

Л.В. МАРТИРОСЯН, К.В. ГРИГОРЯН

### ПОГЛОЩЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ ИЗ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Установлено, что содержание тяжелых металлов (ТМ) в проростках сельскохозяйственных культур возрастает с увеличением их концентрации в питательном растворе. Проростки различных культур проявляют неодинаковую устойчивость к ТМ. Медь значительно токсичнее цинка, свинца, молибдена и марганца. Между содержанием ТМ в питательном растворе и в проростках сельскохозяйственных культур обнаружена положительная достоверная, а между содержанием ТМ и показателями роста проростков – отрицательная достоверная корреляция.

В последние десятилетия большое внимание уделяется проблеме загрязнения окружающей среды ТМ и соответственно их воздействию на растительность. Интенсивное развитие отраслей промышленности, химизация сельского хозяйства способствуют росту загрязнения окружающей среды ТМ, что наносит значительный ущерб сельскому, лесному хозяйству и природе в целом [1–4]. Поступающие в почву ТМ оказывают воздействие не только на рост растений, но через контактирующие с почвой среды по биологическим цепям также на человека и животных [5]. Поэтому изучение вопросов загрязнения почв, оросительных вод и возделываемых культур ТМ, разработка эффективных мероприятий по его предотвращению, подбора тест-растений является актуальной проблемой, для решения которой необходимы объективные методы исследования.

**Материал и методика.** Проростки перца, салата, томата и огурца выращивали на фильтровальной бумаге, пропитанной растворами  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$  отдельно. В качестве контроля были использованы растворы  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl}$ . Полный питательный раствор не применяли, так как фосфаты могут сильно изменять токсичность металла для растений. Повторность каждого варианта трехкратная. Металлоустойчивость определяли методом корневого теста, предложенного Уилкинсом [6]. Содержание ТМ в питательных растворах и в проростках определяли атомно-абсорбционным методом на спектрометре ААС-1 [7–8]. Результаты анализов подвергли математической обработке методом вариационной статистики [9].

**Результаты и обсуждения.** Опыты показали, что содержание ТМ в растениях возрастает по мере увеличения их концентрации в питательном растворе (табл. 1). Так, между содержаниями ТМ в питательном растворе и проростках отдельных культур обнаружена достоверная коррелятивная связь ( $r=0,72-0,99$ ). Однако строгая корреляция наблюдается не всегда и зависит от вида растений, а также от формы и соединений металла. Данные табл. 2 и 3 отражают различия в содержании ТМ в подземных и надземных частях отдельных сельскохозяйственных культур: содержание ТМ намного больше в подземной части проростков. Возделываемые культуры, по всей вероятности, проявляют избирательность по отношению к ТМ. Так, в проростках отдельных культур содержание меди и свинца сравнительно меньше, чем молибдена, цинка и марганца. По отношению к ТМ огурец характеризуется их высоким содержанием.

Таблица 1

Коррелятивная связь между содержанием ТМ в питательной среде и в проростках различных культур

Показатели роста проростков, мм	Cu	Mo	Zn	Pb	Mn
	$r \pm m; t$	$r \pm m; t$	$r \pm m; t$	$r \pm m; t$	$r \pm m; t$
огурец					
н.ч.	0,97±0,02; 48,5	0,97±0,02; 48,5	0,99±0,01; 99	0,94±0,04; 23,5	0,97±0,02; 48,5
п.ч.	0,95±0,03; 31,6	0,91±0,06; 15,2	0,97±0,02; 48,5	0,96±0,02; 48	0,99±0,007; 141,4
перец					
н.ч.	0,96±0,02; 32	0,92±0,05; 18,4	0,96±0,03; 32	0,95±0,03; 31,7	0,98±0,01; 98
п.ч.	0,95±0,03; 141,4	0,98±0,01; 98	0,99±0,007; 141,4	0,90±0,06; 15	0,99±0,007; 141,4
салат					
н.ч.	0,95±0,03; 31,6	0,93±0,046; 20,2	0,92±0,05; 18,4	0,72±0,16; 4,5	0,98±0,013; 75,3
п.ч.	0,96±0,02; 48	0,93±0,04; 23,25	0,95±0,03; 31,6	0,96±0,02; 48	0,98±0,01; 98
томат					
н.ч.	0,97±0,02; 48,5	0,95±0,03; 31,7	0,96±0,03; 32	0,98±0,01; 98	0,96±0,03; 32
п.ч.	0,99±0,007; 141,4	0,89±0,7; 12,7	0,99±0,007; 141,4	0,92±0,05; 18,4	0,99±0,007; 141,4

Предполагается, что в одних растениях концентрация ТМ может возрастать очень сильно без каких-либо определенных пределов. При этом накопление элемента вначале стимулирует жизнедеятельность растения и его продуктивность, затем угнетает и в конце концов вызывает его гибель. В других растениях при достижении определенного уровня концентрации элемента начинают действовать механизмы, препятствующие дальнейшему его поглощению. Эти определенные уровни называются физиологическими барьерами поглощения, выделяют также барьерный и безбарьерный типы поглощения. Если такое предположение принять за основу механизма накопления ТМ, то можно утверждать, что содержание меди и свинца в проростках регулируется барьерным поглощением.

По нашему мнению, такое поведение меди и свинца обусловлено их более сильной токсичностью или высокой чувствительностью проростков по отношению к этим элементам. Сравнительно низкие концентрации меди и свинца угнетают жизнедеятельность растений, которые дальше не реагируют на повышение этих элементов в среде.

Установлено, что ТМ подавляют развитие растений. Однако проростки отдельных культур проявили неодинаковую устойчивость к определенной концентрации металла. Так, проростки перца и салата достаточно устойчивы по отношению к цинку и молибдену: 0,5–8 мг/л этих элементов слабо ингибируют или даже стимулируют их рост ( $t=0,72-1,16$ ). Более чувствительным к действию ТМ оказался огурец, длина корней которого под влиянием меди укорачивается по сравнению с контролем на 36,2–84,4% ( $t=0,16-0,64$ ), цинка – на 42,2–79,9% ( $t=0,20-0,58$ ), свинца – на 43,6–56,9% ( $t=0,43-0,56$ ) и молибдена – на 48,5% ( $t=0,51-0,63$ ).

Таблица 2

Содержание ТМ(мг/100г сух. веществ) в проростках сельскохозяйственных культур.  
Надземная часть

Культура	ТМ	Концентрация растворов ТМ, мг/л									
		0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20,0	25,0
томат	Pb	1,9	2,8	2,4	3,3	3,8	4,1	4,1	6,5	8,4	11,5
	Cu	2,7	2,7	2,7	3,4	3,4	3,4	5,8	6,1	9,7	13,4
	Mo	2,3	3,1	3,1	3,1	5,7	4,8	6,7	7,7	18,3	19,4
	Zn	2,8	2,8	2,8	2,8	3,7	4,1	6,9	7,1	14,5	16,7
	Mn	5,3	5,3	5,3	7,4	7,9	9,1	12,5	15,4	19,3	28,0
перец	Pb	2,5	2,5	2,5	4,8	4,3	5,9	5,9	8,4	9,9	18,6
	Cu	1,7	1,7	1,7	2,5	2,5	4,9	4,9	8,4	12,5	21,4
	Mo	2,1	1,8	2,8	2,8	2,8	3,5	3,5	6,4	18,3	19,5
	Zn	3,5	3,5	3,5	4,9	5,8	7,7	7,7	11,8	22,5	31,2
салат	Mn	5,3	5,3	6,8	6,8	6,5	8,2	9,9	16,5	18,3	25,4
	Pb	5,8	5,8	7,9	7,9	7,9	8,4	8,7	9,1	18,3	21,5
	Cu	3,6	3,6	3,6	4,3	4,3	5,1	5,1	7,9	14,5	15,6
	Mo	2,4	2,4	2,0	3,7	3,7	4,5	4,5	6,3	9,8	17,5
	Zn	6,4	5,7	5,7	6,9	7,8	7,8	8,4	11,5	14,1	25,7
огурец	Mn	7,0	8,1	7,5	7,5	9,3	11,5	14,6	17,1	19,4	26,2
	Pb	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	10,0
	Cu	4,3	4,3	5,1	5,8	6,9	7,4	6,9	11,4	15,7	18,3
	Mo	3,7	3,7	3,7	4,5	4,5	4,7	5,5	9,8	13,6	15,7
	Zn	5,3	5,3	5,3	7,5	8,4	8,4	9,5	14,0	19,7	21,4
Mn	7,0	7,0	8,0	9,0	9,0	9,0	11,0	16,0	21,0	28,0	

Таблица 3

Содержание ТМ(мг/100г сух. веществ) в проростках сельскохозяйственных культур.  
Подземная часть

Культура	ТМ	Концентрация растворов ТМ, мг/л									
		0,5	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	15,0	20,0	25,0
томат	Pb	4,5	4,5	5,2	5,8	5,8	5,8	6,9	13,2	28,6	42,1
	Cu	5,2	6,7	12,3	18,5	22,3	24,5	31,6	49,6	72,4	96,2
	Mo	6,3	6,6	7,9	11,4	11,4	11,4	18,9	17,6	28,1	64,3
	Zn	7,8	11,4	18,3	15,6	22,9	35,6	48,7	68,8	95,6	122,3
	Mn	9,4	12,3	12,3	18,9	25,6	42,3	55,0	72,3	112,0	135,6
перец	Pb	4,8	4,8	5,1	5,9	7,2	7,2	8,0	20,3	43,4	85,6
	Cu	3,7	4,8	6,3	9,5	14,8	17,9	21,4	36,9	54,5	76,9
	Mo	5,3	5,3	5,3	8,4	11,2	13,6	28,3	45,5	68,3	93,7
	Zn	11,5	12,4	18,9	25,0	32,3	48,5	64,3	82,3	99,1	118,3
салат	Mn	9,8	9,8	11,2	12,4	18,5	22,5	31,4	48,3	56,2	77,0
	Pb	7,8	7,4	8,3	8,8	11,4	13,6	17,8	21,4	36,7	53,5
	Cu	5,1	5,1	5,9	9,6	13,5	15,8	19,7	27,8	42,3	69,1
	Mo	9,6	11,4	10,8	11,2	11,2	11,2	14,6	23,8	31,4	48,6
	Zn	15,0	16,1	18,2	21,4	21,4	29,7	32,7	44,5	56,3	94,5
огурец	Mn	12,4	12,4	12,4	15,6	17,2	23,5	32,7	37,8	45,2	64,8
	Pb	12,6	12,2	11,8	17,1	17,8	20,8	33,8	48,1	59,9	102,0
	Cu	5,7	5,3	10,8	21,3	20,1	26,0	29,5	54,0	67,8	129,3
	Mo	14,9	15,2	15,2	19,3	19,3	24,5	26,7	39,5	48,7	112,6
	Zn	21,4	21,6	32,3	37,4	37,4	41,5	57,9	79,8	122,3	175,6
Mn	15,3	24,3	27,1	29,2	35,6	48,9	62,4	85,6	110,3	142,4	

По сравнению с другими ТМ медь оказывает более токсическое действие на развитие проростков. При концентрации 1 мг/л полностью угнетается развитие перца ( $I_t=0,29$ ), 4 мг/л – томата ( $I_t=0,27$ ) и огурца ( $I_t=0,37$ ), 6 мг/л – салата ( $I_t=0,42$ ).

Проростки указанных культур проявили неодинаковую устойчивость также к водным вытяжкам из почв, незагрязненных и загрязненных ТМ. Под действием водных вытяжек из загрязненных почв длина корней проростков укорачивается на 22,5–60,9% ( $I_t=0,39–0,77$ ). Проростки устойчивы к водным вытяжкам из незагрязненных почв ( $I_t=0,83–0,99$ ), однако и здесь наблюдается уменьшение показателей роста на 0,8–18,3%, так как эти почвы формируются в зоне рудных месторождений и содержание ТМ в них в 1,5 раза выше кларка.

**Выводы.** Содержание ТМ в проростках отдельных культур возрастает с увеличением их концентрации в питательном растворе. Медь, цинк, молибден, свинец, марганец и вытяжки из загрязненных почв подавляют развитие томата, салата, перца и огурца. Проростки неодинаково устойчивы к определенной концентрации металла. Медь и свинец оказывают более токсическое действие на развитие проростков.

Полученные данные можно использовать при разработке ПДК ТМ для почв и оросительной воды.

*Кафедра экологии и охраны природы*

*Поступила 08.03.1999*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев Л.Г. Ландшафты, металлы и человек. М.: Мысль, 1976, 72 с.
2. Григорьев К.В., Галстян А.Ш. Влияние загрязненных промышленными отходами оросительных вод на ферментативную активность почв. – Почвоведение, 1979, №3, с.130–138.
3. Кудио К.К. Влияние промышленного загрязнения почв на урожайность сельскохозяйственных растений. – Сб.: Человек-техника-природа. Киев, 1976, с. 157–159.
4. Hossett J.J. Carasity of selected Illinois soils to remove lead from aqueous solution. – Communic in soil Sc. plant analysis, 1974, v. 5, №6, p. 499–505.
5. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. М., 1982.
6. Wilkins D.S. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. – New phitol., 1978, v. 80, p. 623–633.
7. Зырянов Н.Г. и др. Методические указания по спектрографическому определению микроэлементов в почве и в золе растений. М.: Изд-во МГУ, 1971, 105 с.
8. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973, 376 с.
9. Снедекор Дж.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и в биологии. М.: Изд-во с.-х. литер. жур. и плакатов, 1961, 503 с.

Լ.Վ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Կ.Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ՄԱՆԴԱՐԱՐ ԼՈՒԾՈՒՅԹԻՑ ԾԱՆՐ ՄԵՏԱՂՆԵՐԻ ԿԼԱՆՈՒՄԸ  
ԲՈՒՅՍԵՐԻ ԿՈՂՄԻՑ

Ա մ փ ո փ ո մ

Բացահայտված է, որ գյուղատնտեսական բույսերի ծիլերում ծանր մետաղների (ԾՄ) պարունակությունը աճում է սննդարար լուծույթում դրանց խտացման հետ մեկտեղ: Տարբեր բույսերի ծիլերը ԾՄ-ի նկատմամբ ցուցաբերում են ոչ միատեսակ կախումություն: Պղինձը էապես ավելի թունավոր է ցինկից, կապարից, մոլիբդենից և մանգանից: Սննդարար լուծույթում ԾՄ-ի և գյուղատնտեսական բույսերի ծիլերում ԾՄ-ի պարունակությունների միջև հայտնաբերված է ստույգ դրական, իսկ ԾՄ-ի պարունակության և ծիլերի աճի ցուցանիշների միջև՝ ստույգ բացասական համահարաբերություն: