

РИММА ЕВГЕНЬЕВНА ЗАВГОРОДНЯЯ

кандидат биологических наук, доцент кафедры общей химии эколого-биологического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
zavgrimma@petrsu.ru

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ НЕКОТОРЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ КАРЕЛИИ РАЗНЫХ СРОКОВ ОСВОЕНИЯ

Изучено содержание меди, молибдена, марганца, цинка и кобальта в торфяных почвах Карелии в разные сроки их освоения. В целом с учетом содержания объемной массы торфа эти почвы характеризуются невысоким содержанием подвижных форм микроэлементов, что необходимо учитывать при их использовании в сельском хозяйстве региона.

Ключевые слова: микроэлементы, почва, медь, молибден, марганец, цинк, кобальт

В сельскохозяйственном производстве Карелии используются мелиоративные земли, площади которых в разное время составляли до 75 тыс. га. С осушенных земель республика получает корма для животных, урожай картофеля и практически весь урожай овощей. Почвенно-климатические условия республики не препятствуют расширению и интенсификации земледелия. Поэтому проблема повышения и сохранения плодородия мелиоративных земель остается актуальной.

Известно, что биологическая роль некоторых микроэлементов столь незаменима, что их дефицит может приводить к необратимым последствиям для живых организмов [1], [2], [6]. Основным источником макро- и микроэлементов для растений является почва, которая подпитывается осадками и грунтовыми водами. Недостаток многих питательных веществ, отсутствующих в почвах, компенсируют внесением удобрений [4]. Результаты научных исследований, подкрепленные в целом ряде случаев производственной практикой передовых хозяйств, показывают, что эффективное использование удобрений и микроудобрений, в частности, становится возможно лишь при изучении содержания основных элементов питания в почвах, породах и водах. К тому же одними из определяющих факторов использования удобрений являются знания различной избирательной способности растений накапливать микроэлементы, а также отзывчивость возделываемых культур на внесение удобрений, содержащих эти элементы [5].

Целью настоящего исследования было изучение влияния длительного освоения мелиорируемых торфяных низинных почв на их состав, свойства и изменение в процессе окультуривания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Стационарные исследования и отбор почвенных образцов производились в Корзинской низине, которая расположена в южной мелиоративной зоне Карелии.

При отборе почвенных образцов учитывали: продолжительность освоения, вносимые удобрения, окультуренность торфяных почв в целом. Целинные и освоенные почвы находились в пределах одного болотного массива, были близки по зольному и ботаническому составу. Почвенные образцы отбирали на неосушенном торфянике, осушенном неосвоенном торфянике, а также на торфяниках, которые подвергались длительному окультуриванию.

Исследования проводились на следующих объектах:

I. Разрез 6. Целинное болото. Почва торфяная, низинная, ожелезненная. Мощность торфяной залежи 320 см.

II. Разрез 1. Почва торфяная, низинная, ожелезненная, под многолетними травами, удобрения не вносились с момента осушения болота. Мощность торфяной залежи 320 см.

III. Разрез 2. Торфяно-перегнойная, низинная ожелезненная, длительно окультуриваемая почва. Мощность торфяной залежи 215 см. Под многолетними травами с момента осушения. Регулярно вносились известь и минеральные удобрения.

IV. Разрез 3. Торфяно-перегнойная, низинная, сильно ожелезненная, длительно окультуриваемая почва. Мощность торфяной залежи 225 см. Под многолетними травами с момента осушения. Известь и минеральные удобрения вносились регулярно.

Образцы торфа отбирались через 10 см, а в верхних горизонтах иногда и через 5 см.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые почвы были представлены среднезольными (5–15 %) осоково-древесными, преимущественно хорошо разложившимися (30–40 %) торфами атмосферно-намывного водного питания.

Пахотный слой исследуемых почв характеризовался повышенной кислотностью (рН в КС1 3,0–4,8), невысоким содержанием подвижного калия (1–12 мг/100 см³), фосфора (2–6 мг/см³) и сравнительно повышенным содержанием валового азота (2–3 %).

В результате биологической аккумуляции наиболее обогащен зольными элементами слой толщиной 5–10 см (14,25 %). Глубже наблюдается резкое снижение объемной массы торфа, зольности и содержания ряда элементов. В зольном составе почвенных образцов преобладает железо, затем идут кальций, кремний, магний и алюминий.

Длительное окультуривание торфяных почв после осушения приводит к существенным изменениям в их составе. В пахотном горизонте наблюдается увеличение следующих показателей: объемной массы, зольности, рН, содержания ряда зольных элементов. В то же время снижается количество подвижного калия и азота.

Почвы разреза 3 отличаются сильным ожелезнением, что объясняется более высоким стоянием уровня грунтовых вод. Грунтовые воды исследуемого массива отличаются высоким содержанием железа. В почвенном профиле встречаются зоны, имеющие буро-красный цвет. В пахотном слое в составе золы преобладают железо, кремний, алюминий. Вероятно, они также поступают с грунтовыми водами.

Важнейшей характеристикой почв, помимо ее физико-химических характеристик и содержания макроэлементов, является ее микроэлементный состав. Среди микроэлементов нами были изучены медь, молибден, марганец, цинк и кобальт. Выбор данных микроэлементов был обусловлен тем, что они входят в состав многих ферментов, определяющих ключевые процессы метаболизма растений.

Медь. Среднее содержание меди в подавляющем большинстве почв РФ и ближнего зарубежья, согласно данным А. П. Виноградова [3], составляет 20 мг/кг, причем большая часть ее находится в труднодоступном для растений состоянии. Подвижная или усвояемая растениями медь составляет лишь небольшую часть валовых запасов. Так, в почвах подзолистой зоны, характеризующейся наименьшим содержанием меди,

количество ее подвижной формы составляет всего 0,2–6,0 мг/кг.

Согласно данным [5], валовое содержание меди в большинстве почв Карелии ниже и составляет 8–12 мг/кг. Подвижная медь колеблется в пределах 0,15–5,50 мг/кг.

Как показали наши исследования, содержание валовой меди в пахотном горизонте (0–30 см) составляет 1,0–10,4 мг/кг, то есть является низким. Особенно бедна медью целинная почва (разрез 6) – 1,0–6,3 мг/кг. Она характеризуется более кислой средой (рН ~ 3,3), высоким содержанием кремния, сравнительно низкой зольностью. Наиболее высоким содержанием меди отличаются окультуренные почвы разреза 2 (3,0–10,4 мг/кг). Для них характерны более высокие значения зольности и рН среды, содержание железа, алюминия, но меньшее содержание кремния. Сильно ожелезненная торфяная почва разреза 3 также содержит низкое количество валовой меди (1,8–4,2 мг/кг).

Верхние горизонты целинной почвы, напротив, содержат больше подвижной меди (до 0,8 мг/кг), чем окультуренные почвы разрезов 1, 2, 3 (следы – до 0,5 мг/кг). Вероятно, это связано со значениями рН среды, содержанием в почвах зольных элементов (Fe, Al, Ca, Mg) и накоплением органического вещества – гумуса.

Вступая в обменные реакции с органическим веществом, медь замещает водородные ионы карбоксильных групп и частично фенольных гидроксильных почвенных перегнойных кислот. Поглощенная органическим веществом, медь трудно вымывается из почвы. Этим в известной мере объясняется накопление ее в гумусовом горизонте почв. При минерализации органического вещества почв микроорганизмами медь освобождается в виде растворимых солей, но при этом вновь поглощается органическими или минеральными коллоидами почв, имеющими отрицательный заряд. Так, например, оксид железа (III) или оксид алюминия, приобретающие в почвенном растворе отрицательный заряд, энергично поглощают катион меди (II) и другие микроэлементы, вследствие чего катионы металлов накапливаются в горизонтах, содержащих большое количество алюминия и марганца, то есть характеризующихся повышенной зольностью. Такие соединения микроэлементов, в том числе меди, становятся недоступными для питания растений.

В целом исследуемые почвы по существующей градации относятся к слабо обеспеченным подвижной медью, а ожелезненные почвы (разрез 2 и 3) – к бедным, требующим удобрений, содержащих медь.

Молибден. Содержание валового молибдена в 1 кг почв Карелии находится в пределах 0,4–8,8 мг, но большинство карельских почв содержит его меньше – от 0,8 до 1,2 мг/кг [1]. Содержание подвижных форм молибдена, переходящих в оксалатную вытяжку, в почвах Карелии составляет 0,02–0,90 мг/кг. Преобладающая часть почв содержит очень небольшие количества подвижного молибдена – 0,03–0,10 мг/кг и отнесена к группе бедных почв. В торфяных почвах низинных болот молибден более подвижен, чем в других почвах, и около 20 % валовых запасов переходит в оксалатную вытяжку.

В пахотном горизонте целинных почв (разрез 6) валовый молибден спектральным методом не обнаружен, однако содержание подвижных форм его было довольно высоким (до 0,4 мг/кг), что позволяет отнести почву к средне- и хорошо обеспеченной.

В окультуренных почвах (разрезы 1, 2, 3) валовый молибден обнаружен в больших количествах, значительно превышающих его содержание в большинстве карельских почв. Особенно выделяется пахотный горизонт сильно ожезненной почвы (разрез 3), где обнаружено до 12,8 мг/кг валового молибдена.

Большие количества подвижного молибдена обнаружены в слабоокультуренных почвах разреза 1 (0,80–0,94 мг/кг). По содержанию подвижного молибдена ожезненные почвы (разрезы 2 и 3) практически не отличаются от целины, то есть относятся к средне- и хорошо обеспеченным.

Марганец. По сравнению с другими микроэлементами содержится в почвах в значительно больших количествах. Среднее содержание марганца в почвах России составляет 900 мг/кг, а в почвах Карелии колеблется в пределах 75–3500 мг/кг [1]. Марганец может находиться в почвах в окисленной форме: MnO , MnO_2 . Динамика различных форм марганца в почве связана с окислительно-восстановительными процессами. Установлено, что с увеличением кислотности почвы подвижность марганца увеличивается, и в этих условиях наибольшее количество марганца в виде катионов Mn^{+2} . Эти водорастворимые соединения марганца хорошо доступны растениям. На очень кислых почвах может оказаться избыток двухвалентного марганца, который вреден для растений. Известкование почвы переводит марганец в неподвижные формы, трудно усваиваемые растениями, и таким образом устраняет избыток этого элемента.

Содержание подвижного марганца в 1 кг почв Карелии варьирует в очень широких пределах –

от 2,5 до 200,0 мг, причем большинство почв хорошо обеспечены подвижным марганцем.

По нашим данным, наибольшим содержанием как валового, так и подвижного марганца характеризовались самые верхние слои пахотного горизонта всех четырех групп исследуемых почв, причем марганец находится в основном в подвижном, то есть доступном для растений, состоянии.

Кобальт. Содержание кобальта в большинстве почв Карелии низкое (1–5 мг/кг) [1]. Это объясняется тем, что территория Карелии сложена в основном легкими по механическому составу отложениями – продуктами разрушения кислых горных пород. Содержание подвижного кобальта в килограмме почвы Карелии колеблется в пределах 0,06–1,50 мг/кг, причем для большинства карельских почв характерно крайне низкое содержание подвижного кобальта (0,06–0,5 мг/кг). В пахотном горизонте исследуемых нами низинных торфяных почв с разной степенью окультуренности и ожезненности обнаружены небольшие количества подвижного кобальта (0,20–0,58 мг/кг), особенно в почве целины (0,12 мг/кг), что позволяет отнести эти почвы к бедным подвижным кобальтом. Валовый кобальт в наших образцах почв не определялся.

Цинк. По содержанию валового цинка почвы Карелии обнаруживают значительные различия (4–104 мг/кг). Но в целом ее территория характеризуется невысоким валовым содержанием этого элемента (50 мг/кг). По содержанию подвижного цинка большинство почв Карелии относится к средне- и хорошо обеспеченным (1,05–3,00 мг/кг). Карельские исследователи отмечают большие количества подвижного цинка (20–40 мг/кг) в болотных низинных и переходных почвах, к которым относятся и анализируемые нами почвы. Однако в этих почвах количество подвижного цинка намного ниже (до 2,5 мг/кг), особенно в ожезненных почвах (0,75–2,11 мг/кг). Валовый цинк в исследуемых нами почвах не определялся, а содержание подвижного цинка составляет 0,85–2,5 мг/кг, что позволяет отнести эти почвы к слабообеспеченным по данному элементу.

В целом торфяные почвы Корзинской низины, с учетом объемной массы торфа, характеризуются невысоким содержанием подвижных форм микроэлементов, необходимых для выращивания полноценных урожаев сельскохозяйственной продукции, и требуют дополнительных исследований применения удобрений, содержащих эти элементы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородулина Г. С., Вапиров В. В., Венскович А. А. Селен в подземных водах Карелии // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 6 (151). С. 10–14.
2. Вапиров В. В., Шубина М. Э., Шубин И. В., Венскович А. А. Селен: актуальные медицинские, эпидемиологические и экологические проблемы Республики Карелия // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 6 (127). С. 40–43.
3. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
4. Ефимов В. Н., Сергеева Т. Н., Величко Е. В. Влияние длительного применения удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой глинистой почве // Агрохимия. 2001. № 10. С. 68–72.
5. Микроэлементы в Карелии. Л.: Наука, 1973. 284 с.
6. Скальный А. В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век, 2004. 216 с.

Zavgorodnyaya R. E., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

MICROELEMENT COMPOSITION RESEARCH OF KARELIAN PEAT SOILS AT DIFFERENT STAGES OF UTILIZATION

The content of copper, molybdenum, manganese, zinc and cobalt in Karelian peat soils at different stages of their development is studied. Overall, considering the content of the peat volume weight, the soils are characterized by the low content of mobile forms of trace elements. This fact has to be considered in case the soils are used for agricultural purposes of the region.

Key words: trace elements, soil, copper, molybdenum, manganese, zinc, cobalt

REFERENCES

1. Borodulina G. S., Vapiron V. V., Venskovich A. A. Selenium in the groundwater of Karelia [Selen v podzemnykh vodakh Karelii]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2015. № 6 (151). P. 10–14.
2. Vapiron V. V., Shubina M. E., Shubin I. V., Venskovich A. A. Selenium: actual medical, epidemiological and ecological problems of the Republic of Karelia [Selen: aktual'nye meditsinskie, epidemiologicheskie i ekologicheskie problemy Respubliki Kareliya]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2012. № 6 (127). P. 40–43.
3. Vinogradov A. P. *Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh* [Geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils]. Moscow, AN SSSR Publ., 1957. 238 p.
4. Efimov V. N., Sergeeva T. N., Velichko E. V. The influence of long application of fertilizers on the content of heavy metals in sod-podzol loamy sand soil [Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na sodержaniye tyazhelykh metallov v derno-podzolistoy glinistoy pochve]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. 2001. № 10. P. 68–72.
5. *Mikroelementy v Karelii* [Trace elements in Karelia]. Leningrad, Nauka Publ., 1973. 284 p.
6. Skalnyy A. V. *Khimicheskie elementy v fiziologii i ekologii cheloveka* [Chemical elements in physiology and human ecology]. Moscow, Oniks 21 vek Publ., 2004. 216 p.

Поступила в редакцию 08.12.2015