Сибирский экологический журнал, 6 (2010) 903–907

УДК 631.416.9:546.15

Солерастворимая форма йода в черноземе

Г. А. КОНАРБАЕВА

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail:konarbaeva@issa.nsc.ru

АННОТАЦИЯ

Обсуждаются результаты определения солерастворимой формы йода в черноземе, которую автор рассматривает как ближайший резерв доступного для растений йода. По отношению к данной форме йода черноземы в своем поведении сходны с гидроморфными почвами.

Ключевые слова: ближний резерв, солерастворимая форма йода, черноземы, раствор хлорида калия.

Необходимость йода для нормального функционирования живых организмов требует детального его изучения в объектах окружающей среды, которое, по нашему мнению, на сегодняшний день значительно отстает от исследования таких элементов, как цинк, медь, кадмий, стронций и ряда других тяжелых металлов.

Работы, выполненные в последние годы, в основном рассматривают вопросы, касающиеся валового содержания галогена и его водорастворимой формы в почвах [1–2], хотя изучение общего содержания элемента является малоинформативным, а водорастворимый йод из-за крайне низкой концентрации [3–4] не может отражать, например, реальную картину доступности элемента растениям.

В связи с этим большой интерес представляет изучение других подвижных форм галогена, которые мы называем “ближним резервом”. Концентрация подвижного йода, извлекаемого такими экстрагентами, как растворы кислот, щелочей и солей, в почве более существенна. Однако на сегодняшний день подвижные формы остаются малоизученными. Между тем они представляют практический интерес, так как необходимы для выявления обеспеченности почв галогеном для нормального роста и развития растений, а также для установления уровней толерантных и токсичных концентраций, что важно с точки зрения экологии.

Учитывая изложенное выше, мы обратили внимание на содержание и распределение по профилю почв солерастворимой формы йода, а также на возможные процессы, способствующие ее участию в снабжении растений йодом. Первоначально эта форма йода рассмотрена нами на примере интразональных почв (солонца глубокого и луговокарбонатной почвы), что, как всегда, связано с необходимостью использования свежеотобранных образцов [5].

Если для определения кислото- и щелочерастворимых форм предложены экстрагенты [6–7], то о содержании солерастворимой и слабосорбированной форм йода в почве практически ничего не известно. Для определения последних нами предложен в качестве экстрагента 0,1 н раствор KCl, соответствующий всем требованиям, предъявляемым таким растворам, что мы ранее подробно

Конарбаева Галина Акмуллдиновна

Таблица 1

Некоторые физико-химические свойства почв катены Барабинской равнины и содержание в них йода

Глубина отбора образца, см	pH	Гумус	Физ. глина	$I_{вал}$	$I_{солераст}$	$I_{водораст}$
		%		мг/кг		
		Чернозем обыкновенный				
0–20	6,60	7,28	37,72	3,79	0,035	0,019
20–30	6,44	7,24	36,95	3,76	0.030	0,017
30–40	7,01	2,07	40,94	2,70	0,018	0,010
40–50	7,49	2,70	38,72	2,22	0,014	0,008
50–60	7,87	2,06	38,20	3,28	0,023	0,012
60–70	8,13	1,90	41,18	3,84	0,030	0,016
70–80	8,11	1,38	41,67	3,00	0,020	0,011
100–110	8,20	0,83	42,08	2,48	0,019	0,010
150–160	8,33	0,72	40,35	1,82	0,013	0,006
220–230	8,40	0,76	39,68	1,12	0,010	0,005
290–300	8,73	0,87	46,55	1,85	0,014	0,006
370–380	8,87	0,71	40,28	1,70	0,012	0,005
480–490	8,88	1,90	43,55	2,02	0,015	0,008
		Солонец черноземно-луговой глубокий				
0–9	6,65	5,98	49,62	3,24	0,10	0,05
9–20	6,80	5,37	53,50	3,16	0,09	0,05
20–25	8,04	4,34	63,62	4,72	0,15	0,08
25–30	8,42	3,17	60,25	10,92	0,90	0,37
30–40	8,10	1,13	46,70	7,90	0,40	0,15
40–50	8,20	1,21	60,60	5,60	0,20	0,10
50–60	8,32	1,05	63,68	5,84	0,22	0,11
60–70	8,48	0,51	56,80	4,05	0,12	0,06
70–80	8,58	0,66	53,00	2,56	0,06	0,02
80–90	8,31	0,51	46,00	1,08	0,035	0,013
90–100	8,51	0,54	42,20	1,12	0,037	0,014
100–110	8,60	0,54	42,10	1,50	0,03	0,013
110–120	8,65	0,61	41,61	1,95	0,05	0,021
120–130	8,32	0,65	44,70	1,81	0,045	0,019
130–140	8,46	0,68	45,83	1,79	0,044	0,019
150–160	8,49	0,62	42,69	1,14	0,033	0,013
160–170	8,58	0,62	43,59	2,02	0,055	0,020
180–200	8,60	0,63	42,69	1,63	0,042	0,018

обсудили [5]. Применение раствора KCl более высокой концентрации, предложенного для извлечения йода [8], нежелательно, так как повышение концентрации экстрагента ведет к уплотнению его ионной атмосферы, следовательно, к меньшей подвижности его ионов.

Цель данного исследования – изучение солерастворимой формы микроэлемента в черноземе, представляющей, несомненно, больший интерес.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на примере почвенной катены, что позволило не только иметь данные по солерастворимому йоду в черноземе, но и сопоставить содержание

галогена в почвах повышенной и пониженной форм рельефа.

Соотношение почва : раствор, равное 1 : 20, время взаимодействия – 4 ч и метод определения аналогичны тем, что использованы в предыдущей работе [5]. Там же дано объяснение, чем обусловлено такое время взаимодействия почвы с раствором.

Катена расположена в зоне северной лесостепи (Барабинская равнина) и типична для данной территории. В верхней ее части сформировался чернозем обыкновенный, в нижней – солонец черноземно-луговой глубокий. В почвенных образцах определены pH, содержание гумуса, физической глины, общего, соле- и водорастворимого йода (табл. 1).

Полученные нами результаты по валовому содержанию йода в этих почвах близки к данным И. В. Якушевской [9] по почвам сопряженных почвенно-геохимических ландшафтов Русской равнины, в автоморфных почвах которой концентрация валового йода составила 4,5, в гидроморфных – 7,1 мг/кг. Вместе с тем валовое содержание галогена в почвах катены варьирует в интервале ранее найденных нами количеств йода в соответствующих типах почв на территории юга Западной Сибири [4], а содержание форм йода в солонце заметно выше, чем в черноземе, как и ожидалось.

Что же касается солерастворимой формы элемента, то нас интересовал не только вопрос количества извлекаемой формы, но и возможность выявить в черноземе зависимость солерастворимой формы йода от валового количества, аналогичную той, которая получена для интразональных почв [5]. Если такая зависимость будет обнаружена, то формула, предложенная нами, будет применима и в черноземах:

$$y = ae^{bx},$$

где y – количество солерастворимого йода, x – валовое содержание йода в почве, a и b – коэффициенты, зависящие от других свойств почвы, влияющих на подвижность галогена, т. е. концентрация солерастворимого йода контролируется не только валовым содержанием элемента, но и в некоторой степени другими почвенными факторами. Если это так, то можно говорить о сходстве, которое по отношению к солерастворимой форме йода проявляют почвы разного типа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из результатов анализа (см. табл. 1), концентрация солерастворимого йода в изученных почвах несколько превышает содержание водорастворимого йода, на что уже было обращено внимание [5]. Графическое изображение данных указывает на уже найденную [5] нами зависимость солерастворимой формы йода от валового содержания элемента и в почвах этой катены (рис. 1).

Для подтверждения полученных результатов по содержанию солерастворимого йода в черноземе проанализирован еще один разрез (чернозем обыкновенный с Приобья). Аналитические данные, как и в случае с почвами катены, свидетельствуют о наличии ранее найденных закономерностей (табл. 2 и рис. 2).

Очевидно, что, как и в случае с интразональными почвами, в черноземах более высокое содержание солерастворимой формы, чем водорастворимой, обусловлено доминированием щелочной реакции среды, способствующей накоплению йодид- и йодат-анио-

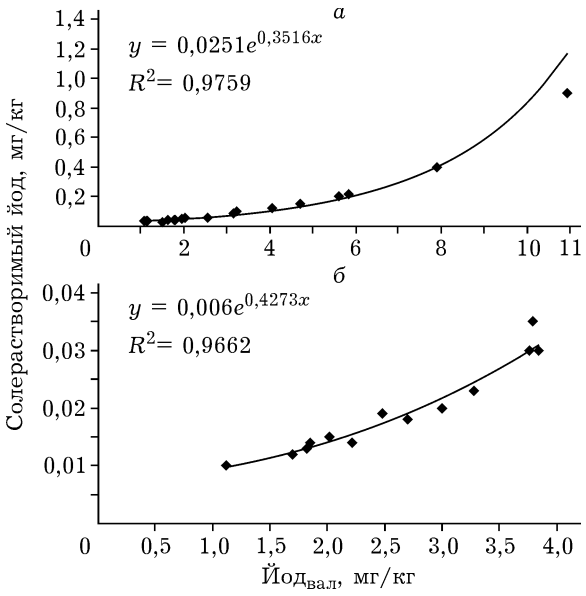

Рис. 1. Изменение содержания солерастворимой формы йода в зависимости от его валового количества в солонце (*а*) и черноземе (*б*) катены

Таблица 2

Некоторые физико-химические свойства чернозема обыкновенного (Приобье) и содержание в нем йода

Горизонт	Глубина, см	$pH_{водн}$	Физ. глина	Гумус	$I_{вал}$	$I_{солераст}$	$I_{водораст}$
			%		мг/кг		
A	0–20	6,6	58,6	6,05	5,00	0,095	0,051
A	20–30	6,8	65,3	4,92	4,72	0,066	0,032
AB	40–50	7,1	63,4	1,00	4,08	0,035	0,016
B	60–70	7,9	50,3	0,88	1,80	0,013	0,007
BC	100–110	7,7	58,9	0,30	2,72	0,017	0,008
C	140–150	8,1	51,5	–	2,08	0,010	0,005
C	180–190	8,2	–	–	0,64	0,004	–
C	190–200	8,0	–	–	1,40	0,007	0,003

нов, а также возможностью раствором хлорида калия извлекать некоторую часть и слабосорбированного галогена, так как анион Cl^- обладает более сильным вытесняющим свойством, чем I^-.

Кроме того, если рассматривать водную вытяжку как сильно разбавленный раствор, что возможно при широком соотношении почва : вода, то в ней расстояния между ионами настолько велики, что испытываемое ионами взаимное притяжение или отталкивание крайне мало и практически сводится к нулю [10]. Последнее и определяет, по-видимому, низкое содержание водорастворимого галогена. В солевой вытяжке частота взаимодействия ионов усиливается, что благоприятствует увеличению концентрации извлекаемой солерастворимой формы элемента.

Преимущество солевой вытяжки в сравнении с водной заключается и в том, что увеличивается вероятность различных обменных реакций и процесса десорбции йода. Это обусловлено тем, что для хлорид-аниона характерны неспецифическая адсорбция и, как ее следствие, более слабая связь с ППК [11], что способствует появлению в системе почва – раствор дополнительных свободных хлорид-анионов.

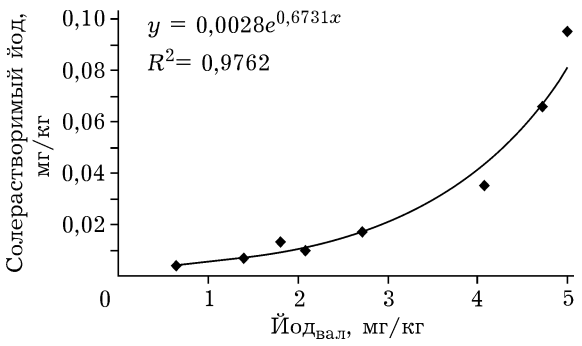

Рис. 2. Изменение содержания солерастворимой формы йода в зависимости от его валового количества в черноземе обыкновенном Приобья

Так как почвенный путь поступления йода в растения на ранних стадиях их развития является наиболее значимым, то именно в этот период вполне возможно участие солерастворимой формы в питании растений. Кроме того, несмотря на очень низкие концентрации водорастворимого йода в почве, содержание йода в растениях достигает 0,07–0,26 мг/кг [12], что несколько выше нижнего экологически допустимого предела йода (0,07 – >0,8 – 1,2 мг/кг сухого вещества [13]). Это также наводит на мысль об участии подвижных форм, в частности солерастворимой, в питании растений, что естественно и требует определения.

В целом, проведенные исследования дают основание предполагать целесообразность определения солерастворимой формы йода, куда, по-видимому, входит и небольшая часть слабосорбированной, которые наряду с водорастворимой формой способны поступать в растения.

Исследование солерастворимого йода может быть крайне полезным с точки зрения экологии. Данные о содержании солерастворимой формы галогена в почвах могут быть использованы для количественной оценки состояния окружающей среды, ведь не всегда

очень высокие концентрации солерастворимых форм какого-либо элемента можно считать полезными для растений. Хотя йод из-за низкого содержания, особенно в зональных почвах, можно считать исключением.

Поскольку предложенная нами формула действует не только в гидро-, но и в автоморфных почвах (черноземах), то имеет смысл продолжить эти исследования, так как полученные данные можно считать предварительными и их недостаточно для статистической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пузанов А. В. Приоритетные микроэлементы (I, Se, Mn, Co, Cu, Zn, Hg) в наземных экосистемах Тувинской горной области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005.
2. Дибирова А. П., Ахмедова З. Н., Рамазанова Н. А. и др. Содержание молибдена, цинка, бора и йода в почвах равнинных территорий Дагестана // Почвоведение. 2005. № 8. С. 968–973.
3. Протасова Н. А. Щербаков А. П. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж, 2003. С. 221–234.
4. Конарбаева Г. А. Галогены в почвах юга Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 200 с.
5. Конарбаева Г. А., Ермолов Ю. В. К вопросу о целесообразности извлечения йода из почв нейтральным солевым раствором // Агрохимия. 2005. № 4. С. 67–72.
6. Карелина Л. В. Содержание и закономерности распределения йода в почвах Латвийской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Елгва, 1965. 27 с.
7. Зырин Н. Г., Имади Т. Х. Йод в некоторых почвах Русской равнины и Крыма // Агрохимия. 1967. № 1. С. 100–116.
8. Миллер А. Д., Шнейдер Л. А., Вычужанина И. П. и др. Методы определения общего содержания и подвижной формы йода и брома в горных породах и природных водах для целей геохимических поисков. Л.: ОНТИ ВИТР, 1968. 54 с.
9. Якушевская И. В. Микроэлементы в природных ландшафтах. М.: МГУ, 1973.
10. Крешков А. П. Основы аналитической химии. М.: Химия, 1970. Т. 1. С. 34.
11. Пинский Д. Л. Ионообменные процессы в почвах. Пущино, 1997. 165 с.
12. Конарбаева Г. А. Йод в растениях Барабинской равнины // Агрохимия. 2006. № 2. С. 38–43.
13. Ковальский В. В. Биологическая роль йода // Биологическая роль йода. Научные труды ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1972. С. 3–32.

Salt-Soluble form of Iodine in Chernozem

G. A. KONARBAEVA

Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SB RAS
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18
E-mail:konarbaeva@issa.nsc.ru

Results of the determination of salt-soluble form of iodine in the chernozem are discussed. This form is considered as the nearest reserve of iodine available for plants. With respect to this form of iodine, the chernozem is similar to hydromorphic soil.

Key words: the nearest reserve, salt-soluble iodine form, chernozem, potassium chloride solution.