**СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОБЪЕКТАХ БИОСФЕРЫ**

К микроэлементам обычно относят Li, B, F, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, I, Cs, W, Ag, Bi. Многие другие элементы, так же обычно содержащиеся в малых количествах, нередко относятся к токсическим элементам, таковы ртуть, свинец, кадмий. Несмотря на это, стоит подчеркнуть, что и обычные микроэлементы, когда их слишком много, могут стать токсичными (так же, между прочим, как и макроэлементы) а токсичные элементы при очень малых концентрациях не оказывают вредного воздействия на растения и животный мир. *Иными словами, если быть точным, нет токсичных элементов, а есть их токсичные концентрации.*

В большинстве почв около половины всей массы представлено кислородом, конечно не свободным, входящим в состав оксидов, солей сложных органических веществ или алюмосиликатов. Второе место по массе занимает кремний, затем алюминий и железо. Кальций составляет не более 2-2,5 % массы. Магния, калия, натрия, серы, титана и марганца в сумме обычно содержится не более 3%. Тогда как на долю всех микроэлементов (если не считать Mn и Fe, которые иногда выполняют такую же роль) приходится менее 1%. Содержание микроэлементов в почвах и других объектах биосферы чаще выражают не в процентах, а в мг/кг или по западным нормативам в ppm, (частей на миллион, что соответствует принятой в Беларуси размерности в мг/кг). Среднее содержание некоторых микроэлементов в биосфере приведено в таблице1.

Таблица 1- Среднее содержание некоторых микроэлементов в биосфере (мг/кг)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Элемент** | **Литосфера** | **Почва** | **Растения (в золе)** |
| Li | 32 | 30 | 11 |
| Be | 4 | 6 | 2 |
| B | 12 | 10 | 400 |
| F | 660 | 200 | 10 |
| Na | 25 000 | 6 300 | 20 000 |
| Mg | 18 700 | 6 300 | 70 000 |
| P | 930 | 800 | 70 000 |
| S | 470 | 850 | 50 000 |
| Ti | 4 500 | 4 600 | 1 000 |
| V | 90 | 100 | 61 |
| Cr | 83 | 200 | 250 |
| Mn | 1 000 | 850 | 750 |
| Co | 18 | 10 | 15 |
| Ni | 58 | 40 | 50 |
| Cu | 47 | 20 | 200 |
| Zn | 85 | 50 | 900 |
| Se | 0,5 | 0,01 | - |
| Mo | 1,1 | 2,0 | 20,0 |
| I | 0,4 | 5,0 | 50,0 |
| Au | 0,04 | - | 1,0 |
| U | 2,5 | 1,0 | 0,5 |

*Преобладающая часть содержащихся в почве микроэлементов растениям недоступна.* Так называемые подвижные соединения Cu, Co, Mn (то есть доступные растениям) составляют только 10-25% общего количества, для Zn и Мо их доля и того меньше, иногда до 1%. Одна из причин заключается в том, что значительная часть их входит в состав почвенных минералов, нередко состоящих из песчаных частиц, а так же частицы быстро не подвергаются разрушающему действию дождевых вод или корневых выделений, и поэтому входящие в их состав элементы питания растениями не усваиваются.

В почвах и породах присутствуют микроэлементы в различных соединениях: переходящие в водные вытяжки, вытесняемые из твердых фаз солевыми растворами (обменные катионы), извлекаемые ацетатно-аммонийным буферным раствором (эти соединения считаются доступными для растений), кислоторастворимые соединения и, наконец, микроэлементы, входящие в состав различных почвенных минералов. Иногда не правильно считают, что те элементы, которые извлекаются из почв и пород водой, представлены водорастворимыми солями. На самом деле микроэлементы могут быть в форме труднорастворимых карбонатов, гидроксидов, сульфидов, но в водной вытяжке они все же обнаруживаются в количествах, соответствующих произведениям растворимости соответствующих солей. Поэтому, *если в водной вытяжке содержание элемента мало, это не означает, что его мало и в твердых фазах, а объясняется низкой растворимостью преобладающих соединений.*

Соотношение микроэлементов в почве и литосфере для многих элементов сходно: чем больше элемента в литосфере, тем больше его же и в почве, однако строгой пропорциональности нет; если, например, содержание лития в почвах и литосфере почти одинаковое, то серы больше в почвах, а никеля, меди, цинка больше в литосфере. Одна из причин – аккумуляция многих элементов живыми организмами, в частности растениями, после отмирания которых микроэлементы попадают прежде всего в почву. Это отчетливо видно на примере элементов биофилов, содержание которых в золе растений во много раз выше, чем в литосфере и почве.

В живых организмах микроэлементы входят в состав ферментов, гормонов, витаминов и других жизненно важных соединений. Обычно считают, что в таких соединениях участвуют около 30 микроэлементов. Ферменты это катализаторы биологического происхождения, которые ускоряют биохимические реакции, а активность ферментов регулируется микроэлементами, хотя известны случаи, когда активация ферментов возможна как микроэлементами, так и макроэлементами.

Экспериментально доказано, что микроэлементы необходимы для многих важнейших биохимических процессов, недостаток элементов замедляет эти процессы и до же останавливает их. Для белкового, углеводного и жирового обмена веществ необходимы Mo, Fe, V, Co, W, B, Mn, Zn; в синтезе белков участвуют Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Cr; в кровотворении – Co, Cu, Mn, Ni, Zn; в дыхании – Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Co. Поэтому микроэлементы нашли широкое практическое применение в качестве микроудобрений овощных культур.

Пищевые цепи, в которых участвуют микроэлементы, довольно сложны. Первичными источниками микроэлементов могут быть преимущественно горные породы, частично атмосфера, воздух и почвенно-грунтовые воды. Микроэлементы потребляются растениями, главным образом из почвы, но некоторые микроэлементы из воздуха и воды. Важно подчеркнуть, что оседающая атмосферная пыль также может стать источником микроэлементов, которые проникают в растения и животных непосредственно через эпидермис или эпителий.

На первых этапах изучения микроэлементов преобладало мнение, что они существенны только для живых организмов. Последующие исследования показали, что да же при малом содержании многие микроэлементы могут существенно влиять на процессы почвообразования и активно в них участвовать.

Поскольку микроэлементы воздействуют на развитие растений, то все почвенные биохимические процессы накопления, трансформации, переноса органических соединений в экосистеме во многом зависят от уровня содержания и набора микроэлементов; одновременно последние стимулируют деятельность микроорганизмов. В результате интенсифицируются процессы образования гуминовых веществ в почвах из растительных остатков. На содержание и распределение микроэлементов активно влияют многие процессы формирования почвенного профиля. Они выносятся из элювиальных (оподзоленных, осолоделых) горизонтов, накапливаются в иллювиальных горизонтах (горизонтов вымывания), глеевых (восстановленных) горизонтах.

Общая схема участия микроэлементов в различных почвенных процессах по В.А. Ковде представлена в таблице 2. В ней показаны важнейшие процессы, происходящие в почве, участвующие в этих процессах микроэлементы, и те почвы или почвенные горизонты и образования, в которых накапливаются микроэлементы.

Соединения микроэлементов в породах и, особенно в почвах отличаются удивительным разнообразием. Катионы металлов поступают в почвы при растворении пород и минералов, при минерализации растительных и животных остатков, но в почвенном растворе их доля невелика, поскольку почвенные коллоиды легко их поглощают, а гуминовые вещества связывают в комплексные соединения. Частично они переходят гидроксиды, карбонаты, фосфаты твердых фаз. Для других неметаллических элементов (B, F) могут быть характерны производные соответствующих кислот. Так, бор чаще всего представлен солями ортоборной кислоты Н3ВО3 – боратами.

Особое место занимают соединения йода; его роль особенно велика, так как, с одной стороны, он влияет на состояние щитовидной железы, а с другой – радиоактивный йод – один из важнейших компонентов антропогенных выбросов радионуклидов, в том числе авариях. Все это свидетельствует о том, что основным компонентом почвы, связывающим йод, является органическое вещество. Когда йод только поступает в почву, он связывается с водорастворимыми низкомолекулярными веществами, но постепенно растет его доля, входящая в соединения с гуминовыми веществами, то есть йод становится все более прочно связанным.

Таблица 2 – Участие микроэлементов в важнейших почвенных процессах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Процесс** | **Почвы или почвенные образования** | **Накапливающиеся микроэлементы** |
| Малый биологический круговорот | Растительный опад, свежий или частично разложившийся | Mo, Zn, Cu, Co, B, I, Br, Se, Ni, U, Ba, Mn, Sr, V |
| Синтез гумуса | Гуминовые вещества | B, I, Mn, Cu, Co, Mo, Zn, Ni, Pb, Br, F |
| Образование глин и синтез коллоидов | Высокодисперсная часть почвы | Mn, Fe, Cu, Co, V, Cr, Ni, Mo, Li, Rb, Cs, Ba, Sr, Pb, Zn, Mn, V, I, B |
| Иллювиирование | Иллювиальные горизонты | Cu, Ni, Co, V, Cr, Zn, Mo, B |
| Оглеение | Глеевый горизонт | Mn, Cu, Co, V |
| Гидрогенная аккумуляция | Северные луговые почвы | Mn, Cu, Ni, V, Co, B |
| Южные луговые почвы | Ba, Sr, B |
| Солончаки | B, I, F, Li, Rb, Cs, Zn, Ca, Co |
| Тропические латериты | Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu |

*Несмотря на довольно длительную историю изучения проблемы микроэлементов в биосфере, современное состояние знаний приходится характеризовать как поверхностное прикосновение к этой проблеме.* Накоплено много фактических данных по уровням содержания микроэлементов в различных компонентах биосферы, по реакции живых организмов на их недостаток или избыток, разработаны специальные методы анализа малых количеств элементов, составлены карты биогеохимического районирования и биогеохимических провинций. Несмотря на это, общей теории, рассматривающей функции, механизмы воздействия и роль микроэлементов в биосфере, пока нет. Можно только утверждать, что микроэлементы необходимы всем без исключения живым организмам, что последние резко реагируют на недостаток, избыток или неблагоприятное соотношение микроэлементов. Найдены некоторые эмпирические приемы регулирования жизненных процессов, если они осложнены несбалансированностью микроэлементного питания.

*Но значительно больше остается нерешенных вопросов, которые охватывают как крупные теоретические проблемы, имеющие глобальное значение, так и конкретные, часто прикладные задачи, понимание которых необходимо для экологической оптимизации природной среды.*

**Источник: Степуро М.Ф. и др. Ресурсосберегающая система удобрения овощных культур /М.Ф. Степуро, А.А. Аутко, В.А. Крапивка – Минск, 2010. - 208с., ил.**