

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА РОГОЛИСТНИКОМ ТЕМНО-ЗЕЛЕНЫМ (*Ceratophyllum demersum* L.)

Соли тяжелых металлов относятся к числу распространенных источников загрязнения водоемов. В связи с этим представляется интересным выяснить условия произрастания *Ceratophyllum demersum* L. при различных концентрациях ионов тяжелых металлов и способности их накопления растениями в искусственной среде.

Нами проведена серия опытов с целью определения роли макрофитов в самоочищении водоемов от свинца. *Ceratophyllum demersum* взят для исследований как типичный представитель гидатофитов [1], которые, как известно, являются значительными накопителями макро- и микроэлементов из окружающей среды [2—4]. Это растение отобрано в природных озерах Березинского биосферного заповедника, вода, донные отложения и водные растения которых еще не загрязнены тяжелыми металлами [3].

Ceratophyllum demersum культивировался в лабораторных условиях, в аквариумах в питательной среде [5] при температуре 18—20 °С. Концентрированные растворы азотнокислой соли Pb (как легко диссоциирующей на ионы Pb^{+2} и $2(NO_3)^{-1}$) в определенном количестве вносили в разбавленную питательную среду в пропорции 1 : 20, тщательно перемешивали и разливали в сосуды по 2 л. В каждый сосуд помещали *Ceratophyllum demersum* на 12 сут; контролем служили аналогичные сосуды без добавки металла. Для слежения за изменением концентрации свинца в среде без присутствия растения одновременно ставили химический контроль только с солью. Вначале исследования проводились с невысокими дозами, которые подбирали согласно предельно допустимым концентрациям (ПДК) свинца для поверхностных вод [6], затем — в большем диапазоне концентраций металла для выяснения летальных доз. После опыта растения высушивались, озолялись; содержание свинца определялось атомно-абсорбционным методом [7].

Исследования подобного рода проводились неоднократно, но на других водных растениях. Следует заметить, что макрофиты по-разному относятся к токсикантам: одни выдерживают большие концентрации, а затем погибают, другие отмирают при малых дозах, третьи удовлетворительно чувствуют себя и при довольно значительных их количествах [8—10]. Из всех изучаемых металлов по интенсивности накопления на единицу сухой биомассы на первом месте стоит свинец [11]. Ингибирующее влияние его отмечалось в виде частичного пожелтения *Ceratophyllum demersum* на 5-е сут при содержании свинца 0,1 мг/л и выше. Концентрации менее 0,1 мг/л за 12-суточный период не вызывали гибели растений. При сравнении полученных результатов с данными других исследователей [12] отмечено, что плейстофиты более устойчивы к соединениям свинца, чем гидатофиты. В частности, подавление роста и гибель *Lemna minor* наступало при количестве свинца 2—3 мг/л. В наших опытах при концентрациях его менее 0,1 мг/л (ПДК для поверхностных вод: 0,005; 0,01; 0,02; 0,05 мг/л) накопление происходило довольно слабо, причем в две фазы: быстрое в течение 1—5 сут, связанное с ростом растения, и прекращение накопления, при котором наблюдается перераспределение ионов от старых вегетативных органов ко вновь образующимся. При этом происходит насыщение растительных клеток свинцом до определенного предела, затем процессы поглощения затормаживаются.

Совсем по-иному процессы накопления осуществляются при концентрациях Pb: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 мг/л. В этом случае нами отмечено два пика поглощения: на 1—3-и и на 10—12-е сут. Начальное быстрое накопление свинца связано с ростом культуры, затем растительные клет-

ки насыщаются свинцом и накопление прекращается. В дальнейшем происходит перераспределение ионов во вновь образовавшиеся побеги. На 7—12-е сут *Ceratophyllum demersum* отмирает при летальных для него дозах свинца: 0,1 мг/л и выше. Как отмечено [13], отмирающие растительные ткани обладают способностью аккумулировать многие микро-элементы, чем и объясняется второе повышение содержания свинца в растении. Следовательно, при концентрациях свинца 0,1—3,0 мг/л наблюдаются три фазы накопления: быстрое накопление, прекращение и повторное увеличение свинца. По-видимому, это объясняет повышенные накопительные способности сапропелей [1, 13].

Содержание свинца в сухой биомассе
Ceratophyllum demersum, мг/г

Концентрация свинца в среде, мг/л	Время культивирования, сут					
	1	3	5	7	10	12
0,005	0,175	0,15	0,125	0,1	0,08	0,07
0,01	0,2	0,25	0,2	0,12	0,1	0,1
0,02	0,3	0,32	0,2	0,13	0,125	0,1
0,05	0,2	0,35	0,27	0,16	0,15	0,1
0,1	0,41	0,575	0,45	0,3	0,325	0,35
0,2	0,4	0,45	0,225	0,3	0,35	0,32
0,5	0,625	1,025	1,0	0,9	0,775	0,85
1,0	2,25	1,6	1,175	1,45	1,7	1,75
2,0	2,0	1,35	1,275	1,0	1,8	1,575
3,0	3,85	3,625	3,6	3,65	4,8	2,8

Исследованиями установлено, что абсолютное накопление свинца увеличивается с повышением его количества в среде, а при его концентрации 3 мг/л содержание в растении достигает 4,8 мг/г (сухой массы) (см. таблицу), в то время как по данным Т. Ф. Микряковой [12] содержание свинца у плейстофита *Lemna minor* после 12-суточного культивирования составило всего 1,59 мг/л. Концентрация Pb 0,1 мг/л в среде является границей, определяющей жизнедеятельность и отмирание растений. При количестве свинца 0,005—0,1 мг/л отмечено слабое, 0,1—3,0 мг/л — значительное накопление и летальное воздействие. Таким образом, опыты дают основание положительно ответить на вопрос о возможности использования *Ceratophyllum demersum* для очистки природных вод.

Список литературы

1. Распопов И. М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л., 1985.
2. Дикиева Д., Петрова И. А. // Гидробиол. процессы в водоемах. Л., 1983. С. 107.
3. Парфенов П. В. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1986. № 1. С. 31.
4. Allenby K. G. // Hydrobiologia. 1966. V. 27. № 3—4. P. 498.
5. Michael R., Barko Smart and John W. // Aquatic botany. 1985. V. 21. № 3. P. 251.
6. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М., 1975.
7. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды. М., 1986.
8. Микрякова Т. Ф. // Биология внутренних вод: Инф. бюл. Л., 1980. № 48. С. 22.
9. Mudroch A., Carobianco J. A. // Hydrobiologia. 1979. V. 64. № 3. P. 223.
10. Wahben M. I., Mahasneh A. // Bot. Mar. 1984. V. 27. № 8. P. 377.
11. Nakada M., Fukaya K., Takeshita S., Wada Y. // Bull. Environ. Contam. Taxicol. 1979. V. 22. № 1—2. P. 21.
12. Микрякова Т. Ф. // Пресноводные гидрофиты и их экология. Л., 1983. С. 31.
13. Timofeeva N. A., Kulikey N. V. // Radioecol. Concentrat. Processes. 1967. P. 835.