

Температура воздуха и почвы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 396 с.

9. Справочник по климату СССР. Вып. 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. Часть 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 332 с.

10. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области). – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 155 с.

11. Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Морковкин Г.Г. Оценка изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 10 (120). – С. 49-53.

References

1. Vityazev V.G., Makarov I.B. Obshchee zemledelie: uchebnik. – М.: Izd-vo MGU, 1991. – 288 с.

2. Titkova T.B., Vinogradova V.V. Otklik rastitel'nosti na izmenenie klimaticheskikh uslovii v boreal'nykh i subarkticheskikh landshaftakh v nachale XXI veka // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 75-86.

3. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. Nablyudaemye i ozhidaemye izmeneniya klimata Rossii: temperatura vozdukha. – Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MTsD», 2012. – 194 с.

4. Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii. Obshchee rezyume. – М.: Rosgidromet, 2014. – 58 с.

5. Chirkov Yu.I. Agrometeorologiya. – Л.: Gidrometeoizdat, 1986. – 296 с.

6. Maksimova N.B. Pochvenno-klimaticheskie arealy produktivnosti zernovykh kul'tur Altaiskogo kraja: avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk. – Barnaul, 1995. – 19 с.

7. Shul'gin A.M. Pochvenno-klimaticheskie zony i raiony Altaiskogo kraja // Tr. ASKhl. – Barnaul, 1948. – Vyp. 1. – S. 27-34.

8. Spravochnik po klimatu SSSR. V. 20. Tomskaya, Novosibirskaya, Kemerovskaya oblasti i Altaiskii krai. Chast' 2. Temperatura vozdukha i pochvy. – Л.: Gidrometeoizdat, 1965. – 396 с.

9. Spravochnik po klimatu SSSR. V. 20. Tomskaya, Novosibirskaya, Kemerovskaya oblasti i Altaiskii krai. Chast' 4. Vlazhnost' vozdukha, atmosferynye osadki, snezhnyi pokrov. – Л.: Gidrometeoizdat, 1969. – 332 с.

10. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области). – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 155 с.

11. Максимова Н.Б., Арнаут Д.В., Морковкин Г.Г. Оценка изменения продолжительности вегетационного периода по агроклиматическим районам Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 10 (120). – С. 49-53.



УДК 636:631.416.9 (571.15)

А.А. Томаровский, С.Ф. Спицына, Г.В. Оствальд
А.А. Tomarovskiy, S.F. Spitsyna, G.V. Ostwald

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТАХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ И ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАСУШЛИВОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

THE DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN THE GENETIC HORIZONS OF CHESTNUT SOILS OF THE DRY STEPPE AND SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE ARID STEPPE OF THE ALTAI REGION

Ключевые слова: микроэлементы, медь, цинк, молибден, марганец, цинк, кобальт, бор, валовое содержание, подвижные формы, миграция, аккумуляция, коэффициент накопления.

Для рационального использования каштановых почв сухой степи необходимы знания о содержании в них микроэлементов. Запасы микроэлементов в почвах, в том числе их подвижных форм, формируются в процессе почвообразования с

участием растительности и почвообразующих пород и климата. Объектами исследований послужили данные обследования почв зоны каштановых почв сухой степи и подзоны черноземов южных засушливой степи Алтайского края, проведенные в период с 1980 по 2015 гг. В работе были использованы приемы вариационной статистики и информационно-логический анализ. Было установлено, что в верхних горизонтах пахотных почв зоны каштановых почв сухой степи наблюдается

увеличение валового содержания всех микроэлементов (Cu, Mo, Mn, Zn, Co, B). Коэффициенты накопления составляют 1,1-1,5. Самым высоким валовым содержанием меди, марганца и цинка характеризуются горизонты А и В черноземов южных засушливой степи. Наиболее низким содержанием этих элементов характеризуются светло-каштановые почвы и соседствующие с ними каштановые почвы. Профильное распределение подвижных форм микроэлементов указывает на то, что в верхних горизонтах всех изучаемых почв относительно почвообразующих пород идет накопление меди, молибдена, марганца и кобальта, которое в значительной степени является биогенным. Подвижные формы микроэлементов в почвенном профиле ведут себя по-разному. Подвижный марганец в значительных количествах накапливается в горизонтах А и В. Коэффициенты накопления варьируют от 2 до 10. Подвижные формы цинка и бора в верхних горизонтах исследуемых почв относительно почвообразующих пород не накапливаются.

Keywords: trace elements, copper, zinc, molybdenum, manganese, zinc, cobalt, boron, total content, mobile forms, migration, accumulation, accumulation factor.

The knowledge about the trace element content of the chestnut soils of the dry steppe is required for their rational use. The stocks of trace elements in the

soils, including their mobile forms, are formed in the course of pedogenetic process with the involvement of vegetation, parent rocks and climate. The research target included the soil survey data of the chestnut soil zone of the dry steppe and southern chernozem zone of the arid steppe of the Altai Region in the 1980-2015 timeframe. The methods of variation statistics and information-logical analysis were used in the research. The increase in total content of trace elements (Cu, Mo, Mn, Zn, Co, B) has been found in the upper horizons of the arable soils of the chestnut soil zone of the dry steppe. The accumulation factors make 1.1-1.5. The greatest total content of copper, manganese and zinc has been found in the A and B horizons of the southern chernozem of the arid steppe. The least content of these elements has been found in the light chestnut soils and adjacent chestnut soils. The depth-wise distribution of the mobile forms of trace elements is indicative of the accumulation of copper, molybdenum, manganese and cobalt in the upper horizons of all studied soils relative to the parent rocks; the accumulation is largely of biogenic nature. The mobile forms of trace elements reveal different behavior in the soil profile. Significant amounts of mobile manganese accumulate in the A and B horizons. The accumulation factors range from 2 to 10. The mobile forms of zinc and boron do not accumulate in the upper horizons of the studied soils relative to the parent rocks.

Томаровский Алексей Анатольевич, к.с.-х.н., доцент, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-12. E-mail: tom486@yandex.ru.

Спицына Светлана Федоровна, д.с.-х.н., проф., Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-09. E-mail: tom486@yandex.ru.

Оствальд Галина Викторовна, к.х.н., доцент, зав. каф. химии, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-84-09. E-mail: ostvaldgv@mail.ru.

Tomarovskiy Aleksey Anatolyevich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-31. E-mail: tom486@yandex.ru.

Spitsyna Svetlana Fyodorovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-09. E-mail: tom486@yandex.ru.

Ostwald Galina Viktorovna, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Chemistry, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-84-09. E-mail: ostvaldgv@mail.ru.

Введение

Для рационального использования каштановых почв сухой степи необходимы знания о содержании в них микроэлементов. Запасы микроэлементов в почвах, в том числе их подвижных форм, формируются в процессе почвообразования с участием растительности и почвообразующих пород и климата. Элементы, накопленные в верхнем горизонте почвы за счет растительности, участвующей в почвообразовании, перераспределяются по почвенным горизонтам, перемещаясь вниз по профилю, в соответствии с миграционными свойствами каждого из них, фиксируясь на различных барьерах: кислотном-щелочном, окислительно-восстановительном, карбонатном. Вопросами дифференциации микроэлементов в почвенном профиле занимались многие

исследователи [1-7]. Изучение закономерностей распределения микроэлементов в почвенных профилях в конкретных почвенно-климатических условиях позволит выявить причины недостаточного накопления микроэлементов в верхних горизонтах почвы, учитывая биологическую значимость и миграционную способность микроэлемента. Недостаточная изученность этого вопроса лимитирует успешную работу по выявлению наиболее дефицитных микроэлементов в конкретных условиях с учетом содержания их подвижных форм в корнеобитаемом слое и данные о выносе элемента той или иной культурой.

Проблема изучения поведения микроэлементов в профилях каштановых почв сухой степи достаточно актуальна из-за широкого использования этих почв в качестве

пахотных и в связи с широким распространением в этой зоне ветровой эрозии, при которой пахотный слой значительно обедняется пылеватыми и иловатыми частицами, которые содержат значительные количества полезных для растений микроэлементов. При дефляции на поверхность почвы выходят нижележащие горизонты, которые становятся источниками микроэлементов для растения. Знания о содержании микроэлементов в этих горизонтах необходимы для разработки мероприятий по восстановлению плодородия почвы. В основе данного сообщения лежит анализ вариационно-статистических показателей валового содержания и содержания подвижных форм микроэлементов меди, молибдена, марганца, цинка, кобальта и бора в почвенных профилях изучаемых почв, который дает возможность выявить особенности поведения микроэлементов в системе: материнская порода – почва на примере различных типов каштановых почв сухой степи в сравнении с южными черноземами засушливой степи.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований послужили данные обследования почв зоны каштановых почв сухой степи и подзоны черноземов южных засушливой степи, проведенные в период с 1980 по 2015 гг. Результаты исследований были обработаны с использованием приемов вариационной статистики. В работе был использован информационно-логический анализ [8, 9].

Результаты исследований

Анализ микроэлементного состава профилей каштановых почв и черноземов южных отразил особенности вариационно-статистических показателей, характерных для различных генетических горизонтов этих почв (табл. 1). Содержание микроэлементов в почвах определяется гранулометрическим, минералогическим и химическим составом почвообразующих пород. Почвообразующие породы являются той основой, которая обуславливает минеральный фон почвенного профиля. Почвообразующие породы зоны каштановых почв представлены относительно маломощными песчано-суглинистыми озерно-аллювиальными отложениями [10].

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что наиболее высокими показателями валового содержания почти всех микроэлементов в почвообразующих породах характеризуются черноземы южные, где они составляют:

меди – 39-41 мг/кг; марганца – 600-970; цинка – 33-50; бора – 45-100 мг/кг. Эти показатели значительно ниже в почвообразующих породах каштановых и светло-каштановых почв: меди – 6-14 мг/кг; марганца – 400-1000 мг/кг; цинка – 10-24; бора – 14-38 мг/кг. В почвообразующих породах темно-каштановых почв эти показатели более высоки.

Различия в микроэлементном составе почвообразующих пород исследуемых почв обусловлены различиями в их гранулометрическом составе.

С помощью информационно-логического анализа [8] было установлено, что в супесях с содержанием фракций песка >70% наблюдается самое низкое валовое содержание: меди – <10 мг/кг; молибдена – <0,8; марганца – <600; цинка – <30; кобальта – <15; бора – <60 мг/кг. В средних суглинках с содержанием песка <50% наблюдается самое высокое валовое содержание микроэлементов: меди – >30 мг/кг; марганца – >700, кобальта – >5; бора – >65, цинка – >40 мг/кг.

Почвообразующие породы зоны каштановых почв сухой степи отличаются от почвообразующих пород подзоны черноземов южных засушливой степи более низким содержанием почти всех микроэлементов. Это наиболее характерно для почвенных районов, где каштановые почвы соседствуют со светло-каштановыми.

От содержания микроэлементов в почвообразующих породах зависит их содержание в генетических горизонтах почвы (табл. 1). Средние показатели валового содержания микроэлементов в генетических горизонтах говорят о незначительном накоплении их в профиле при почвообразовательном процессе. Коэффициенты накопления микроэлементов в верхних горизонтах всех почв редко превышают величину 1,3. Поэтому данные о валовом содержании микроэлементов в верхних горизонтах почв сходны с аналогичными данными, характеризующими микроэлементный состав почвообразующих пород. Из этого следует, что содержание микроэлементов в верхних горизонтах почв больше, чем от других факторов зависит от микроэлементного состава почвообразующих пород. Об этом говорят также коэффициенты эффективности каналов связи, которые в паре микроэлементы в почве – микроэлементы в почвообразующих породах варьируют от 0,3 до 0,7 бит. Коэффициенты эффективности каналов связи, отражающие зависимость содержания микроэлементов в поч-

вах от гумуса, значительно меньше (0,06-0,08 бит). Коэффициенты, отражающие зависимость валового содержания в почвах микроэлементов от содержания в них илстой фракции, также достаточно низки (0,05-0,22 бит). В то же время накопление в верхних горизонтах исследующих почв гумуса сопряжено с увеличением в них валовых количеств микроэлементов. Так, увеличение в почвах гумуса с 3 до 4% сопровождается увеличением валового содержания микроэлементов меди – от 40 до 50 мг/кг; молибдена – от 0,6 до 1,0 мг/кг; марганца – от 700 до 1100 мг/кг; цинка – от 15 до 55 мг/кг; кобальта – от 10 до 14 мг/кг; бора – от 70 до 90 мг/кг. Содержание микроэлементов в верхних горизонтах почвы зависит также от содержания илстой фракции. Увеличение содержания в верхних горизон-

тах илстой фракции от 10 до 20% сопровождается увеличением содержания в почве микроэлементов: меди – от 12 до 40 мг/кг; молибдена – от 0,7 до 11; марганца – от 600 до 1100; цинка – от 30 до 50; кобальта – от 9 до 15; бора – от 40 до 80 мг/кг.

Анализ показал, что в горизонтах А, как и в почвообразующих породах, наиболее высоким валовым содержанием почти всех микроэлементов характеризуются черноземы южные, а наиболее низким – каштановые почвы и особенно светло-каштановые. Горизонты В от горизонтов А во всех почвах почти не отличаются по валовому содержанию всех микроэлементов, что свидетельствует о наличии перераспределения микроэлементов, накопленных биогенно, по профилю почвы.

Таблица 1

Вариационно-статистические показатели валового содержания микроэлементов в генетических горизонтах темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почв зоны каштановых почв сухой степи и чернозёмов южных подзоны засушливой степи

Горизонт	Темно-каштановая почва			Каштановая почва			Чернозем южный		
	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %
Медь									
A	13-34	25	19,3	4-25	13	35,0	40-70	54	13,2
B	19-41	30	15,4	3-25	13	36,0	43-65	54	13,0
BC	26-32	28	7,1	7-14	11	20,0	40-64	53	12,0
C	15-26	21	11,8	6-14	10	32,0	39-41	40	11,0
Молибден									
A	0,3-1,0	0,9	22,0	0,4-1,6	1,1	27,2	0,8-1,1	0,9	5,4
B	0,3-1,0	0,9	21,9	0,5-1,8	1,1	27,0	0,8-1,1	0,9	5,4
BC	0,3-0,8	0,6	16,8	0,5-1,0	0,9	21,0	0,8-1,1	0,9	5,4
C	0,3-0,8	0,6	16,7	0,6-1,0	0,9	20,0	0,7-0,9	0,8	5,6
Марганец									
A	600-1300	990	21,3	300-1200	860	18,2	700-1400	1200	14,9
B	800-1100	960	19,9	300-1300	860	26,4	670-1300	1200	14,6
BC	650-900	780	8,5	500-1200	800	20,0	650-1300	1100	14,1
C	500-900	650	10,5	400-1000	600	18,8	600-970	800	9,6
Цинк									
A	27-46	39	12,3	12-50	30	22,0	50-84	67	8,5
B	28-40	38	12,1	11-50	30	23,1	49-81	65	8,3
BC	28-40	36	8,6	10-30	18	20,0	47-80	64	8,0
C	27-39	33	6,0	10-24	18	18,0	33-50	42	8,0
Кобальт									
A	9-15	13	8,9	4-24	14	34,2	12-23	19	12,6
B	9-14	12	8,9	5-25	15	22,4	13-24	19	12,9
BC	9-14	12	8,9	9-19	13	21,4	14-22	18	11,5
C	9-14	12	8,36	10-18	12	21,5	12-18	14	7,0
Бор									
A	39-52	45	8,8	5-34	20	40,0	50-75	65	7,4
B	39-52	45	8,8	6-33	20	39,9	50-77	64	7,5
BC	40-52	45	8,8	15-39	28	41,1	47-80	65	7,5
C	40-60	50	7,0	14-38	28	41,0	45-100	70	11,2

Для выявления недостатка или избытка микроэлементов в исследуемых почвах мы использовали группировку почв, разработанную группой авторов [11], содержащую 8 групп. Среднее валовое содержание по этой группировке (4-5 групп) составляет: меди – 10-22 мг/кг; молибдена – 1,0-2,2; марганца – 500-1000; цинка – 22-50; кобальта – 5-10; бора – 10-22 мг/кг. Рассматривая наши данные по пределам колебаний валового содержания микроэлементов на фоне этой группировки, мы отметили, что наряду с преобладанием среднего содержания в исследуемых почвах может наблюдаться относительный недостаток валового содержания меди, марганца, цинка и бора в каштановых и светло-каштановых почвах. Недостаток валового молибдена характерен для всех исследуемых почв. Избыток валового содержания относительно меди, марганца, кобальта и бора может быть вероятным для всех исследуемых почв, а избыток валового цинка – только для южных черноземов.

Валовое содержание меди и цинка в почвообразующих породах почв зоны каштановых почв и сухой степи относительно кларка литосферы и средних величин содержания этих элементов в породах черноземов южных засушливой степи часто бывает более низким. Это особенно характерно для светло-каштановых почв и соседствующих с ними каштановых почв.

Почвообразовательный процесс сопровождается накоплением в верхних горизонтах почв относительно почвообразующих пород подвижных форм микроэлементов (табл. 2). В зоне сухой степи темно-каштановые почвы по сравнению с каштановыми, встречающимися по соседству со светло-каштановыми, характеризуются по всему профилю более высоким содержанием подвижных форм меди. Черноземы южные по сравнению с темно-каштановыми почвами содержат больше подвижных форм меди и марганца.

Во всех исследуемых почвах накопление подвижных форм в верхних горизонтах по сравнению с почвообразующими породами наблюдается только относительно меди, марганца, молибдена и кобальта. Подвижных форм цинка и бора часто больше в почвообразующих породах, чем в горизонтах А и В. Подвижные формы бора и цинка

в горизонтах А относительно почвообразующих пород не накапливаются.

Во всех исследуемых почвах наблюдаются самые высокие коэффициенты накопления у марганца. Например, в черноземах южных в горизонте А этот коэффициент составляет 10. В каштановых почвах он ниже – 4,1-5,9. Коэффициенты накопления меди и кобальта у всех исследуемых почв почти одинаковые (1,5-2). Молибден в верхних горизонтах накапливается хуже. Цинк и бор не только не накапливаются, но и утрачиваются из верхних горизонтов по разным причинам. Коэффициенты накопления характеризуют итог почвообразовательного процесса, сопряженного с биогенной аккумуляцией элементов в верхних горизонтах почвы и миграцией накопленных элементов вниз по профилю и по уклону местности. Все это зависит от индивидуальных свойств элемента и от внешних условий. Значительное накопление марганца в верхних горизонтах всех почв сопряжено с его низкими коэффициентами биологического поглощения, большими запасами его в корнеобитаемом слое почвы и относительно низкими выносами культурными растениями. Этот элемент также характеризуется низкими коэффициентами водной миграции. Отсутствие накопления в верхних горизонтах всех почв подвижного бора связано с его большой подвижностью, о чем говорят его высокие коэффициенты водной миграции, склонность к аккумуляции его подвижных форм в депрессии и низкое содержание его подвижных форм в корнеобитаемом слое почвы. Отсутствие накопления подвижного цинка в верхних горизонтах почв связано с его незначительными запасами в корнеобитаемом слое почвы и относительно высокими выносами, сопряженными с высокими коэффициентами биологического поглощения. Умеренные коэффициенты накопления (1,5-2,0), характерные для кобальта и меди, можно объяснить низкими коэффициентами биологического поглощения и водной миграции, относительно низкими выносами и отсутствием склонности накапливаться в депрессиях. Относительно низкие коэффициенты накопления в верхних горизонтах исследуемых почв молибдена связаны с его высокими выносами растениями и незначительными запасами в корнеобитаемом слое почвы.

Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм микроэлементов в генетических горизонтах каштановых почв сухой степи и южных черноземов засушливой степи

Горизонты	Темно-каштановые почвы			Каштановые и светло-каштановые почвы			Чернозем южный		
	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %	пределы колебаний, мг/кг	М, мг/кг	V, %
Медь									
A	3,0-6,0	4,0	30,0	2,0-5,2	3,0	16,6	6,0-9,6	7,8	14,1
B	3,0-6,0	4,0	30,0	1,8-4,2	3,0	20,0	5,2-7,8	6,5	9,2
BC	1,5-5,0	3,2	25,0	1,0-3,6	2,2	18,2	4,6-7,5	6,0	10,0
C	0,8-3,0	1,8	27,0	1,0-3,5	2,0	20,0	1,5-6,0	4,0	15,0
Молибден									
A	0,1-0,12	0,1	9,1	0,04-0,10	0,08	12,5	0,08-0,12	0,1	10,0
B	0,08-0,12	0,09	11,1	0,04-0,08	0,05	20,0	0,08-0,12	0,1	10,0
BC	0,05-0,09	0,07	14,3	0,03-0,06	0,04	25,0	0,07-0,12	0,1	10,0
C	0,06-0,10	0,08	12,5	0,03-0,06	0,04	25,0	0,08-0,12	0,1	10,0
Марганец									
A	70-95	80	6,8	70-110	100,0	5,0	190-230	210	5,1
B	47-62	40	9,3	34-70	50,0	5,4	180-210	200	5,2
BC	26-31	20	10,5	17-34	20,0	3,6	130-21	180	8,2
C	14-26	17	11,8	11-25	17,0	2,8	7,0-3,0	20	2,5
Цинк									
A	0,8-1,2	1,0	10,0	0,3-3,0	1,2	33,3	0,6-1,2	0,9	11,1
B	0,5-0,9	0,6	33,3	0,3-1,4	0,6	33,3	0,5-0,9	0,7	14,3
BC	0,6-1,2	1,0	20,0	0,3-1,6	0,7	28,6	0,9-1,5	0,7	28,6
C	0,5-1,1	1,0	10,0	0,6-3,8	2,6	26,9	1,1-2,2	1,5	13,3
Кобальт									
A	2,0-3,5	2,8	1,7	1,3-3,6	3,0	16,7	2,3-3,1	2,7	7,4
B	1,7-2,7	2,0	10,0	1,2-3,6	2,0	20,0	1,9-2,7	2,3	4,3
BC	1,2-1,9	1,5	6,7	0,8-2,3	1,5	13,3	2,0-2,7	2,3	4,3
C	1,0-1,7	1,4	7,1	0,6-2,4	1,2	16,7	1,6-2,3	1,5	13,3
Бор									
A	0,4-0,7	0,5	10,0	0,3-1,0	0,6	11,7	0,4-0,8	0,6	16,6
B	0,4-0,7	0,5	10,0	0,2-1,0	0,7	10,0	0,3-0,7	0,5	20
BC	0,6-0,9	0,7	14,3	0,3-0,8	0,5	10,0	0,1-0,7	0,4	25,0
C	0,4-0,8	0,6	10,0	0,2-0,8	0,3	16,7	0,4-2,0	1,0	30,0

Выводы

1. Валовое содержание меди и цинка в почвообразующих породах почв зоны каштановых почв и сухой степи относительно кларка литосферы и средних величин содержания этих элементов в породах черноземов южных засушливой степи часто бывает более низким. Это особенно характерно для светло-каштановых почв и соседствующих с ними каштановых почв.

2. В верхних горизонтах пахотных почв зоны каштановых почв сухой степи наблюдается увеличение валового содержания всех микроэлементов (Cu, Mo, Mn, Zn, Co, B) относительно почвообразующих пород. Коэффициенты накопления составляют 1,1-1,5. Самым высоким валовым содержанием

меди, марганца и цинка характеризуются горизонты А и В черноземов южных засушливой степи. Наиболее низким содержанием этих элементов характеризуются светло-каштановые почвы и соседствующие с ними каштановые почвы.

3. Профильное распределение подвижных форм микроэлементов указывает на то, что в верхних горизонтах всех изучаемых почв относительно почвообразующих пород идет накопление меди, молибдена, марганца и кобальта. Подвижный марганец в значительных количествах накапливается в горизонтах А и В. Коэффициенты накопления варьируют от 2 до 10. Коэффициенты накопления подвижных форм меди, молибдена и кобальта в верхних горизонтах почв

менее значительны (1,5-2,0). Подвижные формы цинка и бора в верхних горизонтах исследуемых почв относительно почвообразующих пород не накапливаются. Количество, накапливаемых в верхних горизонтах почв биогенно отчасти мигрируют вниз по профилю, отчасти выносятся культурными растениями. Отсутствие накопления подвижного цинка в верхних горизонтах почв в значительной степени определяется высоким его выносом и отсутствием соответствия между запасами подвижных форм цинка в корнеобитаемом слое почвы и выносом его культурными растениями, что сопряжено с высоким коэффициентами биологического поглощения этого элемента. Отсутствие накопления подвижного бора в исследуемых почвах в значительной степени зависит от индивидуальных свойств этого элемента, проявляющихся в высокой мигрирующей способности.

Библиографический список

1. Вернадский В.И. Очерки геохимии. – М.; Л.: ОНТИ, 1934. – 380 с.
2. Веригина К.В. Цинк, медь и кобальт в почвах Московской области // Микроэлементы в некоторых почвах СССР. – М.: Наука, 1964. – С. 27-84.
3. Пейве Я.В. Роль микроэлементов в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур // Земледелие. – 1964. – № 4.
4. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. – М.; Л.: Химия, 1965. – 330 с.
5. Ильин В.Б. Биохимия и агрохимия микроэлементов в южной части Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1973. – 388 с.
6. Bowen H.J. The use of reference materials in the elemental analysis of biological samples // Atomic Energy Rev. – 1975. – Vol. 13 (3). – P. 451-458.
7. Спицына С.Ф., Томаровский А.А., Оствальд Г.В. Зависимость содержания цинка в растениях от его содержания в почвах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 9 (107). – С. 20-23.
8. Пузаченко Ю.Т., Мошкина А.В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. – М.: ВИНТИ, 1969. – Вып. 3. – С. 5-71.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1995. – 351 с.
10. Котельников В.И., Стругалева Е.В., Пикалов М.А. Почвы Алтайского края. – Новосибирск, 1974.
11. Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов. – М., 1976. – 80 с.

References

1. Vernadskii V.I. Ocherki geokhimii. – M.; L.: ONTI. – 1934. – 380 s.
2. Verigina K.V. Tsink, med' i kobal't v pochvakh Moskovskoi oblasti // Mikroelementy v nekotorykh pochvakh SSSR. – M.: Nauka, 1964. – S. 27-84.
3. Peive Ya.V. Rol' mikroelementov v povyshenii produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // Zemledelie. – № 4.
4. Katalymov M.V. Mikroelementy i mikroudobreniya. – M., L.: Khimiya, 1965. – 330 s.
5. Il'in V.B. Biokhimiya i agrokhimiya mikroelementov v yuzhnoi chasti Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – 388 s.
6. Bowen H.J. The use of reference materials in the elemental analysis of biological samples // Atomic Energy Rev. – 1975. – Vol. 13 (3). – P. 451-458.
7. Spitsyna S.F., Tomarovskii A.A., Ostval'd G.V. Zavisimost' soderzhaniya tsinka v rasteniyakh ot ego soderzhaniya v pochvakh Altaiskogo kraja // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – № 9 (107). – S. 20-23.
8. Puzachenko Yu.T., Moshkina A.V. Informatsionno-logicheskii analiz v mediko-geograficheskikh issledovaniyakh // Itogi nauki. – M.: VINITI, 1969. – Vyp. 3. – S. 5-71.
9. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1995. – 351 s.
10. Kotel'nikov V.I., Strugaleva E.V., Pikalov M.A. Pochvy Altaiskogo kraja. – Novosibirsk, 1974.
11. Metodicheskie ukazaniya po agrokhimicheskomu obsledovaniyu i kartografirovaniyu pochv na soderzhanie mikroelementov. – M., 1976. – 80 s.

