

УДК [574.64:581.526.325]:581.1

О. М. Усенко, О. В. Мантурова, А. И. Сакевич

ВЛИЯНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ГЕРБИЦИДОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Показано, что концентрации растворенных в воде фосфорсодержащих гербицидов в пределах 1—10 мг/дм³ стимулируют интенсивность фотосинтеза водорослей. С увеличением содержания в среде гербицидов усиливается их ингибирующее влияние на функциональную активность фитопланктона и культур синезеленых и зеленых водорослей.

Ключевые слова: фосфорсодержащие гербициды, фитопланктон, культуры водорослей, интенсивность фотосинтеза.

Среди используемых в сельскохозяйственном производстве гербицидов все чаще применяются препараты, содержащие глифосат. К таким гербицидам относятся раундап, ураган, факел, вулкан и т.д., используемые в 119 странах мира на 100 сельскохозяйственных культурах [11]. Внесенные в почву, они частично могут поступать в водоемы, способствуя изменению функциональной активности гидробионтов: водорослей, беспозвоночных, рыб [1, 3, 4, 9]. При воздействии на ветвистоусых рачков гербицидов, содержащих глифосат, наблюдаются все фазы патологического процесса: гипервозбуждение, нарушение координаций движения, угнетение функции дыхания и сердечного ритма, паралич и смерть. Некоторые из этих функций изменяются у беспозвоночных в течение контакта с гербицидами от нескольких часов до 1—2 суток. Показано, что концентрация факела 0,001 мг/дм³ может быть отнесена к недействующей относительно функциональной активности *Ceriodaphnia affinis* [4]. Содержание в водной среде раундапа 0,004 мг/дм³ приводит к неоднозначным реакциям в органах карпа: наименьшие изменения происходят в мозге и жабрах, незначительные — в кишечнике, наибольшие — в мышцах и печени, последние являются наиболее чувствительными [1].

Фосфорсодержащие гербициды в определенных концентрациях влияют также на интенсивность фотосинтеза в культурах клеток водорослей. Действие раундапа, урагана и чистопола на фотосинтез культуры *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. HPDP-6 проявлялось в минимальных концентрациях по сравнению с другими видами как синезеленых, так и зеленых водорослей. Угнетение этой физиологической функции проявлялось при содержании этих гербицидов в среде 0,1 мг/дм³. На интенсивность фотосинте-

© Усенко О. М., Мантурова О. В., Сакевич А. И., 2010

за культур *Phormidium autumnale* f. *uncinata* (Ag.) Gom. HPDP-35, *Oscillatoria neglecta* Lemm. HPDP-25, *Chlorella vulgaris* Beijer. ССАР-211/11b, *Acutodesmus dimorphus* (Turp.) Meyen IBASU-A251 влияла концентрация глифосата 10 мг/дм³ и более [9]. Меньшие концентрации этого вещества стимулировали фотосинтез и рост биомассы культур.

Цель наших исследований состояла в изучении влияния фосфорсодержащих гербицидов раундапа и урагана на фотосинтез фитопланктона, некоторых культур синезеленых и зеленых водорослей, а также структуры фитопланктона. Реакция клеток культур водорослей и фитопланктона на одни и те же концентрации гербицидов лежит в различных плоскостях. По этой причине возникла необходимость оценить влияние фосфорсодержащих гербицидов на клетки водорослей как в культурах, так и в природных водоемах.

Материал и методика исследований. В исследованиях были использованы гербициды раундап (Бельгия) и ураган Форте 500 (Швейцария). Для оценки их токсичности проводились опыты с фитопланктоном, отобранным в зал. Оболонь Каневского водохранилища в августе месяце в период «цветения» воды. В его составе преобладали синезеленые водоросли (92,8%) с количеством клеток 120 800 тыс. кл/дм³ и биомассой 6,10 мг/дм³. Также с целью определения интенсивности фотосинтеза и роста биомассы культур некоторых видов при действии на них разных концентраций гербицидов проводились опыты с альгологически чистыми культурами синезеленых: *Phormidium autumnale* f. *uncinata*, *Oscillatoria neglecta*, *Nostoc muscorum* Ag. HPDP-526 и зеленых водорослей: *Chlorella vulgaris*, *Acutodesmus dimorphus*. Экспозиция составляла 7 суток.

Изменение интенсивности фотосинтеза водорослей определяли по методике Х. П. Починка [7] и рассчитывали с помощью формулы

$$Г_{\phi} = 100 \cdot \left(1 - \frac{\Phi_0}{\Phi_k} \right)$$

где G_{ϕ} — показатель влияния гербицида на интенсивность фотосинтеза (в % от контроля); Φ_k — интенсивность фотосинтеза контрольных проб; Φ_0 — интенсивность фотосинтеза при действии на водоросли гербицида. Положительные величины показывают степень угнетения, отрицательные — стимуляции. Концентрации гербицидов определяли по действующему веществу (глифосату).

Биомассу и количество клеток водорослей определяли общепринятыми методами [8]. Интенсивность свечения нативного хлорофилла определяли с помощью люминесцентного микроскопа МЛД-1 [5]. Полученные результаты были обработаны статистически [2].

Результаты исследований и их обсуждение

Внесение в среду глифосата с концентрацией 1 мг/дм³ практически не уменьшило количества клеток водорослей, более того, оно увеличилось. Та-

кая тенденция в изменении количества клеток фитопланктона наблюдалось в присутствии как раундапа, так и урагана (табл. 1, 2). Увеличение концентрации в средах этих гербицидов от 10 мг/дм³ и больше приводило к уменьшению количества клеток всех отделов водорослей. При концентрации раундапа 100 мг/дм³ в структуре фитопланктона полностью отсутствовали зеленые водоросли. В составе синезеленых водорослей уже при концентрации глифосата 10 мг/дм³ первыми отмерли клетки *Merismopedia minima* G. Beck, а клетки *Phormidium mucicula* Hub.-Pest. et Naum. — при содержании этих гербицидов 30 мг/дм³.

В отобранных исходных пробах в структуре фитопланктона доминировали у синезеленых — *M. aeruginosa*, зеленых — *Coelastrum astroideum*, диатомовых — *Aulacoseira granulata*. А при концентрации раундапа 100 мг/дм³ количество клеток *M. aeruginosa* сократилось в 14,5 раза, *Aulacoseira granulata* в 3,9 раза, а *Coelastrum astroideum* исчез совсем, также как и все зеленые водоросли.

Под действием урагана изменение структуры фитопланктона имело иной характер. При концентрации урагана 100 мг/дм³ количество клеток *M. aeruginosa* сократилось в 9,3 раза, *Aulacoseira granulata* в 4,3 раза, а *Coelastrum astroideum* возросло в 2 раза.

Относительно других видов, то под действием раундапа численность синезеленой водоросли *Microcystis pulverea* с увеличением концентрации до 100 мг/дм³ почти не изменилась (6500 до 6000 тыс. кл/дм³). При концентрации же 10 мг/дм³ количество клеток этой водоросли было в 7,3 раза больше, чем в контроле в начале опыта, что, возможно, связано с существенным уменьшением численности *M. aeruginosa*. Среди зеленых водорослей наибольший интерес представлял *Desmodesmus opoliensis*, количество которого при концентрации 1 мг/дм³ возрастало в 10 раз, а при 10 мг/дм³ он уже исчезал. Количество клеток диатомовых водорослей *Nitzschia pusilla* и *N. paleacea* при концентрации 100 мг/дм³ уменьшалось в 3 и 4 раза соответственно. При концентрации 1 мг/дм³ численность этих водорослей увеличивалась почти в 2 раза, а при 10 мг/дм³ — в 1,5 раза.

В отличие от раундапа, ураган действовал иным способом. При концентрации 100 мг/дм³ численность синезеленой водоросли *Microcystis pulverea* снизилась с 6500 до 5000 тыс. кл/дм³, но при 10 мг/дм³ изменений почти не происходило. Среди зеленых особенно выделялся *Desmodesmus communis*, количество клеток которого увеличилось при 10 мг/дм³ в 7,3 раза, а при 100 мг/дм³ — в 3,3 раза. Численность *Nitzschia pusilla* и *N. paleacea* при действии 100 мг/дм³ возрастала, а концентрация 10 мг/дм³ увеличивала количество клеток первого вида в 2,4 раза.

Присутствие в среде гербицидов раундапа и урагана определенным образом влияло также на биомассу водорослей в течение 7 сут их экспозиции. Действующее вещество (глифосат) в концентрации 1 мг/дм³ за это время увеличивало биомассу как синезеленых, так и зеленых водорослей по сравнению с контрольными вариантами опытов. Гербицид ураган стимулировал

1. Изменение структуры фитопланктона и количества клеток водорослей (тыс. кл/дм³) под действием раундапа

Таксоны	Концентрация гербицида, мг/дм ³					
	Исх	К	1	10	30	100
<i>Merismopedia minima</i>	800	800	400	—	—	—
<i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti emend. Elenk.	6500	12500	13000	47500	9000	6000
<i>M. aeruginosa</i> Kütz. emend Elenk.	109000	49000	63750	62500	37500	7500
<i>Phormidium mucicola</i>	3250	4250	4750	4000	—	—
<i>Anabaena</i> sp.	1250	—	—	—	—	—
<i>Oscillatoria planctonica</i> Wołosz.	—	3250	2750	3250	3000	—
Cyanophyta	120800	69800	84650	17250	49500	13500
<i>Cryptomonas</i> sp.	50	—	—	—	—	—
Cryptophyta	50	—	—	—	—	—
<i>Golenkinia radiata</i> Chod.	50	—	—	—	—	—
<i>Oocystis borgei</i> Snow	200	200	300	400	200	—
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.	50	150	200	—	50	—
<i>Coelastrum sphaericum</i> Näg.	400	—	200	—	—	—
<i>C. astroideum</i> De-Not.	1600	2000	600	400	200	—
<i>Desmodesmus communis</i> (Hegew.) Hegew.	300	400	800	300	—	—
<i>D. bicaudatus</i> (Deduss.) Tsar.	—	200	—	—	—	—
<i>D. opoliensis</i> (P. Richt.) Hegew.	100	300	1000	—	—	—
<i>D. intermedius</i> (Chod.) Hegew.	—	200	—	200	—	—
<i>Acutodesmus dimorphus</i> (Turp.) Tsar.	—	—	—	200	—	—
<i>A. obliquus</i> (Turp.) Hegew. et Haganata emend. Tsar.	200	200	200	—	—	—
<i>Didymocystis planctonica</i> Korsch.	200	300	300	—	—	—
<i>Tetraedron caudatum</i> (Corda) Hansg.	—	50	50	—	—	—
<i>T. triangulare</i> (Chod.) Kom.	—	200	200	200	—	—
<i>Chlamydomonas</i> sp.	—	50	—	100	—	—
<i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm.	—	50	—	—	—	—
<i>Lagerhemia genevensis</i> (Chod.) Chod.	—	100	—	—	—	—

Продолжение табл. 1

Таксоны	Концентрация гербицида, мг/дм ³					
	Исх	К	1	10	30	100
Chlorophyta	3100	4400	3850	1800	450	0
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim.	4500	3050	1500	1800	1650	1150
<i>Cyclotella</i> sp.	100	550	100	150	250	150
<i>Stephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grun	—	50	—	—	—	—
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) Will. et Round	—	550	750	—	—	—
<i>Tabularia tabulata</i> (Ag.) Snoeijs	50	50	—	—	—	—
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	150	50	50	150	50	—
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Ag.) L.-B.	50	—	—	—	—	—
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	100	150	50	100	—	50
<i>N. capitata</i> Ehr.	50	100	—	50	50	50
<i>N. viridula</i> Kütz.	100	150	50	50	—	—
<i>Cymbella lanceolata</i> (Ehr.) Kirchn.	50	—	—	—	—	—
<i>C. pusilla</i> Grun. in A.S.	50	50	—	—	—	—
<i>Nitzschia gracilis</i> Hant.	200	150	150	—	—	—
<i>N. dissipata</i> (Kütz.) Grun.	—	50	—	—	—	—
<i>N. pusilla</i> Grun.	450	550	950	650	50	150
<i>N. paleacea</i> (Grun.) Hust. in A. S. et al.	400	700	600	600	50	100
<i>N. parvula</i> Lewis	—	50	50	—	—	—
Bacillariophyta	6250	6250	4250	3550	2950	1700

Примечание. Здесь и в табл. 2: Исх — контроль на период отбора проб, К — контроль после 7 сут экспозиции.

2. Изменение структуры фитопланктона и количества клеток водорослей (тыс. кл/дм³) под действием урагана

Таксоны	Концентрация гербицида, мг/дм ³				
	Исх	К	1	10	100
<i>Merismopedia minima</i>	800	800	3200	—	—
<i>M. glauca</i> (Ehr.) Näg.	—	—	800	—	—
<i>Microcystis pulvereae</i>	6500	12500	—	7000	5000
<i>M. aeruginosa</i>	109000	49000	77500	75000	11750
<i>Phormidium mucicola</i>	3250	4250	4400	3750	—

Продолжение табл. 2

Таксоны	Концентрация гербицида, мг/дм ³				
	Исх	К	1	10	100
<i>Anabaena</i> sp.	1250	—	—	—	—
<i>Oscillatoria planctonica</i>	—	3250	4250	3250	—
Cyanophyta	120800	69800	90150	89000	16750
<i>Cryptomonas</i> sp.	50	—	—	50	—
Cryptophyta	50	—	—	50	—
<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	—	—	—	50	—
Euglenophyta	—	—	—	50	—
<i>Golenkinia radiata</i>	50	—	100	—	—
<i>Oocystis borgei</i>	200	200	100	—	350
<i>Monoraphidium contortum</i>	50	150	250	100	—
<i>Coelastrum sphaericum</i>	400	—	—	800	—
<i>C. astroideum</i>	1600	2000	1200	4000	3200
<i>Desmodesmus communis</i>	300	400	700	2200	1000
<i>D. bicaudatus</i>	—	200	300	—	—
<i>D. opoliensis</i>	100	300	700	350	—
<i>D. intermedius</i>	—	200	—	400	400
<i>Acutodesmus dimorphus</i>	—	—	350	400	200
<i>A. obliquus</i>	200	200	—	700	200
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	—	—	—	200	—
<i>S. obtusus</i> Meyen	—	—	—	400	200
<i>Didymocystis planctonica</i>	200	300	300	800	100
<i>Tetraedron caudatum</i>	—	50	—	50	—
<i>T. triangulare</i>	—	200	—	—	—
<i>Chlamydomonas</i> sp.	—	50	200	150	50
<i>Schroederia setigera</i>	—	50	—	—	—
<i>Lagerhemia genevensis</i>	—	100	100	—	—
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs	—	—	—	400	400
Chlorophyta	3100	4400	4300	10950	6100
<i>Aulacoseira granulata</i>	4500	3050	1950	3400	1050
<i>Cyclotella</i> sp.	100	550	100	100	—
<i>Stephanodiscus astraea</i>	—	50	—	—	—

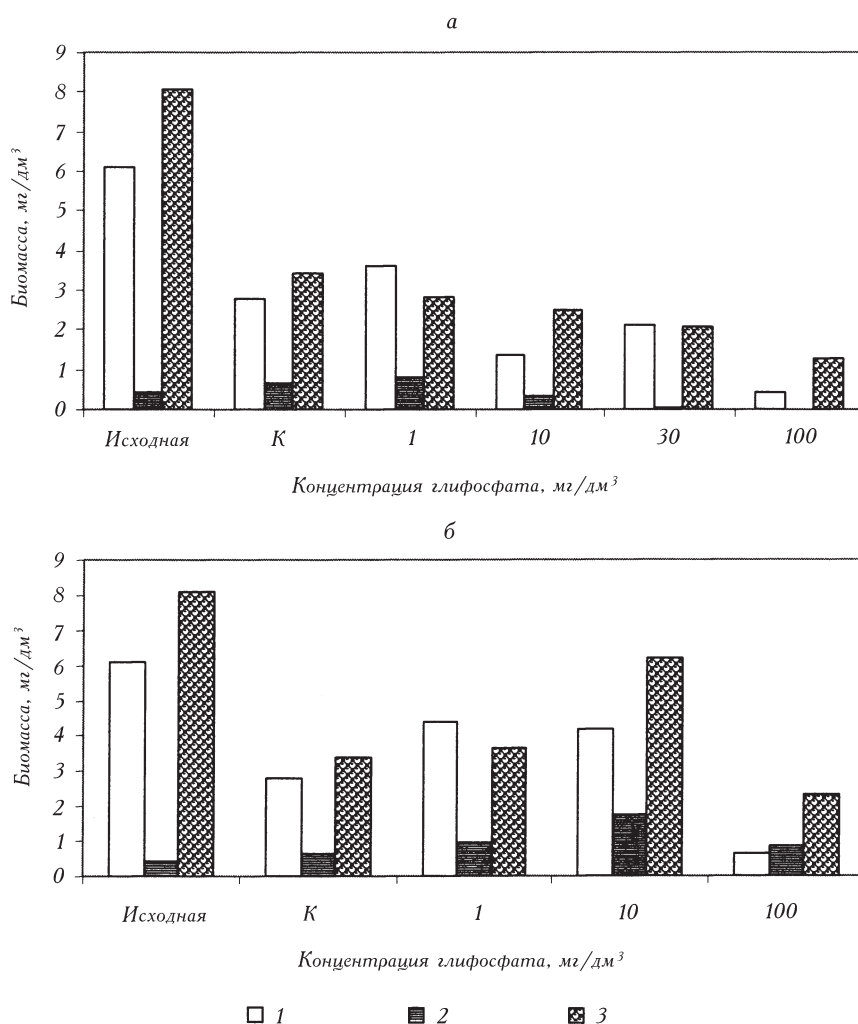
Продолжение табл. 2

Таксоны	Концентрация гербицида, мг/дм ³				
	Исх	К	1	10	100
<i>Fragilariforma virescens</i>	—	550	1650	850	650
<i>Tabularia tabulata</i>	50	50	200	—	—
<i>Synedra acus</i> Kütz.	—	—	50	—	—
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	—	—	—	—	50
<i>Cocconeis placentula</i>	150	50	—	50	100
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	50	—	—	—	—
<i>Navicula cryptocephala</i>	100	150	350	50	200
<i>N. capitata</i>	50	100	50	—	50
<i>N. viridula</i>	100	150	—	—	—
<i>N. atomus</i> (Näg.) Grun.	—	—	100	50	—
<i>Cymbella lanceolata</i>	50	—	50	—	—
<i>C. pusilla</i>	50	50	—	—	—
<i>Nitzschia gracilis</i>	200	150	50	250	100
<i>N. dissipata</i>	—	50	—	—	—
<i>N. pusilla</i>	450	550	550	1100	650
<i>N. paleacea</i>	400	700	400	600	550
<i>N. parvula</i>	—	50	50	50	50
<i>N. hantzschiana</i> Rabenh.	—	—	100	—	—
<i>N. sublinearis</i> Hust. in A. S. et al.	—	50	200	—	—
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	—	—	—	—	50
Bacillariophyta	6250	6250	5850	6500	3500

рост водорослей также при его концентрации 10 мг/дм³, а раундап в таких количествах начал уменьшать биомассу (рис. 1).

Учет изменения количества клеток водорослей и их биомассы не всегда отражает изменения физиологической активности этих гидробионтов под влиянием фосфорсодержащих гербицидов. При помощи люминесцентного микроскопа было обнаружено, что определенное количество клеток водорослей не содержат хлорофилла, светящегося в ультрафиолетовом свете. Более объективную характеристику влияния гербицидов на водоросли дают показатели интенсивности их фотосинтеза.

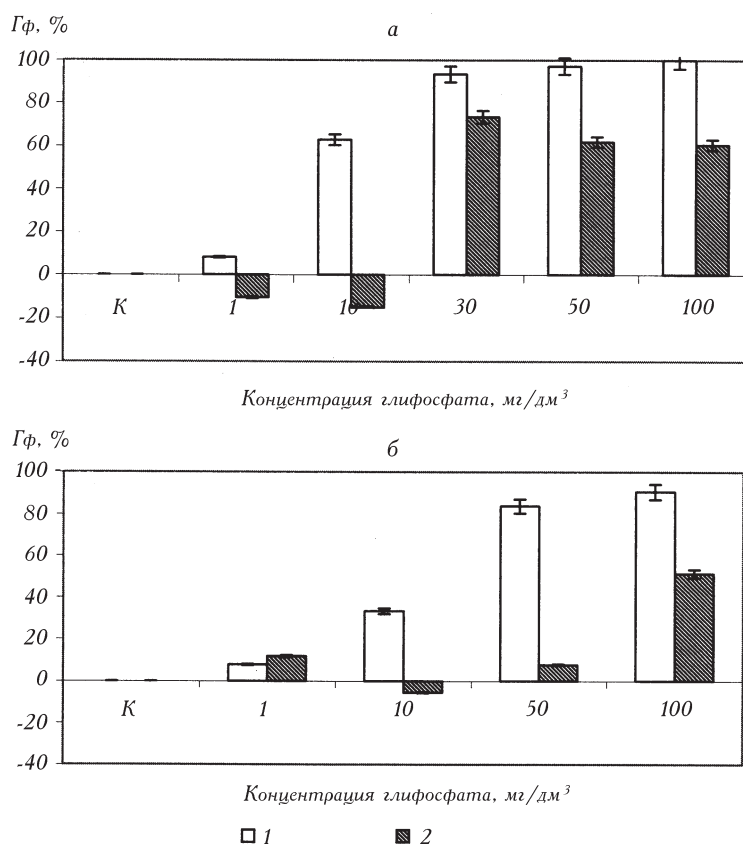
Определение интенсивности фотосинтеза фитопланктона в модельных опытах было проведено на 3-и и 7-е сутки в присутствии в среде различных концентраций раундапа и урагана. На 3-и сутки наблюдалось некоторое уг-



1. Изменение биомассы фитопланктона под влиянием раундапа (а) и урагана (б): 1 — Cyanophyta; 2 — Chlorophyta; 3 — Bacillariophyta. Здесь и на рис. 2—7: К — контроль.

нетение фотосинтеза растворенными в воде гербицидами (концентрация 1—30 мг/дм³), но в дальнейшем глифосат в концентрации 10 мг/дм³ не угнетал, а, наоборот, стимулировал интенсивность фотосинтеза фитопланктона (рис. 2). Уменьшение токсического действия гербицидов на фотосинтез наблюдалось на 7-е сутки даже при стартовых концентрациях этих веществ 100 мг/дм³. Такое изменение влияния токсикантов на фотосинтез, очевидно, было обусловлено тем, что с увеличением рН среды до 9,4 интенсифицировалось разложение гербицида, что было показано и другими исследователями [6].

Интенсивность фотосинтеза культуры *Microcystis aeruginosa* угнеталась уже при концентрации глифосата 0,1 мг/дм³ (рис. 3), фотосинтез клеток *Phormidium autumnale* f. *uncinata*, *Nostoc muscorum*, *Chlorella vulgaris*, *Acuto-*

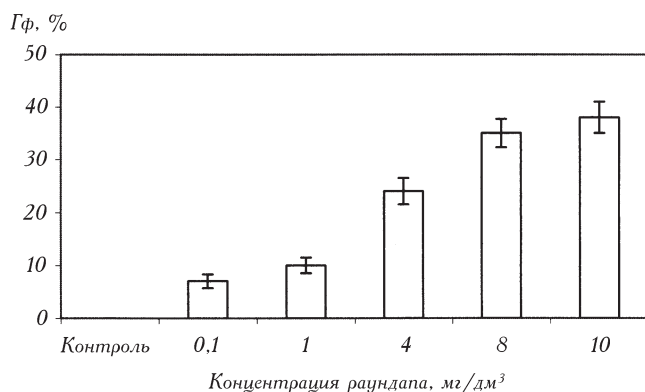


2. Доля ингибирования фотосинтеза фитопланктона раундапом (а) и ураганом (б) в опытных вариантах по отношению к контрольным: 1 — через 3 сут; 2 — через 7 сут. Здесь и на рис. 3—7: Г_ф — показатель влияния гербицида на интенсивность фотосинтеза (% от контроля).

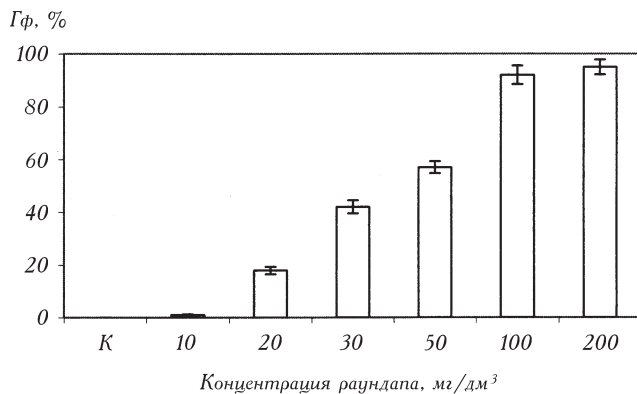
desmus dimorphus в этих условиях не изменялся. С увеличением содержания в среде гербицида параллельно уменьшалась активность фотосинтеза и при 10 мг/дм³ составлял только 40% от контроля, а с увеличением концентрации глифосата до 100 мг/дм³ фотосинтез прекращался.

Можно предположить, что в природных водоемах, где клетки *Microcystis aeruginosa* окружены слизью, их реакция на глифосат проявляется под влиянием значительно больших концентраций. Это можно наблюдать на примере культур *Nostoc muscorum* и *Phormidium autumnale f. uncinata*, где слизистых веществ значительно больше, чем в культуре *Microcystis aeruginosa*. Ингибирование фотосинтеза этих культур наблюдалось при содержании глифосата 20 мг/дм³, а 10 мг/дм³ стимулировали этот процесс у *Phormidium autumnale f. uncinata* (рис. 4, 5). Фотосинтез этих водорослей полностью прекращался с увеличением концентрации растворенного в воде раундапа до 200 мг/дм³.

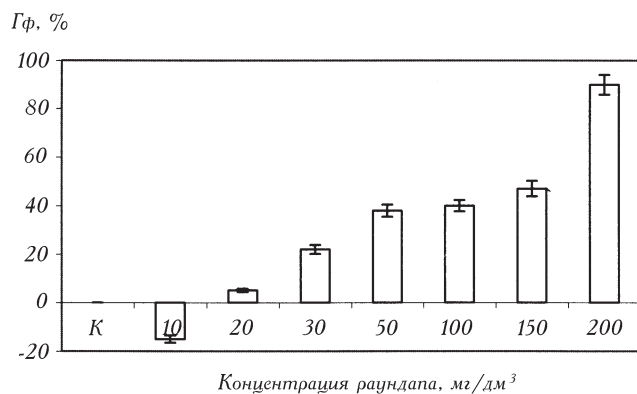
Подобные результаты опытов наблюдались при действии глифосата урагана и чистопола на функциональную активность культур водорослей. Кон-



3. Изменение интенсивности фотосинтеза культуры *Microcystis aeruginosa* под влиянием различных концентраций раундапа.



4. Изменение интенсивности фотосинтеза культуры *Nostoc muscorum* под влиянием различных концентраций раундапа.



5. Изменение интенсивности фотосинтеза культуры *Phormidium autumnale f. uncinata* под влиянием различных концентраций раундапа.

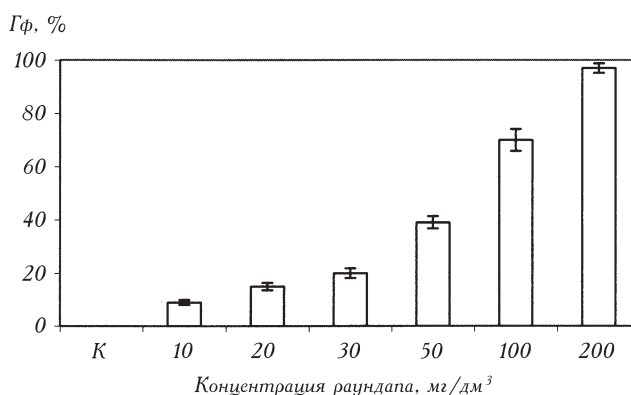
центрации этих веществ 5—30 мг/дм³ стимулировали фотосинтез и рост биомассы *Phormidium autumnale f. uncinata*.

Использованные в опытах культуры зеленых водорослей *Chlorella vulgaris* и *Acetodesmus dimorphus* также по-разному реагировали на концентрации растворенного в среде раундапа (рис. 6, 7). Если содержание этого гербицида 10—20 мг/дм³ стимулировало фотосинтез культуры *A. dimorphus*, то в таких же условиях интенсивность фотосинтеза *C. vulgaris* имела тенденцию к угнетению по сравнению с контролем. Увеличение концентрации действующего вещества раундапа до 200 мг/дм³ практически полностью прекращало фотосинтез *C. vulgaris*, а интенсивность фотосинтеза *A. dimorphus* прекращалась только при концентрации раундапа 500 мг/дм³.

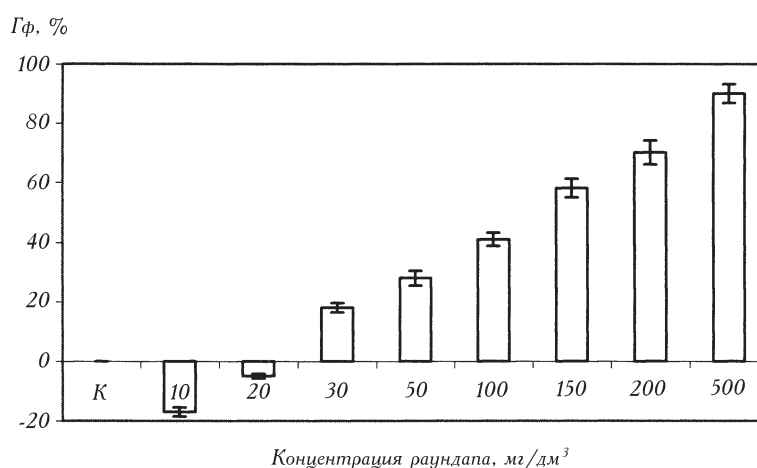
Проведенная статистическая обработка данных показала, что для всех используемых в опытах культур, характерна положительная корреляция между интенсивностью фотосинтеза (Г_ф) и концентрацией глифосата. При этом наиболее значи-

мая она была у *Microcystis aeruginosa* ($r = 0,89$; $P = 0,99$, $n = 10$), а наименее — у *Nostoc muscorum* ($r = 0,80$; $P = 0,99$, $n = 12$).

Полученные результаты, а также литературные данные свидетельствуют о том, что гербицид раундап, широко использующийся в сельском хозяйстве и поступающий в континентальные водоемы, может не только ингибировать функциональную активность водорослей, но при определенных концентрациях стимулировать их рост и фотосинтез. Можно предположить, что эта стимуляция может быть обусловлена обогащением воды фосфором, который освобождается при распаде глифосата. В большинстве случаев концентрации поступившего в водоем раундапа сравнительно малы и скорее стимулируют, чем ингибируют рост водных растений. Так, например, было показано, что концентрация гербицида, поступившего в водоем с полей в результате использования его в сельскохозяйственном производстве, после атмосферных осадков составляла 5 мг/дм^3 [10] и через 4 месяца она уменьшалась до $0,002 \text{ мг/дм}^3$, вследствие разложения глифосата. Экспериментально доказано [9], что такие его концентрации в большинстве случаев не угнетают, а стимулируют функциональную активность водорослей.



6. Изменение интенсивности фотосинтеза культуры *Chlorella vulgaris* под влиянием различных концентраций раундапа.



7. Изменение интенсивности фотосинтеза культуры *Acutodesmus dimorphus* под влиянием различных концентраций раундапа.

Заключение

Фосфорсодержащие гербициды, используемые в сельскохозяйственном производстве и поступающие в водоемы, в зависимости от концентрации могут ингибировать или стимулировать функциональную активность водорослей. Малые концентрации глифосата (1—10 мг/дм³) обычно стимулируют интенсивность их фотосинтеза. Стимуляция фотосинтеза повышается с увеличением продолжительности контакта гербицидов с клетками водорослей. Концентрации гербицидов более 50 мг/дм³ обычно ингибируют фотосинтез водорослей и приводят к их отмиранию. Также немаловажное значение имеет скорость разложения гербицида, которая в первую очередь зависит от активной реакции среды.

**

Гліфосатвмісні гербіциди, що застосовуються в сільському господарстві для боротьби з бур'янами, можуть надходити до континентальних водойм і певною мірою впливати на функціональну активність фотосинтетиків, гальмуючи або стимулюючи її. Малі концентрації цих препаратів (1—10 мг/дм³) переважно стимулюють фотосинтез як фітопланктону, так і культур водоростей. Збільшення вмісту розчинених у воді гербіцидів гальмує розвиток цих гідробіонтів аж до повного їх відмирання. Зі збільшенням рН середовища і тривалості контакту гербіциду з водоростями відбувається руйнування і зменшення токсичної дії.

**

Glyphosate bearing herbicides, which are used in agriculture, can enter continental water bodies and influence the functional activity of photosynthesizing organisms inhibiting or stimulating their functional activity. Low concentrations of these preparations (1—10 mg/l) mainly stimulate the process of photosynthesis both in phytoplankton and in algae cultures. The increase in the content of herbicides dissolved in the water is capable of inhibiting the development of these hydrobionts. The toxic influence of herbicides decreases with time, and also with increasing pH the environment.

**

1. Жигенко А.А., Коваленко Е.М. Влияние раундапа на динамику гистологических показателей в органах карпа // Гидробиол. журн. — 2006. — Т. 42, № 6. — С. 104—111.
2. Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. — М.: Наука, 1984. — 423 с.
3. Мельничук С.Д., Щербань Э.П., Лоханская В.И. Оценка токсичности гербицидов на основе глифосата методом биотестирования на ветвистоустых рачках // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 1. — С. 84—96.
4. Мельничук С.Д., Щербань Э.П., Лоханская В.И. Воздействие гербицидов факела на жизнедеятельность *Ceriodaphnia affinis* в острых и хронических опытах // Там же. — 2007. — Т. 43, № 4. — С. 88—97.
5. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л.А.Сиренко, А.И.Сакевич, Л.Ф.Осипов и др. — Киев: Наук. думка, 1975. — 247 с.
6. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. — К.: Наук. думка, 2007. — 456 с.

7. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. — Киев: Наук. думка, 1976. — 335 с.
8. Топачевский А.В., Масюк Н.П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. — Киев: Вища шк., 1984. — 333 с.
9. Усенко О.М., Сакевич О.Й. Оцінка впливу гліфосату на зміну функціональної активності культур водоростей // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы исследований-2: Материалы междунар. науч. конф. — Херсон, 2008. — С. 476—480.
10. Edwards W.M., Triplett G.B. A watershed study glyphosate transport in runoff // Environ. Quality. — 1980. — Vol. 9, p. 4. — P. 661—665.
11. Pechlaner R. Glyphosate in herbicides: An overlooked threat to microbial bottom-up processes in freshwater system // Verh. Intern. Vereinig. Theor. Angew. Limnol. — 2003. — Vol. 28, P. 4. — P. 1831—1835.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 03.11.09