

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

МАРГАНЕЦ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

А.Е. Побилат^{1}, Е.И. Волошин²*

¹ Красноярский государственный медицинский университет

² Красноярский государственный аграрный университет

РЕЗЮМЕ. Изучено валовое содержание марганца в почвах сельскохозяйственных угодий Средней Сибири: оно колеблется от 45,4 до 3336,0 мг/кг. Содержание и распределение марганца в региональных почвах обусловлено неодинаковыми условиями почвообразования, различиями в гранулометрическом и минералогическом составе и концентрации элемента в почвообразующих породах. Фоновое содержание валового марганца на площади 2,54 млн га равно 463,0 мг/кг или 0,5 кларка. Количество подвижного марганца в почвах зависит от реакции среды, окислительно-восстановительного потенциала, валового содержания, гранулометрического состава, условий увлажнения и биологических особенностей сельскохозяйственных культур. В пахотных почвах содержание подвижного марганца колеблется от 4,2 до 19,4 мг/кг или 2,0–3,0% от валового содержания. На площади 2,22 млн га (87,3%) в почвах отмечается дефицит подвижного марганца. Содержание марганца в урожае сельскохозяйственных культур зависит от погодных условий, свойств почв, обеспеченности их подвижной формой элемента и биологических особенностей растений. В урожае зерновых, кормовых и овощных культур концентрация марганца колеблется от 8,5 до 120,9 мг/кг. В условиях Средней Сибири в кормовых культурах отмечается дефицит марганца. Для улучшения качества растительной продукции на почвах с недостатком марганца необходимо рациональное применение органических и марганцевых удобрений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: содержание марганца, почва, растения, обеспеченность, дефицит, урожайность, качество, марганцевые удобрения.

ВВЕДЕНИЕ

Марганец принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах: фотосинтезе, дыхании, усвоении молекулярного и нитратного азота, образовании хлорофилла. Этот элемент входит в состав ферментов, способствует образованию сахаров, белков, синтезу нуклеиновых кислот и передаче наследственной информации (Школьник, 1974). Марганец усиливает избирательное поглощение ионов из питательных растворов, повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды.

При недостатке марганца в почве растения заболевают серой пятнистостью, которая может вызвать гибель растений. Это заболевание в первую очередь проявляется у молодых листьев в виде межжилкового хлороза. При дефиците марганца ослабляется рост и происходит потеря тургора клетками, снижается устойчивость растений к низким температурам. Наиболее чувствительны к дефициту марганца зерновые, зернобобовые, плодовые и ягодные культуры.

При избытке марганца в растениях ухудшается углеводный, белковый, фосфатный обмен веществ, нарушаются процессы закладки генеративных органов, оплодотворения и налива зерна. Особенно вредное действие избыток марганца в почве оказывает на озимые культуры и многолетние бобовые травы, у которых задерживается их рост, развитие и формирование урожая.

В почвах марганец находится в виде двух-, трех- и четырехвалентных соединений. Его содержание в почвенном растворе зависит от окислительно-восстановительного потенциала, реакции среды, увлажнения и уровня плодородия почв. Дефицит марганца наблюдается в легких по гранулометрическому составу почвах, при нейтральной и щелочной реакции почвенного раствора и повышенной концентрации в них кальция. Избыток марганца наблюдается на плохо дренированных луговых, болотных почвах и солончаках при щелочной реакции почв (Ильин, Сысо, 2001).

Среди тяжелых металлов по токсичности марганец относится к третьему классу опасности.

* Адрес для переписки:

Побилат Анна Евгеньевна

E-mail: pobilat_anna@mail.ru

Основными источниками загрязнения почв марганцем являются заводы цветной и черной металлургии, машиностроения и металлообработки, выбросы электростанций работающих на каменном угле (Гигиеническая оценка..., 1999). Под влиянием этих предприятий происходит ухудшение экологической ситуации в агроценозах.

Марганец у животных выполняет те же функции, что и в растениях. Он необходим им для нормальной секреции инсулина, воспроизводства, формирования скелета, улучшения состояния центральной нервной системы (Лебедев, 1990). При марганцевой недостаточности у человека возникает диабет и гипохолестеринемия (Сусликов, 2002). Содержание марганца в почвах и растениях является стартовым звеном пищевой цепочки, от которой зависит микроэлементный состав, качество и экологическая безопасность продукции, состояние животных и человека.

Ц е л ь и с с л е д о в а н и й – определение агрохимической и экологической оценки обеспеченности почв и растений марганцем в агроландшафтах Средней Сибири.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в лесостепной, степной и подтаежной зонах земледельческой части Средней Сибири. Объектами исследований выбраны дерново-подзолистые, серые лесные,

черноземы и интразональные почвы, которые являются преобладающими в структуре почвенного покрова сельскохозяйственных угодий региона (Крупкин, 2002). Образцы из 0–20 см слоя почв отбирали в соответствии с принятыми рекомендациями (Методические указания..., 2003).

Определение валового содержания марганца проводили по методике ЦИНАО (1992). Подвижную форму марганца извлекали по Крупскому и Александровой при помощи ацетатно-буферного раствора с pH 4, 8. Марганец в почвах и растениях определяли атомно-абсорбционным способом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Марганец является одним из наиболее распространенных химических элементов в природной среде. Содержание и распределение марганца в почвах характеризуется большим разнообразием. Различия в содержании марганца в региональных почвах обусловлены неодинаковыми климатическими условиями, разнообразием растительности, условий почвообразования, гранулометрического и минералогического состава почвообразующих пород. Одной из особенностей распределения марганца в почвенном покрове является большая пестрота в его содержании.

Концентрация валового марганца в почвах Средней Сибири колеблется от 45,4 до 3336,0 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1. Валовое содержание марганца в 0–20 см слое почв Средней Сибири, мг/кг

Природная зона	Обследованная площадь, тыс. га	Количество образцов, шт.	Min–max	Среднее (x)
Подтаежная	104,3	875	187,0–3336,0	610,0
Красноярская лесостепь	177,3	3059	192,7–1905,1	529,0
Ачинско-Боготольская лесостепь	143,4	1440	45,4–1128,0	554,0
Назаровская лесостепь	196,4	2431	101,4–831,2	458,8
Чулымско-Енисейская лесостепь	414,1	5946	85,8–1033,0	465,5
Канская лесостепь	915,2	4323	135,1–724,0	364,2
Минусинская лесостепь	585,9	3088	124,9–398,7	263,8
Всего по региону:	2540,0	21162	45,4–3636,0	463,0

П р и м е ч а н и е : кларк марганца в почвах – 850 мг/кг (Иванов, Кашин, 1998), предельно допустимая концентрация (ПДК) – 1500 мг/кг (Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06).

Максимальное содержание марганца в почвах превосходит минимальную концентрацию в 81,0 раз. Наиболее высокое содержание марганца отмечается в кислых оподзоленных почвах подтаежной зоны. Пониженная концентрация марганца наблюдается в почвах Минусинской лесостепи. Различия в содержании марганца в почвах этих зон связаны с неодинаковой концентрацией элемента в почвообразующих породах и с разной направленностью почвообразовательных

процессов. Среднее содержание марганца в черноземах равно 473,2 мг/кг, интразональных – 478,1, серых лесных – 496,7 и дерново-подзолистых почвах – 602,6 мг/кг. Фоновое содержание валового марганца в почвах на площади 2,54 мг/кг равно 463,0 мг/кг или 0,5 кларка. Почвы Средней Сибири обеднены валовым марганцем в сравнении с аналогами в Забайкалье (Иванов, Кашин, 1998), Западной Сибири (Ильин, Сысо, 2001) и Центральном Черноземье (Протасова, Щербаков,

2004). На обследованной территории не обнаружено загрязнения почв марганцем.

Количество подвижного марганца зависит от реакции почвенного раствора, окислительно-восстановительного потенциала, валового содержания и гранулометрического состава почв. На сезонную динамику марганца в почвах оказывают большое влияние биологические особенности растений и водный режим территории. В региональных почвах содержание подвижного марганца в верхнем горизонте колеблется от 4,2 до 19,4 мг/кг. Высокая гумусированность почв Средней Сибири, близкая к нейтральной, и нейтральная реакция почвенного раствора уменьшает в них подвижность марганца. В большинстве почв концентрация марганца в 0–20 см слое составляет 2–3% от валового содержания. В дерново-подзолистых и серых лесных почвах содержание подвижного марганца колеблется от 9,7 до 15,5 мг/кг, в интразональных – в интервале 10,1–18,4 и черноземах – в пределах 12,1–19,4 мг/кг. Наибольшее количество почв с низким и средним содержанием подвижного марганца отмечается в Минусинской и Канской лесостепных зонах (табл. 2). На площади 2,22 млн га (87,3%) в почвах региона наблюдается дефицит подвижного марганца. Для оптимизации питания растений марганцем и повышения качества растительной продукции на почвах с дефицитом элемента необходимо внесение марганцевых и органических удобрений.

Марганец относится к числу химических элементов, имеющих слабую степень поглощения растениями. На содержание марганца в растениях большое влияние оказывают погодные условия, свойства почв, обеспеченность подвижной формой элемента и биологические особенности сельскохозяйственных культур. В разные годы исследований содержание марганца в растениях колебалось от 8,5 до 120,9 мг/кг или в

14,2 раза (табл. 3). В урожае клевера, кострца безостого и естественном разнотравье количество марганца было выше, чем его среднее содержание в растениях (24,0 мг/кг) (Добровольский, 1983). В других культурах среднее содержание марганца в продуктивной части урожая растений было ниже. Для обеспечения нормальной регуляции функций животных содержание марганца в кормах в среднем должно составлять 40,0 мг/кг (Ковальский, 1974). В урожае овса, ячменя и клевера, выращиваемых в опытах, дефицит марганца по сравнению с нормой составляет 48,0–64,0%. В большинстве районов лесостепной, степной и подтаежной зон Средней Сибири в кормовых культурах отмечается недостаток марганца (Волков, Танделов, Василенко, Ерышова, Фомченко, 2007). Для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшения микроэлементного состава растений на почвах с дефицитом марганца необходимо рациональное использование органических и марганцевых удобрений.

Таблица 2. Обеспеченность почв Средней Сибири подвижной формой марганца

Природная зона	Площадь почв с низкой и средней обеспеченностью, % от обследованной площади
Подтаежная	89,5
Красноярская лесостепь	87,4
Ачинско-Боготольская лесостепь	92,2
Назаровская лесостепь	79,3
Чулымско-Енисейская лесостепь	72,4
Канская лесостепь	99,6
Минусинская лесостепь	97,2
Всего по региону:	87,3

Таблица 3. Содержание марганца в сельскохозяйственных культурах Средней Сибири, мг/кг воздушно-сухой массы (n= 60)

Культура	Исследованная часть	Min–max	Среднее (x)
Пшеница	Зерно	10,2–29,4	21,5
Ячмень	Зерно	11,9–28,5	19,9
Овес	Зерно	9,3–25,1	19,2
Клевер	Зеленая масса	12,4–38,9	25,6
Кострец	Зеленая масса	42,5–72,4	58,5
Естественное разнотравье	Зеленая масса	26,9–120,9	53,2
Капуста	Кочан	8,9–16,5	12,6
Морковь	Корнеплод	8,5–16,5	10,7

Примечание: среднее содержание в растениях – 24,0 мг/кг (Добровольский, 1983), среднее содержание в кормовых растениях – 40,0 мг/кг (Ковальский, 1974).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Валовое содержание марганца в почвах сельскохозяйственных угодий Средней Сибири колеблется от 45,4 до 3336,0 мг/кг. Содержание и распределение марганца в региональных почвах обусловлено неодинаковыми условиями почвообразования, различиями в гранулометрическом и минералогическом составе и концентрации элемента в почвообразующих породах. Фоновое содержание марганца в почвах на площади 2,54 млн га равно 463,0 мг/кг или 0,5 кларка.

Количество подвижного марганца в почвах зависит от реакции среды, окислительно-восстановительного потенциала, валового содержания, гранулометрического состава, условий увлажнения и биологических особенностей сельскохозяйственных культур. В региональных почвах содержание подвижного марганца в слое 0–20 см колеблется от 4,2 до 19,4 мг/кг или 2,0–3,0% от валового содержания. Наибольшие площади почв с низким и средним содержанием подвижного марганца наблюдаются в Минусинской и Канской лесостепных зонах. На площади 2,22 млн га (87,3%) в почвах сельскохозяйственных угодий региона отмечается дефицит подвижного марганца.

Содержание марганца в разных сельскохозяйственных культурах зависит от погодных условий, свойств почв, обеспеченности их подвижной формой элемента и биологических особенностей растений. Концентрация марганца в урожае зерновых, кормовых и овощных культур колеблется от 8,5 до 120,9 мг/кг. В лесостепной, степной и подтаежной зонах Средней Сибири в кормовых культурах отмечается дефицит марганца. Для улучшения качества растительной продукции на почвах с низким и средним содержанием подвижного марганца необходимо рациональное применение органических и марганцевых удобрений.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Волков А.Д., Танделов Ю.П., Василенко А.А., Ерышова О.В., Фоменко Н.В. Химический состав и питательность кормов Красноярского края: Учеб. пособие. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2007. 136 с.

(Volkov A.D., Tandelov Yu.P., Vasilenko A.A., Eryshova O.V., Fomenko N.V. [Chemical composition and nutritive value of fodders in the Krasnoyarsk Territory]. Handbook. Krasnoyarsk: Krasnoyarskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2007 [in Russ]).

Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: Методические указания. М.: Федеральный центр государственного санитарного надзора Минздрава России, 1999. 38 с.

([Hygienic assessment of soil quality in populated areas: Methodological guidelines]. Moscow, Federal'nyj centr gos-sanehpitnadzora Minzdrava Rossii, 1999 [in Russ]).

Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

([The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil]. Hygienic regulations GN 2.1.7.2041-06. [in Russ]).

Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеивание. М.: Мысль, 1983. 272 с.

(Dobrovolsky V.V. [Geography of trace elements. Global scattering]. Moscow, Mysl', 1983 [in Russ]).

Иванов Г.М., Кашин В.К. Марганец и медь в почвах Забайкалья. Почвоведение. 1998. № 4. С. 423–426.

(Ivanov G.M., Kashin V.K. [Manganese and copper in soils of Transbaikalia]. Pochvovedenie. 1998. 4:423–426 [in Russ]).

Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.

(Il'in V.B., Syso A.I. [Trace elements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region]. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2001 [in Russ]).

Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Наука, 1974. 300 с.

(Kovalsky V.V. [Geochemical ecology]. Moscow: Nauka, 1974 [in Russ]).

Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2002. 332 с.

(Krupkin P.I. [Chernozems of the Krasnoyarsk region]. Krasnoyarsk: Izdatel'stvo KrasGU, 2002 [in Russ]).

Лебедев Н.И. Использование микродобавок для повышения продуктивности жвачных животных. Л.: Агропромиздат, 1996. 96 с.

(Lebedev N.I. [Use of micro additives to increase the productivity of ruminants]. Leningrad: Agropromizdat, 1996 [in Russ]).

Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.

([Methodical guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production]. Moscow: CINAO, 1992 [in Russ]).

Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М., 2003. 227 с.

([Methodical guidelines for conducting integrated monitoring of soil fertility of agricultural lands]. Moscow, 2003 [in Russ]).

Протасова Н.А., Щербаков А.П. Особенности формирования микроэлементного состава зональных почв Центрального Черноземья. Почвоведение. 2004. № 1. С. 50–59.

(Protasova N.A., Shcherbakov A.P. [Features of the formation of trace element composition of zonal soils in Central Chernozem Region]. Eurasian Soil Science 2004. 1:50–59 [in Russ]).

Сусликов В.Л. Геохимическая экология болезней: В 4-х томах. Т. 3. Атомовитозы. М.: Гелиос АРВ, 2002. 670 с.
(Suslikov V.L. [Geochemical ecology of diseases. Vol. 3: Atomovitoses]. Moscow: Gelios ARV, 2002 [in Russ]).

Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, Ленингр. отделение, 1974. 324 с.
(Shkol'nik M.Ya. [Microelements in plant life]. Leningrad: Nauka, 1974 [in Russ]).

MANGANESE IN SOILS AND PLANTS OF THE SOUTHERN PART OF CENTRAL SIBERIA

A.E. Pobilat¹, E.I. Voloshin²

¹ Krasnoyarsk State Medical University, Partizan Zheleznyak str. 1, Krasnoyarsk 660022, Russia

² Krasnoyarsk State Agricultural University, Mira ave. 90, Krasnoyarsk 660049, Russia

ABSTRACT. The gross content of Manganese in soils of agricultural grounds of Central Siberia fluctuates from 45.4 to 3336.0 mg/kg. The concentration and distribution of manganese in regional soils depend on different conditions of soil formation, distinctions in particle size and mineralogical distribution and concentration of the element in soil-making layer. The background concentration of manganese in soils on the area of 2.54 million hectares is equal to 463.0 mg/kg or 0.5 Clark. The amount of mobile manganese in soils depends on reaction of the environment, oxidative-recovering potential, the gross contents, particle size distribution, conditions of moistening and biological features of crops. In regional soils the content of mobile manganese fluctuates from 4.2 to 19.4 mg/kg or 2.0–3.0% of the gross contents. On the area of 2.22 million hectares (87.3%) in soils of agricultural grounds of the region the deficiency of mobile manganese is noted. The concentration of manganese in different crops depends on weather conditions, properties of soils, mobile form of the element and biological features of plants. The concentration of manganese in grain yield, forage and vegetable crops fluctuates from 8.5 to 120.9 mg/kg. In forest-steppe, steppe and subtaiga zones of Central Siberia in forage crops the deficiency of manganese is noted. The improvement of quality of vegetable production on soils with the low and average content of mobile manganese requires rational use of organic and manganese fertilizers.

KEYWORDS: content of manganese, soils, plants, supply, deficiency, productivity, quality, manganese fertilizers.