

© С. А. Джафарова, А. И. Джафаров

УДК 544.431.7 + 577.32 + 58.04

## СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БИОСФЕРЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

С. А. Джафарова, А. И. Джафаров (Баку, Азербайджан)

*В работе исследовалось влияние солей различных тяжелых металлов на накопление продуктов ПОЛ в вегетативных органах – корне, стебле и листьях. Исследовано действие солей Cd, Co, Mn, и Mo, растворы которых были введены в питательный растворы, на проростки растений овса и гороха.*

*Интенсивность ПОЛ оценивалась по изменению содержания гидроперекисей, МДА и по интенсивности хемилюминесценции. Исследования проводились на этиолированных растениях овса и гороха, выращиваемых на питательных растворах. В результате проведенных исследований установлено, что растворы солей кадмия, кобальта, марганца и молибдена внесенные в определенных концентрациях вызывали защитное усиление интенсивности ПОЛ и накопление его продуктов в вегетативных органах. Причем из исследуемых тяжелых металлов более заметное усиление ПОЛ в вегетативных органах вызывали соли кобальта в концентрации  $10^{-4}$  М у обоих исследуемых растений. Кроме того, при действии солей кобальта, по сравнению с другими вегетативными органами, наивысшая интенсивность ПОЛ обнаружена в листьях овса и гороха. Показано, что по сравнению с овсом растение гороха более толерантно к действию тяжелых металлов, судя по величине продуктов ПОЛ.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, этиолированные растения, ПОЛ, ГП, МДА, ХЛ, вегетативные органы.

В настоящее время биосфера резко загрязнена гербицидами, пестицидами, азот и фосфорорганическими соединениями и, наконец, тяжелыми металлами.

Тяжелые металлы, как супертоксиканты XXI в., попадающие в атмосферу, воду и почву интенсивно мигрируют и поглощаются растительными объектами, после чего вклю-

---

\* Статья подготовлена по результатам работы Международной научно-практической конференции «Свободные радикалы и антиоксиданты в химии, биологии и медицине» (1-4 октября 2013 г.) в рамках реализации Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет» на 2012–2016 гг.

**Джафарова Севиндж Ахверди** – кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник, Институт Физики, Национальная Академия наук Азербайджана

E-mail [scafarova@yahoo.com](mailto:scafarova@yahoo.com)

**Джафаров Ахверди Исмайыл** – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Институт Физики, Национальная Академия наук Азербайджана.

E-mail [scafarova@yahoo.com](mailto:scafarova@yahoo.com)

чаются в пищевую цепь живых организмов, оказывая на растения, животных и человека отрицательное влияние, подавляя рост, развитие и снижая урожайность сельхоз культур, оказывают мутагенное, тератогенное и канцерогенное действие, а также «извращают» метаболические процессы в жизненно важных органах [1, 3, 5, 8]. Наиболее важную задачу в проблеме загрязнения биосферы тяжелыми металлами представляет выяснение всех аспектов механизма их действия.

Установлено, что все тяжелые металлы переменной валентности оказывают каталитическую активность на свободнорадикальное окисление липидов с образованием различных радикальных продуктов [2, 4]. Поэтому имеются предпосылки интенсификации свободнорадикального окисления ненасыщенных жирных кислот в составе липидов, как в водной среде, так и в почве и в самом растении при повышенной концентрации в среде тяжелых металлов. Отсюда становится понятным, что для защиты растений от окислительно-деструктивного стресса вызванного действием тяжелых металлов, необходимо изучить особенность динамики накопления продуктов перекисного окисления липидов в разных органах растений с действием различных тяжелых металлов.

### Методы

Наши исследования проводились на растениях гороха и овса. Изучалось действие тяжелых металлов (Cd, Co, Mn и Mo),

внесенных в питательные растворы проростков. Изменение интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ) изучалось в корнях, стеблях и листьях гороха и овса. Об интенсивности ПОЛ судили по изменению содержания гидроперекисей (ГП), МДА и по интенсивности ХЛ. Содержание ГП и МДА определялось методом Asakawa и Matsushita [7]. Интенсивность ХЛ регистрировалась на фотометрической установке с использованием ФЭУ-85

Полученные данные подвергались статистической обработке по методу Ракицкого с определением критерия Фишера Стьюдента.

### Результаты и обсуждение

Исследование влияния тяжелых металлов на интенсивность перекисного окисления липидов в органах растений является своевременным ввиду возросшего уровня загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Как показано в таблицах 1 и 2 у растений овса и гороха в зависимости от способа выдержки в растворах солей тяжелых металлов в исследуемых органах растений (в корнях, стеблях, листьях и семенах) интенсивность накопления гидроперекисей (ГП) и малонилдиальдегида (МДА), а также хемилюминесценции (ХЛ) возрастала, что указывало на возрастание интенсивности ПОЛ в опытных растениях под действием солей тяжелых металлов Cd, Co, Mn и Mo в значительной степени.

**Таблица 1**

*Влияние введения растворов солей тяжелых металлов в питательную среду безхлорофильного растения овса на интенсивность в его органах перекисного окисления липидов (ПОЛ)*

Концентрация растворов солей тяжелых металлов, М	Продукты перекисного окисления липидов								
	Гидроперекиси нмоль/мг липид $X_{\pm m, n} = 9$			МДА нмоль/мг белок, $X_{\pm m, n} = 9$			ХЛ имп/10сек $X_{\pm m, n} = 9$		
	корень	стебель	листья	корень	стебель	листья	корень	стебель	листья
Контроль	12,3 $\pm 0,68$	10,4 $\pm 0,61$	5, 1 $\pm 0,28$	11,6 $\pm 0,67$	8,4 $\pm$ 0,46	4, 1 $\pm 0,22$	970 $\pm 53$	54 0 $\pm 35$	31 0 $\pm 20$
Соли кадмия									
CdSO <sub>4</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	14,6 $\pm 0,72$	11,7 $\pm 0,67$	7,14 $\pm 0,39$	14,4 $\pm 0,8$	11,3 $\pm 0,66$	6, 3 $\pm 0,24$	124 0 $\pm 70$	77 0 $\pm 44$	58 0 $\pm 35$
10 <sup>-4</sup> М	21,6 $\pm 1,2$	16,6 $\pm 0,86$	6,9 $\pm$ 0,26	19,5 $\pm 0,9$	14,2 $\pm 0,71$	6, 1 $\pm 0,21$	174 6 $\pm 98$	91 0 $\pm 48$	42 0 $\pm 25$
CdCl <sub>2</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	13,7 $\pm 0,7$	10,1 $\pm 0,66$	8 $\pm$ 0, 44	13,1 $\pm 0,7$	10,2 $\pm 0,56$	6, 1 $\pm 0,23$	117 0 $\pm 61$	70 5 $\pm 42$	55 0 $\pm 32$
10 <sup>-4</sup> М	18,3 $\pm 1,06$	14,8 $\pm 0,82$	6,2 $\pm$ 0,25	16,8 $\pm 0,93$	13,1 $\pm 0,72$	5 $\pm$ 0,27	170 0 $\pm 94$	83 0 $\pm 46$	40 0 $\pm 36$
Соли кобальта									
CoSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	19,1 $\pm$ 1,1	17,3 $\pm$ 0,96	13,4 $\pm$ 0,70	18,7 $\pm$ 11,02	13,5 $\pm$ 0,71	6,9 $\pm$ 0,26	1630 $\pm$ 90	990 $\pm$ 990	605 $\pm$ 30
10 <sup>-4</sup> М	28,4 $\pm$ 1,9	24,44 $\pm$ 1,4	18,36 $\pm$ 1,02	32,9 $\pm$ 1,8	23,1 $\pm$ 1,28	13,9 $\pm$ 0,71	425 $\pm$ 135	1210 $\pm$ 60	1060 $\pm$ 40
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	19,9 $\pm$ 1,2	16,9 $\pm$ 0,85	12,9 $\pm$ 0,69	18,9 $\pm$ 1,04	13,1 $\pm$ 0,70	6,8 $\pm$ 0,25	1510 $\pm$ 50	885 $\pm$ 25	610 $\pm$ 30
10 <sup>-4</sup> М	29,9 $\pm$ 1,66	22,1 $\pm$ 1,1	18,7 $\pm$ 1,1	30,8 $\pm$ 1,66	20,7 $\pm$ 1,1	12,1 $\pm$ 12,1	2300 $\pm$ 105	1090 $\pm$ 40	1080 $\pm$ 34
Соли марганца									
MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O 10 <sup>-4</sup> М	12,9 $\pm$ 0,69	11,1 $\pm$ 0,65	4,810,26	11,9 $\pm$ 0,66	8,1 $\pm$ 0,41	3,9 $\pm$ 0,21	1009 $\pm$ 20	530 $\pm$ 25	310 $\pm$ 20
10 <sup>-3</sup> М	14,1 $\pm$ 0,7	12,3 $\pm$ 0,68	5,6 $\pm$ 0,28	13,4 $\pm$ 0,69	9,8 $\pm$ 0,52	4,2 $\pm$ 0,23	1090 $\pm$ 20	600 $\pm$ 24	610 $\pm$ 440
10 <sup>-2</sup> М	27,1 $\pm$ 1,4	27,8 $\pm$ 1,54	18,2 $\pm$ 1,06	27,9 $\pm$ 0,55	19,6 $\pm$ 1,06	2,3 $\pm$ 0,68	1910 $\pm$ 85	1080 $\pm$ 45	1054 $\pm$ 30
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O 10 <sup>-4</sup> М	12,2 $\pm$ 0,66	11,3 $\pm$ 0,69	4,9 $\pm$ 0,27	11 $\pm$ 0,65	8 $\pm$ 0,36	4,2 $\pm$ 0,23	990 $\pm$ 40	480 $\pm$ 26	270 $\pm$ 15
10 <sup>-3</sup> М	13,1 $\pm$ 0,72	11,2 $\pm$ 0,64	4,8 $\pm$ 0,4	11,9 $\pm$ 0,64	8,1 $\pm$ 0,42	4 $\pm$ 0,21	1000 $\pm$ 35	510 $\pm$ 25	500 $\pm$ 20
10 <sup>-2</sup> М	23,9 $\pm$ 1,32	22,9 $\pm$ 1,4	16,2 $\pm$ 0,85	21,8 $\pm$ 1,21	16,1 $\pm$ 0,89	12 $\pm$ 0,68	1710 $\pm$ 40	480 $\pm$ 20	900 $\pm$ 30
Соли молибдена									
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O 10 <sup>-5</sup> М	12,8 $\pm$ 0,34	12,4 $\pm$ 0,47	5,2 $\pm$ 0,83	18,5 $\pm$ 1,81	11,9 $\pm$ 0,27	6,1 $\pm$ 0,31	1450 $\pm$ 48	880 $\pm$ 36	510 $\pm$ 41
10 <sup>-4</sup> М	23,6 $\pm$ 1,73	17,4 $\pm$ 0,19	9,9 $\pm$ 0,62	21,7 $\pm$ 0,37	15,4 $\pm$ 0,75	10,7 $\pm$ 0,03	1870 $\pm$ 42	1180 $\pm$ 27	720 $\pm$ 35
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>7</sub> · H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	14,1 $\pm$ 0,51	12,6 $\pm$ 0,49	5,2 $\pm$ 0,68	19,5 $\pm$ 0,43	12,7 $\pm$ 0,13	6,9 $\pm$ 0,17	1470 $\pm$ 35	930 $\pm$ 30	520 $\pm$ 24
10 <sup>-3</sup> М	27,5 $\pm$ 1,39	21,5 $\pm$ 1,52	13,6 $\pm$ 0,77	23,7 $\pm$ 1,54	18,7 $\pm$ 1,84	13,1 $\pm$ 0,24	2160 $\pm$ 53	1340 $\pm$ 43	830 $\pm$ 47

**Таблица 2**

*Влияние введения растворов солей тяжелых металлов в питательную среду безхлорофильного гороха на интенсивность накопления продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в различных органах растения*

Концентрация растворов солей тяжелых металлов, М	Продукты перекисного окисления липидов								
	Гидроперекиси, нмоль/мг липид $X_{\pm m, n} = 9$			МДА нмоль/мг белок, $X_{\pm m, n} = 9$			ХЛ имп/10сек $X_{\pm m, n} = 9$		
	корень	стебель	лист	корень	стебель	лист	корень	стебель	лист
Контроль	16.1±0.89	11.8±0.67	7,3±0.4	24.8±1,3	15.1±0,86	8,2±0.36	1200±40	750±16	400±18
Соли кадмия									
CdSO <sub>4</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	17.5±0,97	13.6±0,7	10.6±0.7	28,7±0.95	18,4±1,9	11,6±0.64	1460±35	950±21	600±16
10 <sup>-4</sup> М	25.8±1.38	16.7±0.86	9.1±0.52	38,9±2,2	27,4±1,3	10.2±0,65	1970±40	1200±32	510±18
CdCl <sub>2</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	16,9±0.9	12.9±0.69	10,2±0.60	27.1±40,9	16.1±0,89	10.48±0,67	1300±30	820±20	540±12
10 <sup>-4</sup> М	23.6±1,37	15.9±0.76	8.8±0.42	36.7±2.0	25.1±1,2	9.4±0,52	1810±45	1100±28	490±10
Соли кобальта									
CoSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	19,4±1.1	16,7±0.78	10,1±0,55	34,9±0,9	14,9±0,75	14.7±0.82	1706±40	1160±26	680±16
10 <sup>-4</sup> М	35.8±1.4	25.7±1.2	18.98±1.0	43.5±2.4	30.9±1.4	19.8±1.14	2680±55	1700±30	980±22
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	18.1±1.06	16.1±0.86	11.1±0,68	35,4±2,0	13,2±0,7	12,1±0,65	1600±30	1080±20	540±12
10 <sup>-4</sup> М	32.9±1.82	24.2±1,32	16.80±0,85	43.1±2.4	30.2±1,2	18.9±0.95	2490±50	1590±40	805±18
Соли марганца									
MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O 10 <sup>-5</sup> М	17,1±0,95	12.0±0,62	7.70±0,41	37,8±0,96	15,9±0,81	9.1 ±0,46	1900±40	800±18	470±16
10 <sup>-4</sup> М	19.4±1.1	15.2±0,81	10.1±0,48	37.8±2,0	17,3±0,89	9.9±0.56	1710	910±21	510±15
10 <sup>-3</sup> М	33.5±1.86	23.6±1,1	16.6±0,91	39.7±2.1	26.1±1.3	17,6±0,9	24.90±60	1500±25	960±20
MnCl <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O 10 <sup>-4</sup> М	16.4±0.86	11,1±0,65	6,1±0,33	24,1±1.3	14,1±0.6	8,1±0,41	1050±28	700±22	409±16
10 <sup>-3</sup> М	18.1±1.0	14.6±0.75	9,1±0,55	32.1±1.75	1610.76	8.31±0,41	1610±34	800±20	430±18
10 <sup>-2</sup> М	31.6±1.75	21.3±1,2	16.6±0.85	37.4±2,01	23.8±1.2	16.1±0.86	2500±40	1340±30	900±22
Соли молибдена									
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O 10 <sup>-5</sup> М	16,6±1.0	13.8±0,71	7,3±0.41	31,7±1,7	18,6±0.9	10,1±0,6	1680±42	1090±24	600±18
10 <sup>-4</sup> М	27.4±1.4	18,8±1.04	12,1±0.69	34,9±1.8	22,1±1,1	14.8±0.8	2100±44	1390±28	810±24
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>7</sub> · H <sub>2</sub> O, 10 <sup>-5</sup> М	17.9±0.96	14±0.77	7.4±0.41	32,7±1.6	19,4±1,0	11±0,62	1700±35	1140±25	610±20
10 <sup>-4</sup> М	31.3±1.61	22.9±1,27	15.8±0.87	36,9±2.1	25.4±1.3	17,2±0,65	2390±55	1550±38	920±25

По результатам исследований, представленных в таблицах 1 и 2 влияние растворов тяжелых металлов на накопление продуктов ПОЛ в корнях, стеблях и листьях, внесенных в питательные растворы у проростков растений гороха и овса, в зависимости от типа тяжелых металлов отличалось.

Соли кадмия ( $\text{CdSO}_4$  и  $\text{CdCl}_2$ ) в корнях, стеблях и листьях опытных растений увеличивали концентрацию ГП и МДА и интенсивность ХЛ. Как видно из таблицы соли  $\text{CdSO}_4$  оказывали более сильное влияние на изменение интенсивности ПОЛ, чем соли  $\text{CdCl}_2$ . Это связано с тем, что  $\text{CdSO}_4$  лучше всасывается корневой системой, чем  $\text{CdCl}_2$  [6].

Кроме того, соли Cd у исследованных растений в большей степени увеличивали концентрацию ГП и МДА, а также интенсивность ХЛ в тканях корневой системы и стеблей. Так, при добавлении в питательную смесь для этиолированных растений овса в концентрации  $10^{-4}$  М  $\text{CdSO}_4$ , в корнях количество гидроперекисей по сравнению с контролем возрастало в 1.75 раза, в листьях в 1.35 раза; количество МДА увеличивалось в корнях по сравнению с контролем в 1.7 раза, в листьях – 1.5. У аналогично обработанных растений гороха в корнях в 1.6, в листьях в 1.24 раза наблюдалось увеличение ГП. Интересно что, при применении солей кадмия в концентрации  $10^{-4}$  М накопление ГП и МДА в листьях наблюдалось в меньшей степени, чем при концентрации  $10^{-5}$  М. Среди исследованных нами растений влияние солей кадмия на процесс перекисного окисления липидов более заметным оказалось у растения овса. Как видно из таблицы 1, после обработки солями кадмия содержание ГП у овса

возрастает в корнях в 1.75 раза, в стеблях – 1.59 и в листьях – 1.35 раза; у гороха – 1.6, 1.4 и 1.24 раза, в тех же органах соответственно.

На фоне наблюдаемого увеличения количества ГП в исследованных органах у различных растений также отмечалось возрастание накопления МДА. Например, при добавлении  $\text{CdSO}_4$  в концентрации  $10^{-4}$  М в питательную смесь для этиолированных растений овса, количество МДА увеличивалось по сравнению с контролем в корнях – 1,68 раз, в стеблях – 1,69 раз и в листьях – 1,48; у гороха в корнях – 1,57 раз, в стеблях – 1,8 раза, в листьях – 1,24 раза.

Как отмечалось ранее, нами было выявлено, что наиболее чувствительным на влияние солей кадмия оказался овес, после него следовал горох и, наименее чувствительной была кукуруза, о чем судили по изменению интенсивности накопления продуктов ПОЛ в различных органах растений – в листьях, корнях и стеблях.

Соли кобальта (Co) также увеличивают интенсивность ПОЛ. В органах растений таблица 1 и 2 намного значительнее, чем соли кадмия. Особенности влияния солей кобальта на процесс ПОЛ подробно изложены ниже:

Соли Co увеличивали ПОЛ во всех изучаемых растениях значительнее в листьях по сравнению с другими органами. Например, после выдержки этиолированного растения овса в растворе  $\text{CoSO}_4$  с концентрацией  $10^{-4}$  М количество ГП возрастало в корне в 2.3 раза, стеблях – 2.35 раз и в листьях – 3.6 раза. Такая же картина наблюдалась и в изменении содержания МДА. В таблице видно что в корне количество МДА возрастало в 2.83 раза, в стеблях – 2.75 раз, в листьях оно выросло в 3.4 раза.

Возрастание накопления продуктов ПОЛ под влиянием солей кобальта по сравнению овсом, у растения гороха наблюдалось в меньшей мере. Так, в корнях у обработанного гороха количество ГП было выше в 2.22, в стеблях – 2.18, и в листьях – 2.6 раза, чем в контроле. Соли кобальта оказывали такое же влияние на изменение содержания МДА у другого исследованного растения.

Среди тяжелых металлов соли марганца также влияли на ПОЛ у растений гороха и овса. Рассмотрение влияния различных концентраций  $MnSO_4$ ,  $MnCl_2$ , позволило установить, что у всех изучаемых растений соли Mn в концентрации  $10^{-4}$  М не оказывали значительного влияния на процесс ПОЛ и интенсивность ХЛ, как видно из таблиц 1 и 2. Влияние же солей марганца в концентрации  $10^{-2}$  М на процесс ПОЛ в исследованных растениях выглядело, как показано ниже:

а) после выдержки в солях Mn ( $MnSO_4$  и  $MnCl_2$ ) накопление ГП и МДА в листьях, по сравнению с корнями и стеблем, было значительнее. Например, у этиолированного растения овса по сравнению с контролем влияние  $MnSO_4$  в концентрации  $10^{-2}$  М вызвало увеличение накопление ГП в корне – 2.2 раза, в стеблях – 2.67 и в листьях – 3.57 раза. Количество МДА в корнях – 2.4 раза, в стеблях – 2.3, в листьях – 3 раза также возрастало по сравнению с контролем. Интенсивность ХЛ в тканях у овса: в корнях – 1.96 раза, в стеблях – 2 раза, в листьях – 3.4 раза – по сравнению с контролем увеличивалась;

б) если сравнить изменение процесса ПОЛ во всех изучаемых растениях после

выдержки в солях Mn, то можно заметить, что наиболее интенсивно происходит накопление продуктов ПОЛ у овса.

Соли молибдена, как соли других тяжелых металлов, также увеличивали интенсивность ПОЛ у исследованных растений овса, гороха. Однако, надо отметить, что среди солей молибдена натрий молибдат ( $Na_2MoO_4$ ) по сравнению с Co и Mn оказывал незначительное влияние на интенсивность ПОЛ. Это объясняется тем, что в этом соединении молибден, будучи 6-ти валентным, не является донором, тогда, как в тетрамолибдате аммония  $(NH_4)_4Mo_3O_7$  4-х валентный молибден у растений гороха и овса в значительной степени увеличивает содержание ГП и МДА, а также и интенсивность ХЛ в таких вегетативных органах растений, как корень, стебель и лист.

Таким образом, обобщая результаты исследования, можно прийти к следующему заключению: при выдержке этиолированных растений в растворах солей тяжелых металлов, они в значительной мере увеличивают интенсивность ПОЛ в вегетативных органах растений: в корне, стебле и листе. Среди изучаемых тяжелых металлов, соли Co значительнее всех остальных влияют на ПОЛ растений. После применения растворов солей кадмия, в изучаемых растениях, продукты ПОЛ меньше всего накапливались в листьях. При применении солей Co и Mn наибольшее накопление продукты ПОЛ отмечалось в листьях овса и гороха, кроме того, среди всех исследованных растений проростки гороха оказались наиболее толерантными к действию тяжелых металлов.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков Д. И., Лукашкин А. С. Аккумуляция тяжелых металлов некоторыми высшими растениями в разных условиях местообитания // *Агрохимия*. – 2002. – № 9. – С. 66–71.
2. Кислицин А. Н., Клабукова И. Н., Трофимов А. Н. О химизме жидкофазного окисления  $\alpha$ -пинена кислородом воздуха // *Химия растительного сырья*. – 2004. – № 3. – С. 109–116.
3. Козначенко В. И., Пашин Ю. В., Соболева Л. С., Сальникова Л. Е. Изучение мутагенного действия хлористого кадмия на млекопитающих // *Биологические науки*, 1987. – № 11. – С. 102–105.
4. Мерзляк М. Н., Юферова С. Г. Окисление липидных компонентов в изолированных хлоропластах под действием света // *Физиология растений*. – Т. 22. – С. 896–902.
5. Минеев В. Г., Анциферова Е. Ю, Большева Т. Н., Касатиков В. А. Распределение кадмия и свинца в профиле дерновоподзолистой почвы при длительном удобрении ее осадками сточных вод // *Агрохимия*. – 2003. – № 1. – С. 45–49.
6. Степанюк В. В. Влияние соединений кадмия на урожай и элементный состав сельскохозяйственных культур // *Агрохимия*. – 1998. – № 6. – С. 74–79.
7. Asakawa Matsushita Colonring conditions of thiobarbituric and test for detecting lipid hydroperoxides // *Lipids*. – 1980. – Vol. 15. – № 3. – Pp. 137–140.
8. Singh O. V., Pandey R. et. al. Phytoremediation an overview of metallic ion decontamination from soil // *Applied Microbiol Biotech.* – 2003. – № 61. – Pp. 405–412.

© S. A. Jafarova, A. I. Jafarov

UDC 544.431.7 + 577.32 + 58.04

## FREE RADICAL ASPECTS OF HEAVY METAL POLLUTION OF THE BIOSPHERE

S. A. Jafarova, A. I. Jafarov (Baku, Azerbaijan)

*In this paper we investigate the effect of different salts of heavy metals on the accumulation of lipid peroxidation products in the vegetative organs (roots, stems and leaves). Effects of salts Cd, Co, Mn, and Mo were investigated on based on introduced its salts in the nutrient solution in seedlings of oats and peas.*

*Lipid peroxidation was assessed by changes in the content of hydroperoxides, MDA and intensity of chemiluminescence. Studies were conducted on etiolated plants oats and peas grown in nutrient solutions. The studies found that solutions of salts of cadmium, cobalt, manganese and molybdenum made in certain concentrations induced protective intensification of lipid peroxidation products, and its accumulation in vegetative organs. Cobalt salts at a concentration of  $10^{-4}$  M caused the most noticeable increase in lipid peroxidation in vegetative organs of plants. Furthermore, the highest intensity of lipid peroxidation is found in the leaves oats and pea at action cobalt salts. It is shown that the pea plant more tolerant to heavy metals, according to the magnitude of lipid peroxidation products.*

**Keywords:** heavy metals, etiolated plants, lipid peroxidation, glutathione peroxidase, MDA, chemiluminescence, vegetative organs.

### REFERENCES

1. **Bashmakov V. I., Lukashin A. S.** Accumulation of heavy metals by some higher plants in different habitat conditions // Agrochemistry. – 2002. – N 9. – Pp. 66–71.
2. **Kislitsin A. N., Klabukova I. N., Trofimov A. N.** On the chemistry of the liquid phase oxidation of  $\alpha$ -pinene air oxygen // Chemistry of plant raw materials. – 2004. – N 3. – Pp. 109–116.
3. **Koznachenko V. I., Pashin Yu. V., Soboleva L. S., Sal'nikova L. E.** Study of the mutagenic action of cadmium chloride in mammals // Biological Sciences. – 1987. – N 11. – Pp. 102–105.
4. **Merzlyak M. N., Yuferova S. G.** The oxidation of lipid components in isolated chloroplasts by light // Vegetable Physiology, Vol 22. – Pp. 896–902.
5. **Mineev V. G., Antsiferova E. Yu., Bolysheva T. N., Kasatkov V. A.** Distribution of cadmium and lead in the profile of sod-podzolic soil during prolonged fertilizer its sewage sludge // Agrochemistry. – 2003. – N 1. – Pp. 45–49.
6. **Stepanjuk V. V.** Effect of cadmium compounds on the yield and elemental composition of crops // Agrochemistry. – 1998. – N 6. – Pp. 74–79.
7. **Asakawa Matsushita** Colonring conditions of thiobarbituric and test for detecting lipid hydroperoxides / Lipids. – 1980. – Vol. 15. – N 3. – Pp. 137–140.





8. **Singh O. V., Pandey R. et.al.** Phytoremediation an overview of metallic ion decontamination from soil / Applied Microbiol Biotech. – 2003. – N 61. – Pp. 405–412.

---

**Jafarova S. A.** – PhD, Docent, Research Associate of Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences.

E-mail [scafarova@yahoo.com](mailto:scafarova@yahoo.com)

**Jafarov A. I.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences.

E-mail [scafarova@yahoo.com](mailto:scafarova@yahoo.com)