

НАКОПЛЕНИЕ ЦИНКА И МЕДИ У ЗЛАКОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЫ НИЖНЕЙ САКСОНИИ (ГЕРМАНИЯ)

*Кайгородов Р. В.

Пермский государственный университет

Пермь, Россия

[*romankaygorodov@mail.ru](mailto:romankaygorodov@mail.ru)

В сельском хозяйстве Германии в качестве удобрений широко используются биологические отходы животноводства. Органические продукты животного происхождения обогащены цинком (до 5000 мг/кг сухого веса) и медью (до 750 мг/кг сухого веса). Повышенное содержание цинка и меди в органических продуктах обусловлено использованием этих микроэлементов в кормовых добавках в животноводстве. В результате внесения органических удобрений в агроэкосистемы поступают большие количества цинка и меди. Известно, что питательные микроэлементы цинк и медь при высоких концентрациях в почве (от 300 мг Zn/кг и от 100 мг Cu/кг) оказывают фитотоксическое действие на культурные растения.

В данной работе были изучены масштабы поступления цинка и меди в исследуемые почвы с органическими удобрениями, накопление в почвах и растениях.

В исследуемые почвы ежегодно вносят 22,5 м³/га органических удобрений, что в пересчете на сухое вещество составляет 809 кг/га. С ними в среднем поступает 2,00 кг/га цинка что вдвое превышает средне германские показатели. Внос меди составляет 0,35 кг/га в год и находится на средне германском уровне.

Валовое содержание цинка (18 – 35 мг/кг) и меди (8 – 15 мг/кг) в почвах не превышает, установленные законом, предельно допустимые концентрации для сельскохозяйственных почв и находятся в пределах фонового содержания, установленных для незагрязненных тяжелыми

металлами сельскохозяйственных почв. Однако по сравнению с контрольной почвой (без внесения биологических отходов) содержание цинка и меди в исследуемых почвах повышено в 1,5 – 2 раза, особенно в пахотном слое. Доля подвижных фракций цинка и меди (экстрагируемых 0,1 М раствором ЕДТА рН= 4,6) в пахотном слое составила 20 – 30% от общего содержания. Количество цинка и меди в почвенном растворе (водная вытяжка при соотношении почвы к раствору 1:5) очень ограничено и составило десятые доли процента от валового запаса элементов в почве.

В качестве растительных объектов были использованы различные виды злаков – овес (*Avena sativa L.*, сорт „Alfred“), ячмень (*Hordeum vulgare L.* сорт „Lümerit“) и пшеница (*Triticum aestivum L.*, сорт „Beskay“).

Как показали исследования, изученные злаки накапливают в 10 – 20 раз больше цинка, чем меди. Содержание цинка в зерне было в 2 – 5 раз выше по сравнению с соломой. Среди всех исследованных злаков овес отличался наибольшей концентрацией цинка, как в зерне (56,4 мг/кг сухого веса), так и в соломе (31,0 мг/кг сухого веса).

Содержание меди было выше в соломе, чем в зерне злаков.

Концентрация цинка и меди в исследованных растениях не превышала установленного фитотоксического уровня (200 мг/кг сухого веса для цинка и 20 мг/кг сухого веса для меди), что объясняется ограниченной подвижностью и доступностью цинка и меди для растений в почве.

Для установления интенсивности поглощения цинка и меди исследуемыми злаками были рассчитаны коэффициенты поглощения, которые представляют отношение содержания элемента в вегетативных частях растений к концентрации доступных фракций элемента в слое почвы (0 – 15 см). Как показали расчеты, исследуемые растения аккумулируют в вегетативных органах (соломе) в 3 – 5 раз больше цинка, по сравнению с концентрацией в почве и в 1,5 – 2 раза больше меди.

Интенсивное поглощение цинка исследуемыми растениями можно объяснить повышенным поступлением элемента в почву с органическими удобрениями. При современном уровне поступления цинка и меди в исследуемые агроценозы действующие в настоящее время в Германии ПДК по валовому содержанию будут достигнуты в пахотном слое по цинку через 380 лет, по меди – через 600 лет.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что поступающие в агроценозы цинк и медь накапливаются в почве преимущественно в малоподвижной форме. Почвы исследуемых агроценозов, при современном состоянии, выполняют роль буфера, предотвращающего токсическое действие высоких концентраций цинка и меди на растения.