

ПОСТУПЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ Mn-ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯ

А. И. КАРПУХИН, И. С. КАУРИЧЕВ, Е. И. ШЕСТАКОВ, Б. И. ШКАРИН
(Кафедра почвоведения)

Поглощение растениями Mn зависит от многих факторов, среди которых наиболее важными являются формы соединений Mn и мобильность его в почвах. Этот элемент присутствует в почве в виде свободных и сорбированных ионов, в органоминеральных комплексах различной растворимости и в составе минералов. Многочисленные данные [2, 6, 11] показывают, что в растворах почв подзолистого типа подавляющая часть поливалентных металлов, в том числе и Mn, находится в связанном с органическими веществами состоянии. Известно, что комплексные соединения играют значительную роль в питании растений, распределении химических элементов по органам и транспортировке металлов в растения из почвы [3, 8, 15].

Комплексы существенно влияют на доступность металлов растениям, регулируя поступление металлических катионов в их органы. На этом в настоящее время основано применение искусственных комплексонов для регулирования процессов накопления некоторых микроэлементов и их радиоактивных изотопов в растениях. В экспериментах с двойной меткой — по углероду и металлу — была показана принципиальная возможность поступления в растения хелатных соединений металла [8, 12]. Растения поглощают Fe, Co, Y, внесенные в почву в виде комплексных соединений (Me-ЭДТА), в большем количестве, чем эти же элементы, внесенные в виде простых солей [9]. Для борьбы с хлорозом на карбонатных почвах успешно использовались комплексоны, усиливающие поступление Fe в растения [3, 12]. Обнаружено, что Sr-ЭДТА поглощается рисом хуже, чем ионные формы этого элемента, и что скорость поступления комплексных соединений металлов в растения из растворов меньше, чем ионных форм [9]. Имеются также данные об увеличении

содержания доступных растениям форм металлов при использовании природных комплексообразователей [1]. В вегетационных опытах с ^{59}Fe установлено, что железосульфатные комплексы более доступны для корневого и некорневого питания фасоли и подсолнечника, чем ионные формы железа [4]. Как отмечают некоторые авторы [14], Cd настолько прочно связан гумусовыми соединениями, молекулярные массы которых относительно высокие, что становится недоступен растениям.

Сведения о влиянии искусственных и природных комплексообразователей на доступность Mn растениям крайне ограничены. Существенное значение в последнее время приобретает и следующий аспект. ^{54}Mn , являясь элементом наведенной активности, может создавать большую опасность для загрязнения сельскохозяйственных угодий, так как он, помимо того, что попадает во внешнюю среду в значительных количествах в результате испытаний ядерного оружия [7, 13], имеет большую по сравнению с другими элементами подвижность в биосфере и является элементом высокого биологического поглощения. Известно, что количество выпавшего на поверхность Земли ^{54}Mn в отдельных случаях может превышать уровень выпадений ^{90}Sr . Например, на территории США в 1962—1965 гг. количество выпавшего ^{54}Mn в 2—8 раз превышало уровень ^{90}Sr [10], на территории Англии — в 0,5—2,5 раза. Поэтому информация о поведении ^{54}Mn в системе почва — растение приобретает особо актуальное значение.

Нами была предпринята попытка оценить доступность Mn из Mn-органических соединений (МОС) искусственной и естественной природы. В качестве искусственных комплексонов были использованы полиаминополиуксусные кислоты (НТУ, ЭДТА), получившие в последнее время широкое распространение в практике сельского хозяйства и являющиеся высокоэффективными и сравнительно доступными, в качестве природных — фракции фульвокислот (ФК), полученные в результате систематизированной гель-хроматографии.

Методика

Эксперименты проводили в водной и почвенной культурах с проростками и растениями кукурузы.

В опытах с водной культурой семена кукурузы замачивали на фильтровальной бумаге при 28° , двухдневные проростки переносили на водопроводную воду, где они находились до 6—7-дневного возраста. К этому времени в приготовленный раствор комплексона вводили Mn, меченный ^{54}Mn . После того, как растения 3 сут поглощали ту или иную форму металла из водной культуры (контролем служили растения, находившиеся в растворе соли данного металла), их переносили на дистиллированную воду. Затем разделяли надземную массу и корни, высушивали при 105° , взвешивали и растирали. Активность определяли на автоматическом гамма-спектрометре Компьюгамма ГС (фирмы «ЛКБ-приборы»). Ошибка радиометрических измерений составляла не более 3 %.

В опытах с почвой к 500 г подзолистой почвы (горизонт A_1A_2 ; $pH_{\text{вод}}$ 4,9; гумус 1,4 %) добавляли комплексонаты Mn, аналогичные использованным в почвах с водной культурой. Кроме того, были испытаны меченные ^{54}Mn свежие и высушенные растительные остатки (надземные органы кукурузы) с целью сравнить использование Mn, поступившего в почву в форме Mn^{2+} и в составе остатков растений, так как этот элемент, присутствующий в почве, частично усваивается растениями и повторно возвращается в нее с опадом. В контроле Mn вносили в почву в ионной форме. Количество добавляемого к почве Mn составляло 1,75 мг. В каждый сосуд высаживали по 50 двухдневных проростков кукурузы, которые сверху засыпали 0,5 см слоем влажного песка. Влажность почвы доводили до 60 % полной влагоемкости. Растения выращивали при температуре $20 \pm 2^\circ$, освещенности 8000 лк и продолжительности светового дня 12 ч. Повторность опыта 2-кратная, продолжительность — 1,5 мес. Через 2 нед и через 1 мес после посева семян из каждого

сосуда отбирали по 10 растений для изучения кинетики накопления Мп в ходе вегетации. Для установления его активности через 1,5 мес срезали надземную массу растений, корни отмывали водой и весь растительный материал высушивали при 105°.

При изучении поступления в растения комплексных соединений и их распределения наиболее корректные результаты могут быть получены в экспериментах с двойной меткой — по углероду или водороду комплексона и металлу. Использование МОС с двойной меткой позволяет решать и некоторые физиологические вопросы, например, рассматривать механизм поступления и транспорт этих соединений в растения. На поступление органических соединений Мп в растения могут оказывать влияние такие факторы, как ферментативное расщепление их при контакте с корнем или, например, трансформация МОС внутри растений в процессе перераспределения. Если отношение $^{54}\text{Mn} : ^{14}\text{C}$ в растении будет аналогичным таковому в растворе, то можно с уверенностью говорить, что МОС поступают в растения в неизменном виде. В том случае, когда МОС поступают в растения целиком, т. е. в виде интактного комплексоната, а затем уже претерпевают различные превращения, то отношение активностей $^{54}\text{Mn} : ^{14}\text{C}$ в надземной массе и корнях покажет, происходит ли транслокация Мп в растениях в виде иона или в виде МОС.

Для решения этих вопросов нами был проведен эксперимент с водными культурами по методике, сходной с той, что использовалась при изучении поступления МОС с двойной меткой. Комплексонами служили фракции фульвокислот с различной ММ, totally меченные по углероду, которые были получены по методике [11] с применением систематизированной гель-хроматографии.

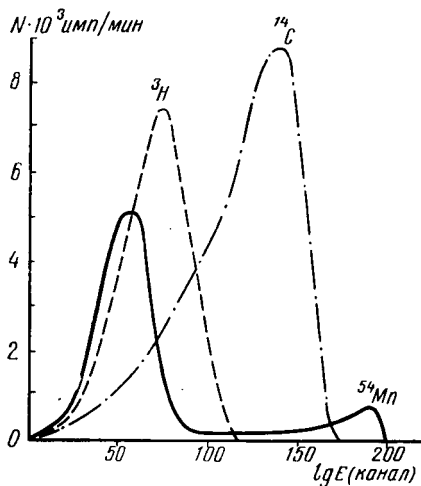


Рис. 1. Аппаратурные спектры, полученные на приборе «Rack-Beta».

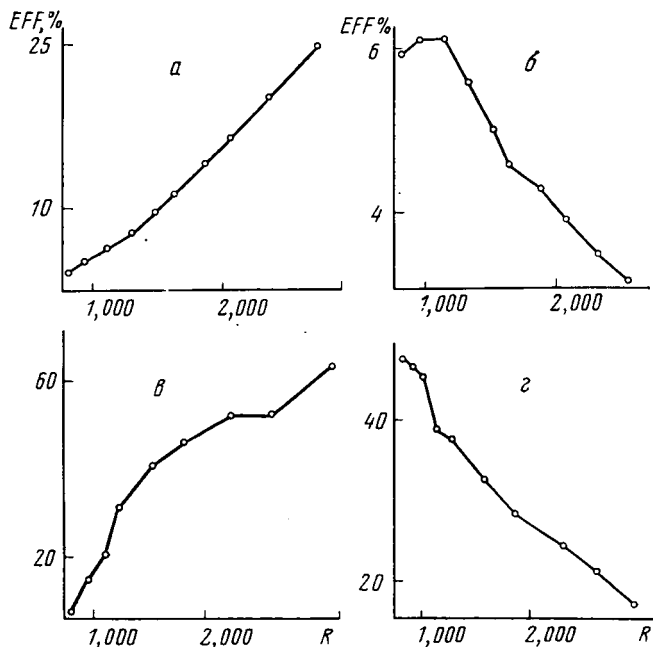


Рис. 2. Кривая гашения изотопа ^{54}Mn в окне Мп (а) и в окне ^{14}C (б); кривая гашения изотопа ^{14}C в окне ^{14}C (в) и в окне ^{54}Mn (г).

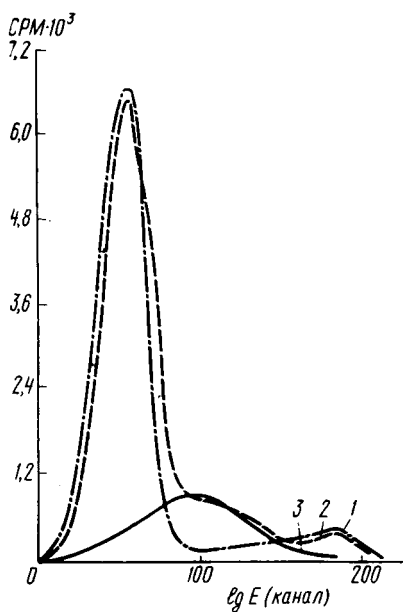


Рис. 3. Аппаратурные спектры, полученные на приборе «Rack-Beta» для образцов, содержащих ^{54}Mn (1), $^{54}\text{Mn} + ^{14}\text{C}$ (2) и ^{14}C (3).

активные метки по β -излучению, если их максимальные энергии различаются приблизительно на порядок. Такой парой, например, являются ^3H и ^{14}C . Поэтому для выяснения возможности совместного измерения активности изотопов ^{54}Mn и ^{14}C на ЖСС Рак-бета 1215-006 (фирмы «ЛКБ-приборы») предварительно были получены аппаратурные спектры ^3H , ^{54}Mn и ^{14}C .

Из рис. 1 видно, что аппаратурный спектр ^{54}Mn содержит два пика, образованных световыми фотонами, которые разделены значительным энергетическим интервалом. Низкоэнергетический пик образовался вследствие взаимодействия характеристического рентгеновского излучения, которое возникает при электронном захвате, с жидким сцинтиллятором, а высокоэнергетический пик спектра ^{54}Mn — в результате взаимодействия с γ -излучением. Энергетическое разделение низкоэнергетического пика ^{54}Mn и пика ^{14}C лучше, чем пиков ^3H и ^{14}C . Все это позволяет проводить измерения образцов, содержащих одновременно ^{54}Mn и ^{14}C , для которых были построены калибровочные кривые гашения для стеклянных виал с 10 мл сцинтиллятора ЖС-8 и гасителем CCl_4 (рис. 2).

Кривые гашения получены на основе метода отношения каналов внешнего стандарта. При измерении активности экспериментальных образцов (рис. 3) пришлось столкнуться с рядом трудностей, которые были вызваны цветовым гашением и хемолюминисценцией. От цветового гашения избавлялись путем применения солибилизаторов (NCS) на стадии приготовления экспериментальных образцов. В свою очередь, введение в счетный образец солибилизирующих агентов обусловило появление хемолюминисценции. Поэтому экспериментальные образцы до начала измерений выдерживали в течение 3—4 сут в холодильной камере и в некоторые образцы добавляли по 0,25 мл муравьиной кислоты для подавления хемолюминисценции.

Для контроля результатов определения активности образцов, меченных ^{54}Mn и ^{14}C , а также для измерения активности почвенных образцов, держащих ^{54}Mn , использовали γ -спектрометр (компьютерная ГС фирмы ИКБ-приборы). В табл. 1 представлен участок γ -спектра ^{54}Mn с пиком лного поглощения. На таком спектре было выбрано счетное окно, зволяющее измерять радиоактивность экспериментальных образцов

Однако при работе с препаратами, имеющими двойную метку, возникает ряд трудностей и прежде всего трудность определения активности каждого из компонентов. Некоторые исследователи [8] при этом пространственно разделяли металл и углерод, озоляя образец в токе воздуха. Выделявшийся $^{14}\text{CO}_2$ пропускали через сцинтиллятор, содержащий поглотитель углекислоты, и активность углерода определяли на β -спектрометре. Подобные методики трудоемки и отнимают много времени.

Нами разработана, апробирована и рекомендуется [5] методика радиометрических измерений органоминеральных соединений Mn с двойной меткой по ^{54}Mn и ^{14}C . Для этих целей были проведены предварительные радиометрические исследования с использованием изотопов ^{54}Mn и ^{14}C . Данный изотоп Mn является чистым γ -излучателем с $E = 0,835$ Мэв, а указанный изотоп углерода — β -излучателем с $E = 0,155$ Мэв. Известно, что на жидкостносцинтилляционных спектрометрах (ЖСС) можно успешно измерять образцы, содержащие две радиоак-

Участок γ -спектра ^{54}Mn с пиком полного поглощения

Канал	N, имп/мин	Относительная активность, %	Канал	N, имп/мин	Относительная активность, %
205—206	465	0,83	216—217	11 871	21,31
206—207	401	0,72	217—218	12 927	23,20
207—208	399	0,72	218—219	10 292	18,47
208—209	400	0,73	219—220	4 504	8,08
209—210	378	0,68	220—221	1 376	2,40
210—211	350	0,63	221—222	252	0,45
211—212	421	0,76	222—223	46	0,08
212—213	610	1,09	223—224	19	0,08
213—214	1131	2,03	224—225	26	0,05
214—215	2987	5,36		Σ 55 717	100,00
215—216	6857	12,31			

объемом 0,5 мл с эффективностью счета 24,4 %. Таким образом, предлагаемая методика позволяет без пространственного разделения проводить прямые радиометрические измерения органоминеральных соединений отдельно по изотопам ^{54}Mn и ^{14}C .

Результаты

Из табл. 2 видно, что комплексные соединения Mn накапливались в растениях в меньших количествах, чем ионная форма. Его поступление в растения снижалось под влиянием как ФК, так и искусственных комплексообразователей, причем наиболее значительно под действием ФК с $\text{MM} > 10\,000$. Концентрация Mn в растениях под влиянием искусственных комплексообразователей снижалась в 10—30 раз, а под действием ФК — в 3—40 раз (в 4—60 раз в надземной массе и в 4—30 раз в корнях), при этом ФК с $\text{MM} > 10\,000$, НТУ и ЭДТА можно объединить в одну группу, ФК с $\text{MM} 380$ занимали промежуточное положение. По-видимому, в изучаемом интервале MM и логарифмов констант устойчивости изученных МОС снижение количества Mn, поступившего в растения, в большей степени определяется устойчивостью комплексных соединений и в меньшей MM .

Таблица 2

Поступление ^{54}Mn из комплексных соединений в надземную массу (числитель) и в корни (знаменатель) кукурузы в условиях водной культуры

Показатель	MnSO_4 (контроль)	ФК	ФК	НТУ	ЭДТА
MM	151	380	$> 10\,000$	191	292
pK	2,28	5,48	15,46	7,44	14,07
Активность воздушно-сухого растительного материала, 10^{-3} мкКи/г	$102,2 \pm 3,1$ $187,8 \pm 5,4$	$24,0 \pm 0,6$ $44,5 \pm 1,4$	$1,7 \pm 0,1$ $6,5 \pm 0,2$	$7,4 \pm 0,2$ $16,0 \pm 0,4$	$4,3 \pm 0,3$ $10,9 \pm 0,4$
Поступило, % от внешнего	$16,5 \pm 0,5$ $16,5 \pm 0,4$	$4,1 \pm 0,2$ $4,6 \pm 0,3$	$0,3 \pm 0,1$ $0,6 \pm 0,1$	$1,5 \pm 0,2$ $1,3 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,1$ $0,7 \pm 0,1$
Соотношение удельных активностей корней и надземной массы	$1,84 \pm 0,3$	$1,85 \pm 0,2$	$3,82 \pm 0,4$	$2,16 \pm 0,3$	$2,53 \pm 0,4$
^{54}Mn в надземной массе, % от общего содержания в растении	$50,0 \pm 2,1$	$47,2 \pm 1,4$	$31,0 \pm 1,1$	$52,6 \pm 2,2$	$43,5 \pm 2,0$

Поглощение Мп из состава комплексов (в числителе — листья кукурузы, в знаменателе — корни)

ММ	Поступило в органы, % от внесенного		$^{54}\text{Mn} : ^{14}\text{C}$
	^{54}Mn	^{14}C	
380	$3,25 \pm 0,30$	$1,80 \pm 0,20$	$7,82 \pm 0,60$
	$3,63 \pm 0,30$	$3,08 \pm 0,30$	$5,12 \pm 0,40$
> 10 000	$0,36 \pm 0,05$	$0,22 \pm 0,05$	$7,30 \pm 0,50$
	$0,80 \pm 0,10$	$0,79 \pm 0,10$	$4,39 \pm 0,40$

П р и м е ч а н и е. Отношение $^{54}\text{Mn} : ^{14}\text{C}$ в растворе $4,35 \pm 0,50$

Практически полное совпадение соотношений удельных активностей корней и надземной массы в контроле и в варианте ФК с ММ 380 указывает на одинаковый характер распределения Мп в растениях в том и другом случае. Это, в свою очередь, позволяет предположить, что комплекс ФК (ММ 380)-Мп подвергается разрушению на первом физиологическом барьере растений — внешней стороне мембраны клетки корня, и Мп поступает в клетку в виде иона. В противном случае необходимо допустить, что комплекс ФК (ММ 380)-Мп и ион Мп вступают в обмен и транспортируются по растению с одинаковой скоростью, а это маловероятно. С другой стороны, значительное отклонение отношения $A_{\text{к}} : A_{\text{л}}$ у комплексов ФК (ММ > 10 000)-Мп, НТУ-Мп и ЭДТА-Мп от подобного отношения в контроле указывает на то, что они, по-видимому, поступают в клетки корня интактно, т. е. входят в клетку целиком, а затем уже претерпевают различные превращения в процессе транслокации в растении.

Для решения этих вопросов был проведен эксперимент с двойной меткой (табл. 3).

Как видно, отношение активностей Мп : ^{14}C в растворе аналогично таковому в корнях растений, выращенных на растворе, содержащем ФК с ММ > 10 000. Это, несомненно, говорит в пользу того, что по крайней мере в корнях кукурузы комплекс ФК-Мп (ММ > 10 000) поступает интактно. Отношение активностей $^{54}\text{Mn} : ^{14}\text{C}$ в 1,5 с лишним раза больше в листьях, чем в корнях. По всей вероятности, в процессе транслокации происходит разрушение комплекса на втором физиологическом барьере

Т а б л и ц а 4

Некоторые параметры, характеризующие поступление ^{54}Mn в кукурузу

Показатель	MnSO_4 (контроль)	Мп в составе		
		высушенных растительных остатков	свежих рас- тительных остатков	комплексных соединений с ЭДТА
Коэффициент биологического поглощения Мп:				
надземной частью через:				
0,5 мес	$4,3 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,4$
1,0 мес	$23,8 \pm 1,1$	$17,9 \pm 1,2$	$21,5 \pm 1,9$	$20,8 \pm 2,1$
1,5 мес	$24,7 \pm 2,3$	$19,9 \pm 1,5$	$22,9 \pm 1,8$	$22,6 \pm 1,7$
корнями через 1,5 мес	$8,3 \pm 0,7$	$5,3 \pm 0,5$	$5,6 \pm 0,6$	$5,8 \pm 0,7$
Соотношение удельных активностей корней и надземной массы Мп в надземной массе, % от общего в растении				
	$0,16 \pm 0,03$	$0,12 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,02$
Поступление Мп за 1,5 мес, % от внесенного:				
в надземную часть	$5,78 \pm 0,31$	$5,03 \pm 0,34$	$5,85 \pm 0,27$	$6,01 \pm 0,33$
в корневую систему	$1,91 \pm 0,10$	$1,68 \pm 0,09$	$1,48 \pm 0,12$	$1,77 \pm 0,10$
в растение	$12,09 \pm 0,56$	$10,66 \pm 0,66$	$11,96 \pm 0,73$	$13,63 \pm 0,76$

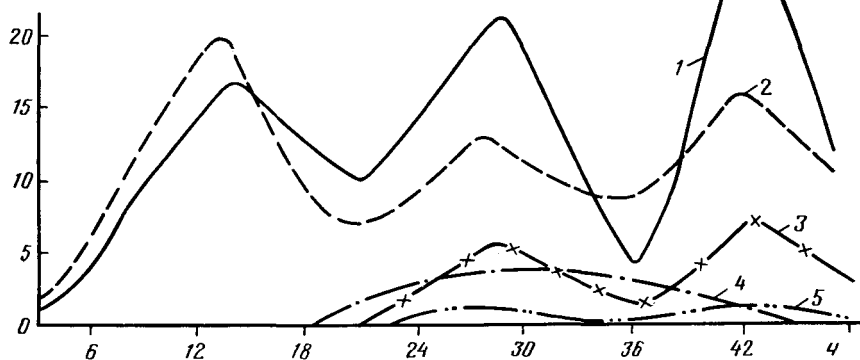


Рис. 4. Поступление комплексных Mn-органических соединений в подсолнечник при использовании метода пасоки.
1 — $^{54}\text{MnSO}_4$; 2 и 3 — ^{54}Mn в составе ФК (380)-Mn и ФК ($>10\,000$)-Mn; 4 и 5 — ^{14}C в составе ФК (380)-Mn и ФК ($>10\,000$)-Mn.

ре — корень — стебель. В первом приближении можно предположить, что скорость поступления Mn из корня в листья проростков кукурузы в 1,5 раза выше скорости поступления ФК. Более высокое отношение активностей ^{54}Mn : ^{14}C при ФК с ММ 380 по сравнению с раствором, по-видимому, свидетельствует о более высокой скорости поступления Mn в корни кукурузы, чем ФК. Следует отметить также, что в обоих вариантах ФК поступают в растения, причем с увеличением ММ количество ФК, поступившее в надземную массу кукурузы, уменьшается в 8 с лишним раз, а в корни — почти в 4 раза.

В микровегетационных опытах с почвой изучалось влияние на поступление Mn в кукурузу рН; микробиологической деятельности почвы, природных органических соединений, на фоне которых проводился эксперимент; железа, алюминия, а также некоторых микроэлементов, присутствующих в почве, для которых логарифм константы устойчивости больше, чем для Mn.

В отличие от водной культуры в опыте с почвой ЭДТА не оказывает заметного влияния на поступление Mn в растения. На ранних стадиях развития растений (2 нед) Mn в наибольшем количестве поглощался в ионной форме и в форме ЭДТА-Mn. В дальнейшем несколько больше его поступало в растения из свежих органических остатков и из комплекса с ЭДТА. Коэффициент биологического поглощения, определяемый как отношение удельной активности растительного материала к удельной активности субстрата, во всех случаях был больше 1. Этот показатель в надземной массе и корнях при всех сроках наблюдения различался незначительно по вариантам (табл. 4). Как видно из табл. 4, Mn концентрируется преимущественно в надземной массе. Из свежих растительных остатков он поступал более интенсивно и в больших количествах, чем из высушенных растительных остатков. Незначительная разница в отношениях удельных активностей надземной массы и корней в контроле и опыте может свидетельствовать о сходном механизме поступления Mn в растения во всех вариантах опыта.

С помощью методики отбора пасоки обнаружено поступление Mn как в составе комплексов, так и отдельно из комплексов в подсолнечник после перевода растений на раствор, содержащий либо MnSO_4 , либо комплексные соединения — ФК (ММ $>10\,000$)-Mn и ФК (ММ 380)-Mn.

Из рис. 4 видно, что поглощение Mn носит циклический характер. Интенсивность поглощения Mn в составе комплекса ФК (ММ $>10\,000$)-Mn значительно ниже, чем ионной формы Mn. Кроме того, совпадение пиков ^{14}C и ^{54}Mn в случае ФК (ММ $>10\,000$)-Mn указывает на интактное поступление данного комплекса в подсолнечник.

Выводы

1. Как искусственные комплексоны, так и естественные комплексообразователи (ФК) снижали поступление Мп в кукурузу.

2. В опытах с двойной меткой (по ^{54}Mn и ^{14}C) установлено, что Мп в комплексе с фракцией ФК ($\text{MM} > 10\,000$) поступает в клетки корня кукурузы интактно. Фракция ФК ($\text{MM} 380$) и Мп поступали из раствора в растения независимо друг от друга. Скорость поступления Мп была выше, чем органического лиганда.

3. Не обнаружено действия ЭДТА на поглощение растениями Мп в опыте с почвенной культурой.

4. Интенсивность поступления Мп из свежих растительных остатков несколько больше, чем из высушенных.

5. С помощью метода пасоки удалось обнаружить и подтвердить поступление Мп в подсолнечник как в составе комплексов, так и из комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова И. В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов. — В сб.: Орган. вещ-во целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972, с. 30—70. — 2. Антипов-Кара-таев И. Н., Цюрупа И. Г. О формах и условиях миграции веществ в почвенном профиле. — Почвоведение, 1960, № 8, с. 1—12. — 3. Дятлова И. М., Темкина В. Я., Селиверстова И. А. Физико-химическое исследование некоторых комплексонов и их комплексов с металлами-микроэлементами почвы. — В сб.: Комплексоны как средство против известкового хлороза растений. Киев: Наукова думка, 1965, с. 39. — 4. Карпухин А. И. Использование растениями железа из железозерганических комплексов. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 89—95. — 5. Карпухин А. И., Шестаков Е. И., Шкарин Б. И. Методические особенности спектрометрических измерений абсолютной активности комплексных соединений марганца двойной меткой по ^{54}Mn и ^{14}C . — Изв. ТСХА, 1983, вып. 2, с. 96—99. — 6. Кауричев И. С., Кулаков Е. В., Ноздрунова Е. М. К вопросу об образовании и миграции железозерганических соединений в почвах. — Почвоведение, 1958, № 12, с. 1—8. — 7. Коган Р. М. и др. Загрязнение почв ^{54}Mn при глобальных выпадениях продуктов ядерных взрывов. М.: Атомиздат, 1967, с. 81—85. — 8. Мазель Ю. Я., Темкина В. Я., Афанасьева И. Л. Влияние комплексонов на поглощение кальция и тяжелых металлов кукурузой. — Изв. ТСХА, 1982, вып. 3, с. 67—73. — 9. Молчанова И. В., Куликов Н. В. Радиоактивные изотопы в системе почва — растение. М.: Атомиздат, 1972. — 10. Современные проблемы радиобиологии. Т. 2. Радиэкология. М.: Атомиздат, 1971, с. 424. — 11. Фокин А. Д. Исследование процессов трансформации, взаимодействия и переноса органических веществ, железа и фосфора в подзолистой почве. — Автореф. докт. дис. М., 1975. — 12. Holmes R. S., Brown J. C. — Soil Sci., 1955, vol. 80, p. 167—169. — 13. Gaglione P., Ravera O. — Nature, 1965, vol. 204, N 4994, p. 215. — 14. Petruzzelli G., Guild G., Lubrano L. — Water, Air and Soil Pollution, 1977, vol. 8, N 4, p. 393—399. — 15. Wallace et al. — Soil Sci., 1957, vol. 84, N 1, p. 27—41.

Статья поступила 12 августа 1983 г.

SUMMARY

Uptake of complex manganese compounds by corn is studied with the help of radio-active indicators method in water and sand cultures. Such natural complex formers as fulvoacids alongside with ethylenediaminetetraacetate lowered Mn uptake by corn in case of water culture.

Application of ^{14}C and ^{54}Mn labelled Mn complex compounds permitted to determine multilateral character of their uptake by plants. Differences in uptake depend on molecular mass (MM). Complex compounds with $\text{MM} > 10\,000$ formed by Mn and fulvoacid came to root cells in intact way.