы примененная доза кобальта была слишком высокой, для усиления интенсивности дыхания она оказалась недостаточной.

Наряду с этим, Co^{60} оказал отрицательное действие на урожай репы, в то время как при внесении обыкновенного кобальта это не имело места, но в отношении интенсивности дыхания и активности каталазы Co^{60} проявил в общем положительное действие не в меньшей степени, чем обыкновенный кобальт. Таким образом, действие кобальта на растения носит весьма сложный характер и в сильной степени зависит от условий, в которых произрастает растение.

Третий опыт, в котором сравнивалось действие обыкновенного и радиоактивного кобальта на растения, был проведен с редисом, также в митчерлиховских сосудах обычного размера, в таких же условиях, как опыты с белой горчицей и репой. Результаты этого опыта приведены в таблице 11.

Из данных этой таблицы видно, что под влиянием известкования значительно повысился как общий урожай, так и урожай стеблеплодов редиса. Кобальт во всех случаях, как на известкованной, так и известкованной почве, оказал отрицательное

Таблица 11

Действие обыкновенного кобальта и Co^{60} на урожай редиса.
Беготационный опыт 1954 г.

Варианты опыта	Общий урожай		Урожай стебле-плодов	
	г/сосуд	%	г/сосуд	%
Контроль	173	100	92	100
Обыкновенный Со	157	92	83	91
Co^{60}	129	75	60	65
CaCO_3	274	159	159	179
То же + обыкновенный Со	226	130	135	147
То же + Co^{60}	176	102	113	122

действие на общий урожай и урожай стеблеплодов редиса. При этом отрицательное действие у радиоактивного кобальта проявилось сильнее, чем у обыкновенного.

В таблице 12 приведены величины активности в различных органах и частях редиса. Эти данные показывают, что растения редиса, так же как и другие опытные растения, выросшие на известкованной почве, содержали кобальта гораздо больше, чем растения, выросшие на известкованной почве. Вместе с тем по содержанию кобальта различные органы и части

Таблица 12

Активность (имп/мин) различных органов и частей редиса
(в 100 мг сухого вещества)

Органы и части растений	Co^{60}	$\text{CaCO}_3 + \text{Co}^{60}$
Мелкие корешки	823	218
Кончик редиски	415	47
Средняя часть редиски	292	62
Верхушка редиски	331	74
Листья, нижняя пара	918	37
Листья, средняя пара	748	42
Листья верхние	569	30
Жилки и черешки нижней пары листьев	273	26
То же, средней пары листьев . .	432	28
То же, верхних листьев	192	34

редиса значительно отличаются друг от друга и содержание кобальта в них может колебаться в весьма широких пределах. При этом в растениях, выросших на известкованной почве при отсутствии излишка кобальта, но достаточном содержании его для получения нормального урожая, наиболее высоким содержанием кобальта отличаются мелкие корешки. Значительно меньше кобальта содержится в различных частях стеблеплодов, еще меньше в листьях и меньше всего в жилках и черешках.

У растений же, выросших на известкованной почве, наибольшее содержание соединений кобальта было найдено в мелких корешках и в нижних листьях редиса. Заметно меньшее содержание кобальта было найдено в средних листьях и еще меньшее в верхних. Меньше, чем в корешках и листьях, было обнаружено кобальта в различных частях стеблеплода и в жилках и черешках.

Анализируя данные об активности редиса в нашем опыте, можно отметить следующие характерные особенности распределения кобальта между различными органами и частями редиса: во-первых, особенно высокое по сравнению с другими органами содержание кобальта в мелких корешках редиса при выращивании его на известкованной почве с низкой, но достаточной для нормального развития растений концентрацией доступных соединений этого микроэлемента; во-вторых, особенно сильное накопление кобальта в листьях редиса при высокой концентрации его соединений в питательной среде в известкованной почве; в-третьих, то, что при высокой концентрации доступного для растений соединения кобальта в питательной среде содержание его в листьях значительно больше, чем в стеблеплодах, а при меньшем, хотя и достаточном для нормального развития растений содержании кобальта в питательной среде, наоборот, больше кобальта содержится в стеблеплодах, чем в листьях.

ВЫВОДЫ

Результаты наших исследований по изучению кобальтового питания растений с применением Co^{60} и выяснению действия радиоактивного кобальта на растения позволяют сделать следующие основные выводы.

1. В кислых дерново-подзолистых почвах содержание доступного для растений кобальта весьма значительно. Поэтому внесение кобальтового удобрения в эти почвы даже в небольших дозах обычно не дает заметного повышения урожая растений, или совсем не повышает урожая, или даже оказывает отрицательное действие.

218987

Белорусская Республиканская
научная сельскохозяйственная
БИБЛИОТЕКА

2. При известковании дерново-подзолистых почв подвижные соединения кобальта переходят в менее растворимое и в менее доступное для растений состояние, в результате чего питательный режим почвы в отношении кобальта резко ухудшается. При внесении в таких условиях в почву растворимых соединений кобальта последние также становятся менее доступными для растений, но, несмотря на это, питательный режим почвы в отношении кобальта значительно улучшается. Поэтому кобальтовое удобрение в условиях известкования дерново-подзолистых почв дает значительное повышение урожаев сельскохозяйственных растений.

3. При внесении в почву кобальта в виде растворимых солей, кроме перехода их в менее подвижное состояние вследствие взаимодействия с известью, значительная часть этого микроэлемента поглощается почвой (коллоидным комплексом почвы) в результате катионного обмена. Этот процесс происходит как в неизвесткованных, так и в известкованных почвах.

4. В результате перехода растворимых соединений кобальта под влиянием известкования в менее доступное для растений состояние из известкованной почвы в растение поступает гораздо меньше кобальта, чем из неизвесткованной. Это относится как к растению в целом, так и ко всем его органам.

5. Содержание кобальта в различных органах растения неодинаково и колеблется в широких пределах в зависимости от содержания доступных для растений соединений этого элемента в питательной среде. Больше всего кобальта содержится в корнях растений, а при избыточном кобальтовом питании также в листьях, меньше всего в семенах.

6. При правильно выбранной дозе Co^{60} радиоактивные излучения его могут оказывать положительное действие на рост, развитие и урожай растений (ячмень, белая горчица), а при слишком высокой дозе — отрицательное.

7. Кобальт может оказывать как положительное, так и отрицательное действие на интенсивность дыхания и активность каталазы в листьях растений (репа), в зависимости от дозы.

8. Радиоактивный изотоп кобальта Co^{60} , применение которого много способствовало выяснению превращений кобальта в почве в связи с ее известкованием, а также процессов поступления кобальта в растение и распределения его между отдельными органами последнего в зависимости от известкования почвы, должен быть широко использован в дальнейших исследованиях по выяснению взаимодействия соединений кобальта с почвой и действия этого элемента на рост, развитие и урожай растений и обмен веществ в растительном организме.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Ковальский и В. С. Чебаевская. Доклады Всесоюзной Акад. с.-х. наук им. Ленина, вып. 2, 45, (1949).
2. Я. М. Берзин. Известия Акад. наук СССР, 473, (1952).
3. Б. Малашкайте. Влияние кобальтовой подкормки на повышение продуктивности литовских гусей. Сб. «Микроэлементы» (тезисы докладов), Изд. Акад. наук Латвийской ССР, стр. 72, (1955).
4. М. И. Рамбиди. Влияние кобальта на углеводный обмен у овец, там же, стр. 85.
5. О. В. Николаев. Роль микроэлементов в физиологии и патологии желез внутренней секреции, там же, стр. 80.
6. А. О. Войнар. Значение микроэлементов для центральной нервной системы, там же, стр. 57.
7. В. А. Леонов. Медь, цинк, кобальт, никель в крови и органах детей в норме и патологии, там же, стр. 77.
8. Я. В. Пейве и И. Г. Айзупете. О содержании кобальта в почвах Латвийской ССР, Изд. Акад. наук Латвийской ССР, 5 (22), 18, (1949).
9. Я. В. Пейве. Кобальт в почвах Латвийской ССР и значение его в сельском хозяйстве. Сб. «Микроэлементы в жизни растений и животных», Изд. Акад. наук СССР, стр. 473, (1952).
10. П. А. Власюк. Содержание подвижных форм микроэлементов меди, цинка, бора и кобальта в почвах Украинской ССР. Сб. «Микроэлементы» (тезисы докладов), Изд. Акад. наук Латвийской ССР, стр. 47, (1955).
11. H. O. Askew. Journ. Sci. Techn., 20 A, 302, (1939).
12. K. L. Mitchell. Soil Sci., 60, 1, (1945).
13. H. Clyde, J. T. Stephen a. E. Firman. Bear cobalt status of New-Jersey soils and forags plants and factors affecting the cobalt conteint of plants.
14. M. Nakamura. Bull. Col. Agr. Tokyo Imp. Univ., 6, 147, (1904).
15. D. J. D. Nicholas, W. D. Thomas. Some effects of heavy metals on plants grown in soil culture, part 1, Plant and soil, № 1, p. 67, (1953).
16. О. К. Кедров-Зихман и О. Э. Кедрова-Зихман. Доклады Всесоюзной Акад. с.-х. наук им. Ленина, вып. 9—10, стр. 7, (1942).
17. О. К. Кедров-Зихман. Применение микроудобрений в жизни растений и животных, Изд. Акад. наук СССР, стр. 2, (1952).
18. О. К. Кедров-Зихман, В. Е. Розенберг и Н. Е. Проташик. Действие кобальта и молибдена на сельскохозяйственные растения на дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах БССР, Сб. «Микроэлементы» (тезисы докладов), Изд. Акад. наук Латвийской ССР, стр. 25, (1955).
19. О. К. Добролюбский. Микроэлементы и виноградарство, там же, стр. 151, (1955).
20. П. А. Власюк. Влияние малых доз ионизирующих излучений радиоактивных изотопов цинка и кобальта на растения, там же, стр. 95, (1955).