

УДК 631.45, 57.044

ВЛИЯНИЕ ЦЕРИЯ НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТУЮ ПОЧВУ

Котельникова А.Д.^{1,2}, Волков Д.С.^{2,3}, Фастовец И.А.², Рогова О.Б.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, Москва

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

³МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, Москва

Церий – металл, относящийся к группе лантаноидов, элементов, которые в настоящее время привлекают внимание специалистов самых разных областей. Их активно используют во множестве отраслей экономики, что приводит к увеличению концентрации в окружающей среде. При этом данных о способности этих элементов накапливаться в органах растений и влиять на баланс питательных элементов при выращивании непосредственно на образцах почвы недостаточно. В данной работе показана способность церия накапливаться в листьях и стеблях растений ячменя и влиять на баланс некоторых элементов.

Ключевые слова: лантаноиды, редкоземельные элементы, поглощение, питание растений.

Лантаноиды – это 15 металлов со схожими свойствами, которые являются частью группы редкоземельных элементов (РЗЭ). Их активное использование в различных отраслях экономики в последние десятилетия обратило на себя внимание специалистов, занимающихся оценкой изменений, происходящих в окружающей среде, так как увеличение концентрации лантаноидов в ней стало неизбежным следствием деятельности человека. Основным источником РЗЭ в почве являются подстилающие породы, а из антропогенных источников – процессы добычи и переработки, удобрения, в особенности фосфорные, и микроудобрения, содержащие лантаноиды. Влияние лантаноидов на растения активно изучается, но данные остаются противоречивыми и особенно недостает результатов по тестированию непосредственно почв, содержащих РЗЭ. Также важной является оценка изменений элементного состава растений, которые используются в сельском хозяйстве. Поэтому целью данной работы стала оценка изменений элементного состава растений ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) при выращивании на образцах дерново-подзолистой почвы с внесением различных доз церия – второго по распространенности лантаноида.

В исследовании использовались образцы дерново-подзолистой почвы. Для тестирования в них вносили CeCl_3 в следующих концентрациях: 0, 10, 20, 50, 100 и 200 мг/кг почвы. Опыты ставились в четырехкратной повторности. В каждый сосуд, содержащий 2 кг почвы, высаживалось 10 семян ячменя (сорт «Михайловский»), после прорезживания в каждом сосуде оставалось по 6 растений. Выращивание велось в фитотроне при температуре 20-25 °С в течении 40 дней. В полученной после окончания эксперимента фитомассе (отдельно в стеблях и листьях) методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой определялось содержание следующих микро- и макроэлементов: La, Ce, Pr, Nd, Ca, Mg, K, Na, P, Fe, Al, Si, Ba, Cu, Mn, Sr, Zn. Также оценивалось содержание Се в образцах тестируемой почвы для определения доступности внесенного элемента по следующим вытяжкам: водная, последовательная вытяжка 0,2 М CaCl_2 , ацетатно-аммонийный буфер pH 4,8, 1 Н раствор HCl.

Статистический анализ полученных данных с применением критерия Крускала-Уоллисса в программе Statistica позволяет отметить некоторые изменения в содержании элементов в выращенных растениях ячменя. Для стеблей и листьев наблюдается выраженный тренд на увеличение содержания Се с ростом внесенной в почву концентрации этого элемента (Рис. 1). При этом статистически значимое изменение отмечается начиная с концентрации 100 мг/кг почвы для листьев и 200 мг/кг почвы для стеблей. Также наблюдается фракционирование Се в растениях: листья ячменя накапливают до двух раз больше Се, чем стебли. Разница в накоплении также растет с увеличением концентрации Се в почве и достоверна при в вариантах опыта 100 и 200 мг/кг почвы.

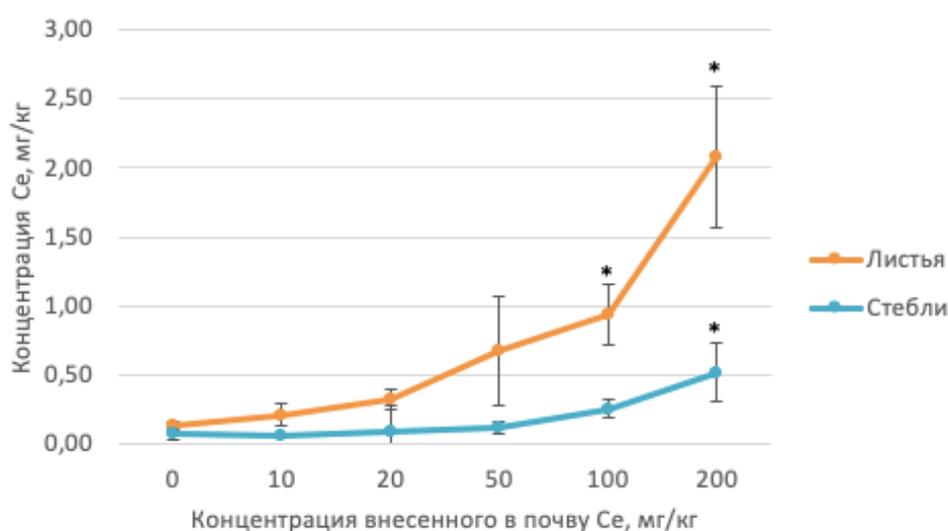


Рисунок 1. Концентрация Се в листьях и стеблях растений ячменя после проращивания на образцах дерново-подзолистой почвы с внесением Се. * обозначено достоверное отличие от контрольного варианта опыта в соответствии с критерием Крускала-Уоллисса ($p=0,05$).

Значимых изменений в содержании прочих элементов, содержание которых измерялось, не обнаружено, за исключением увеличения содержания Mn в листьях при внесении Ce 200 мг/кг почвы по сравнению с внесением 10 мг/кг и достоверного снижения концентрации La в листьях в варианте опыта 200 мг/кг по сравнению с контролем. Таким образом наблюдается антагонизм La и Ce, когда с увеличением поглощения церия поглощение лантана снижается (Рис. 2). Также обращает на себя внимание, не достигающее значимости снижение содержания P при тестировании концентрации 200 мг/кг.

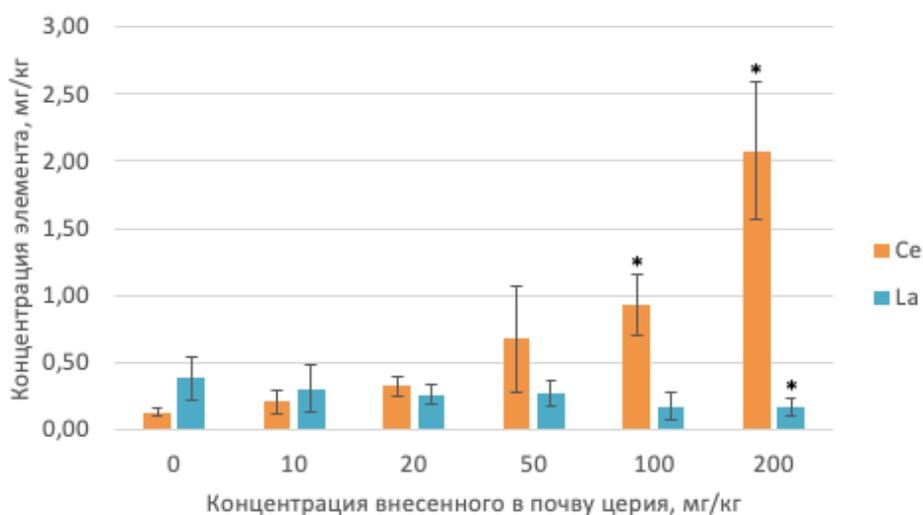


Рисунок 2. Поглощение La и Ce листьями растений ячменя при проращивании на образцах дерново-подзолистой почвы с внесением Ce. * обозначено достоверное отличие от контрольного варианта опыта в соответствии с критерием Крускала-Уоллиса ($p=0,05$).

Наблюдаемые эффекты изменения содержания элементов происходят при концентрации Ce в сумме последовательных вытяжек хлоридом кальция, которая по мнению некоторых исследователей наилучшим образом отражает доступность для растений, равной $48 \pm 4,8$ мг/кг, то есть порядка 30 % от вносимой в почву концентрации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-316-00026.