

**ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА АККУМУЛЯЦИЮ СЕЛЕНА
КУКУРУЗОЙ И ПОДСОЛНЕЧНИКОМ**

Марина КАПИТАЛЬЧУК, Надежда ГОЛУБКИНА, Иван КАПИТАЛЬЧУК**,
Анна ШУЛЬМАН**, Максим АНГЕЛЮК***

Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы

**Институт питания РАМН, г. Москва, Россия*

***Тираспольский университет им. Т.Г. Шевченко, Республика Молдова*

Au fost stabilite deosebirile principale în caracterul influenței cuprului care se conține în sol la asimilarea selenului în plantele de porumb și floarea-soarelui.

The present paper discusses the differences in nature Cu influence in soil on Se accumulation in maize and sunflower.

Введение

Поглощение растениями макро- и микроэлементов находится в прямой зависимости от содержания элементов минерального питания в почве. Для растений хорошо доступны все растворимые, а также обменно-поглощенные формы элементов питания. Нормальное функционирование растительного организма осуществляется при строго определенном соотношении ионов во внешней среде. При этом увеличение количества элемента, находящегося в недостаточной концентрации, способствует поглощению других элементов, то есть проявляется синергизм. В то же время избыток какого-либо элемента приводит к антагонизму, проявляющемуся в ограничении поступления других элементов питания [1].

Нами исследовалось влияние меди на усвоение растениями селена. Следует ожидать, что взаимодействие между данными микроэлементами должно проявляться в форме антагонизма [6].

Общеизвестно, что селен относится к условно необходимым элементам питания растений, однако благодаря своим антиоксидантным свойствам селен является эссенциальным микроэлементом для человека и животных [3]. В связи с этим большое значение имеет изучение условий накопления селена растениями, используемыми как продукты питания человека и корм для животных.

Материалы и методы

Сбор образцов почв и растений, подготовка их к лабораторным анализам проводилась в соответствии со стандартными методиками [5], на территории двух почвенных районов Молдовы: района типичных и карбонатных черноземов лесостепи юго-западной окраины Вольно-Подольской возвышенности и района обыкновенных и южных черноземов Южноприднестровской степной равнины. При этом анализируемые образцы растений соответствовали следующим фазам вегетации: кукуруза – до начала цветения, подсолнечник – в начале цветения.

Образцы измельченных растений просушивались без доступа прямых солнечных лучей, а затем перемалывались в муку. Содержание селена в почвах определялось атомно-абсорбционным спектрофотометром [2], а в растениях – флуорометрическим методом с использованием референс-стандартов [10]. Содержание меди в почвах определялось стандартным колориметрическим методом [7].

Результаты и их обсуждение

Содержание селена в почвах на изучаемой территории рассматривалось в работах [2, 4, 8-9], поэтому в таблице 1 представлены данные только по содержанию меди в различных типах почв. Для сравнения в данной таблице указаны также средние значения валового содержания меди для соответствующих типов почв Молдовы, приведенные в монографии В.П. Кирилюка [6].

Таблица 1

Валовое содержание меди (мг/кг) в различных типах почв в слое 0-40 см

Почва	Кол-во проб	Диапазон наблюдаемых значений	Среднее	Стандарт. отклонение	Среднее по [6]
Чернозем выщелоченный	2	56,3 – 68,9	62,0	±6,31	37,3
Чернозем типичный	8	12,6 – 25,5	17,9	±4,36	33,1
Чернозем обыкновенный	14	13,3 – 73,8	25,7	±17,59	37,4
Чернозем карбонатный	6	16,8 – 36,8	23,7	±8,06	32,6
Пойменная слоистая	3	16,8 – 53,3	24,4	±19,66	-
Все типы	33	12,6 – 73,8	23,6	±16,59	35,1

Из таблицы 1 следует, что в почвах исследуемой территории валовое содержание меди изменяется в довольно широком диапазоне – от 12,6 до 73,8 мг/кг, хотя среднее значение концентрации меди в почвах составляет всего 23,6 мг/кг, что существенно меньше среднего значения этого параметра в целом для Молдовы (35,1 мг/кг). Рассматривая содержание меди в отдельных типах почв, можно отметить, что наиболее бедными медью оказались типичные черноземы, в которых концентрация этого микроэлемента изменяется в пределах от 12,6 до 25,5 мг/кг, при среднем значении 17,9 мг/кг. Это почти в два раза ниже средней концентрации меди для этого типа почв Молдовы (см. табл.1). Однако нижние пределы диапазона наблюдаемых значений содержания меди в исследуемых почвах все же существенно превышают порог дефицита этого элемента, который составляет менее 2,0–5,0 мг/кг в черноземной зоне [1]. Высокое среднее значение содержания меди (62,0 мг/кг) в черноземе выщелоченном у с. Строинцы обусловлено, видимо, техногенным фактором в условиях малой выборки (всего 2 пробы). Особо следует отметить повышенное содержание меди (до 73,8 мг/кг) в почвах поймы и террас Днестра у с. Чобручи Слободзейского района, где также наблюдаются аномально высокие концентрации селена (до 1,93 мг/кг) [4, 9].

В таблице 2 представлены данные, характеризующие накопление селена в надземной части растений кукурузы в фазе выбрасывания метелки в зависимости от валового содержания меди и соотношения медь/селен в почве.

Таблица 2

Биоаккумуляция селена в надземной части растений кукурузы в зависимости от типа почв с различным содержанием меди и селена

Тип почвы	Почвообразующая порода	Место взятия проб	Cu в почве, мг/кг	Cu/Se в почве	Se в растении, мкг/кг
Чернозем карбонатный	Супесь	Слободзейский р-н, с.Терновка	26,8	268	107
Чернозем карбонатный	Лессовидный средний суглинок	Каменский р-н, с.Кузьмин	20,1	56,6	90
Чернозем карбонатный	Лессовидный тяжелый суглинок	Григориопольский р-н, с.Бутор	30,2	111,8	128
Чернозем обыкновенный	Лессовидный средний суглинок	Слободзейский р-н, с.Парканы	44,0	139,7	109
Чернозем обыкновенный	Лессовидный тяжелый суглинок	Дубоссарский р-н, с.Гармацкое	21,6	63,5	89
Чернозем типичный	Лессовидный средний суглинок	Каменский р-н, с.Грушка	16,5	51,6	90
Пойменная луговая слоистая	Аллювиальные слоистые наносы	Слободзейский р-н, с.Чобручи	30,9	91,2	119
Все типы			27,2	111,8	104,6

Как видно из таблицы 2, в надземной части растений кукурузы содержится в среднем 104,6 мкг селена на 1 кг воздушно-сухого вещества. Аккумуляция селена этой сельскохозяйственной культурой в зависимости от геохимических условий варьирует в пределах 89 – 128 мкг/кг. В соответствии с задачами исследования, в качестве геохимических параметров среды здесь рассматривается содержание меди в пахотном слое почвы (0-40 см) и отношение медь/селен в этом почвенном слое. Из представленных в таблице 2 данных следует, что содержание меди в почвах, на которых произрастала кукуруза, составляет от 16,5 до 44,0 мг/кг, а соотношение медь/селен варьирует в более широком диапазоне значений, изменяясь от 51,6 до 268.

На рис.1а представлена зависимость величины аккумуляции селена кукурузой от концентрации меди в почве. Здесь и на последующих рисунках кроме экспериментальных точек показаны также аппроксимирующие кривые, приведены соответствующие уравнения регрессии и величина достоверности аппроксимации (R^2).

Расчеты показали, что между количеством меди в почве и содержанием селена в кукурузе наблюдается положительная корреляционная связь со значением коэффициента корреляции $r = 0,6377$, что явилось неожиданным, поскольку, как указывалось выше, прогнозировалось проявление антагонизма между этими элементами.

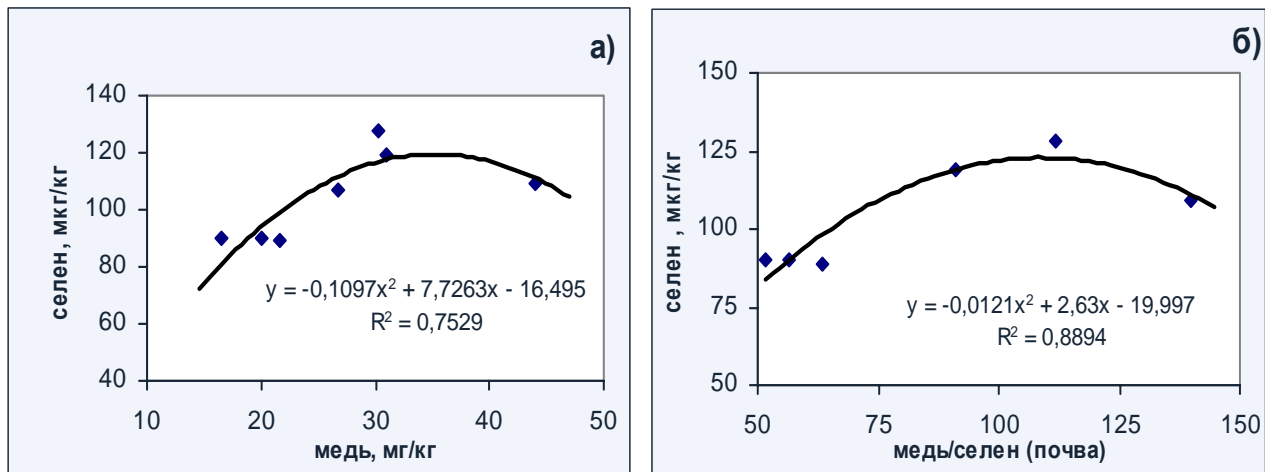


Рис.1. Содержание селена в кукурузе в зависимости от концентрации меди (а) и соотношения медь/селен (б) в почве

Однако из результатов аппроксимации, приведенных на рис.1а, следует, что в имеющемся диапазоне значений увеличение меди в почве сопутствует повышению содержания селена в растениях кукурузы до определенного предела. При возрастании валового содержания меди в почвах до 30 - 35 мг/кг начинает, видимо, проявляться антагонизм между элементами и содержание селена в растениях уменьшается.

Выше отмечалось, что проявления антагонизма и синергизма зависят от определенного соотношения ионов химических элементов в почве. Поэтому представляется важным рассмотрение интенсивности накопления растениями селена в зависимости от величины соотношения Cu/Se в почве. Результаты такого анализа представлены на рис.1б. Коэффициент корреляции между параметрами «медь/селен (почва)» и «селен (кукуруза)» оказался положительным и составил 0,7386. Причем, увеличение в почве соотношения Cu/Se вначале способствует накоплению селена в растениях кукурузы, но когда величина этого соотношения превышает значение 120, содержание селена в кукурузе уменьшается.

Рассмотрим, каким образом величина концентрации меди в почве влияет на аккумуляцию селена подсолнечником. Как следует из анализа представленных в табл.3 данных, содержание селена в растениях подсолнечника выше, чем в кукурузе, и в среднем составляет 115,6 мкг/кг, варьируя в зависимости от геохимических условий от 104 до 143 мкг/кг. Концентрация меди в рассматриваемых почвах изменяется в диапазоне 13,3 – 47,1 мг/кг, а соотношение Cu/Se – с 31,8 до 268.

Таблица 3

Биоаккумуляция селена подсолнечником в зависимости от типа почв с различным содержанием меди и селена

Тип почвы	Почвообразующая порода	Место взятия проб	Cu в почве, мг/кг	Cu/Se в почве	Se в растении, мкг/кг
Чернозем карбонатный	Супесь	Слободзейский р-н, с.Терновка	26,8	268	104
Чернозем карбонатный	Лессовидный тяжелый суглинок	Григориопольский р-н, с.Бутор	30,2	111,8	111
Чернозем обыкновенный	Лессовидный тяжелый суглинок	Рыбницкий р-н, с.Попенки	13,3	45,9	105
Чернозем обыкновенный	Лессовидный тяжелый суглинок	Дубоссарский р-н, с.Гармацкое	21,6	63,5	117
Чернозем обыкновенный	Лессовидный тяжелый суглинок	Слободзейский р-н, с.Чобручи	47,1	31,8	114
Чернозем типичный	Лессовидный средний суглинок	Каменский р-н, с.Грушка	16,5	51,6	143
Все типы			25,9	95,4	115,6

На рис.2 отображено содержание селена в подсолнечнике в зависимости от концентрации меди и величины соотношения Cu/Se в почве.

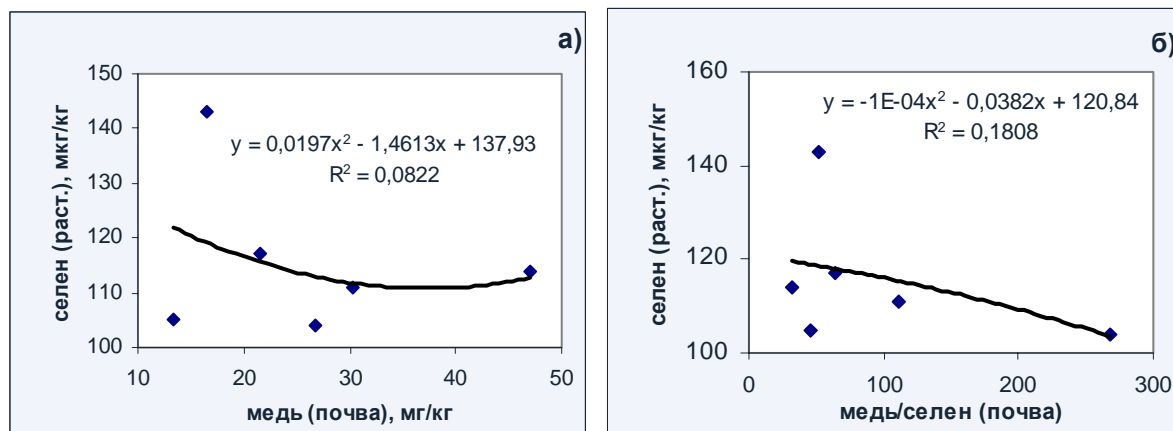


Рис.2. Содержание селена в подсолнечнике в зависимости от концентрации меди (а) и величины соотношения медь/селен (б) в почве

Как видно из рис.2а, характер влияния меди в почве на накопление селена подсолнечником проявляется иначе, чем в случае кукурузы. Здесь прослеживается тенденция к уменьшению аккумуляции селена подсолнечником с ростом концентрации меди в почве. Однако корреляционная взаимосвязь между этими параметрами очень слабая ($r = -0,2240$). Теснота корреляционной зависимости несколько возрастает при рассмотрении влияния соотношения Cu/Se в почве на аккумуляцию селена подсолнечником (рис.2б), но все же остается достаточно слабой ($r = -0,4240$). При возрастании величины отношения Cu/Se в почве наблюдается тенденция к снижению содержания селена в растениях подсолнечника.

Выводы

Почвы на рассматриваемых территориях отличаются в среднем более низким содержанием меди, чем в целом по Молдове.

Имеются принципиальные отличия в характере влияния меди, содержащейся в почве, на накопление селена растениями кукурузы и подсолнечника. В частности, между количеством меди в почве и

содержанием селена в кукурузе наблюдается положительная корреляция. Однако когда содержание меди в почве достигает 30 – 35 мг/кг, начинает проявляться тенденция к уменьшению селена в кукурузе.

Для подсолнечника увеличение количества меди в почве сопровождается уменьшением селена в растении, при этом корреляционная зависимость между этими параметрами очень слабая.

Замена абсолютных значений концентрации меди на соотношение медь/селен в почве существенно не изменяет характера влияния меди на аккумуляцию селена растениями.

Литература:

1. Агрохимия /Б.А. Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др. / Под ред. Б.А. Ягодина: 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1989. - 639 с.
2. Богдевич О.П., Измайлова Д.Н., Капитальчук М.В., Тома С.И. Оценка содержания селена в почвах Молдовы // Buletinul Institutului de Geofizică și Geologie al A.S.M. - 2005. - Nr.1. - P.83-87.
3. Гмошинский И.В., Мазо В.К. Селен в питании: краткий обзор // Medicina Altera. - 1999. - Nr.4. - P.18-22.
4. Капитальчук М.В. Содержание селена в почвах Южноприднестровской степной равнины // Степи Северной Евразии: Материалы IV Международного симпозиума.- Оренбург, 2006, с.339-341.
5. Ковальский В.В., Гололобов А.Д. Методы определения микроэлементов в органах и тканях животных, растениях и почвах. - Москва: Колос, 1969.- 272 с.
6. Кирилюк В.П. Микроэлементы в компонентах биосферы Молдовы. - Chișinău: Pontos, 2006. - 156 p.
7. Сендел Е. Колориметрические методы определения следов металлов. - Москва: Мир, 1964.
8. Тома С., Капитальчук М., Капитальчук И. Содержание селена в некоторых природных компонентах на территории Республики Молдова // Analele Științifice ale USM. Seria “Științe chimico-biologice”. - Chișinău, 2006, p.348-352.
9. Тома С., Капитальчук М., Капитальчук И. Содержание селена в некоторых типах почв левобережных районов Днестра // Știința agricolă. - 2006. - Nr.1. - P.11-16.
10. Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. - 1984. - Vol. 165. - P.187-194.

Prezentat la 05.06.2007