

УДК 581.1:582.277:58.04 (581.132 + 581.143)

А. В. Курейшев, В. А. Медведь, А. С. Потрохов,  
О. Г. Зиньковский, И. Н. Незбрицкая, З. Н. Горбунова

**ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ *EUGLENA GRACILIS* В  
УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ  
АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ**

Установлено, что эвгленовая водоросль *Euglena gracilis* отличается толерантностью по отношению к фенолкарбоновым кислотам — галловой, кофейной и бензойной — в концентрациях, угнетающих ростовые процессы у представителей Суапорокаргота. Эти концентрации фенолкарбоновых кислот в некоторой мере даже стимулируют рост водоросли, как при выращивании ее на минеральной среде, так и на среде с добавлением глюкозы. Встречаемость представителей отдела Euglenophyta в обрастаниях высших водных растений (ВВР), очевидно, объясняется их способностью к активному потреблению экскретируемых ВВР органических веществ, в том числе и тех, которые обладают биологической активностью по отношению к другим водорослям.

*Ключевые слова:* *Euglena gracilis*, фенолкарбоновые кислоты, хлорофилл а, каротиноиды, сухая масса.

Важным фактором формирования альгосообществ в водоемах являются аллелопатические взаимоотношения между высшими водными растениями (ВВР) и водорослями. Как известно [15, 16], одними из наиболее активных экзометаболитов водных растений являются фенольные соединения (ФС). По сравнению с водорослями, высшие водные растения экскретируют в среду значительно большее количество разнообразных ФС. В частности, на участках днепровских водохранилищ, заросших макрофитами, концентрация растворенных ФС растительного происхождения может достигать 600—1800 мкг/л [16]. Следует отметить, что экзогенные полифенолы в тех концентрациях, которые встречаются в природных условиях, угнетают рост лишь отдельных видов фитопланктона. Большинство видов эукариот и перифитонных синезеленых водорослей не реагируют на присутствие этих соединений в водоеме. Более того, при определенных концентрациях ФС даже стимулируют их функциональную активность [2, 7, 8, 14—16, 22]. Среди ФС высокой активностью по отношению к представителям альгофлоры отличаются фенолкарбоновые кислоты (ФКК). Они способны, как и другие фенольные соединения, подавлять ростовые процессы у микроводорослей [16, 20, 26]. При этом различные представители альгофлоры характеризуются нео-

© А. В. Курейшев, В. А. Медведь, А. С. Потрохов, О. Г. Зиньковский, И. Н. Незбрицкая, З. Н. Горбунова, 2016

динаковой чувствительностью к действию ФКК. В частности, наиболее толерантны к ним некоторые виды диатомовых и зеленых водорослей, наименее — планктонных синезеленых [16, 20, 26, 29]. В литературе отсутствуют сведения о чувствительности к ФКК представителей сем. Euglenaceae. В то же время в обрастаниях высших водных растений они входят в число ведущих семейств [23].

Известно, что вещества фенольной природы могут вызывать у гидробионтов оксидативный стресс, который проявляется в изменении количества продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активности антиоксидантных ферментов [11, 21].

Целью настоящего исследования было установить особенности влияния ФКК на некоторые физиолого-биохимические характеристики (сухая масса, концентрация хлорофилла *a* и суммарное содержание каротиноидов, продукты ПОЛ) у эвгленовой водоросли *Euglena gracilis*. Данные такого плана представляют интерес при расшифровке механизмов формирования и функционирования фитоэпифитона.

**Материал и методика исследований.** В работе использовали альгологически чистую культуру *Euglena gracilis* Klebs из коллекции ИГБ НАН Украины, которую выращивали на минеральной среде для культивирования эвгленовых водорослей [4, 17], как с добавлением глюкозы, так и без нее, при температуре 25—27°C и интенсивности освещения 3 тыс. люкс.

В первой серии экспериментов (минеральная среда без глюкозы) фенолкарбоновые кислоты добавляли в культуру в день постановки эксперимента (1-е сутки), а во второй серии (минеральная среда с глюкозой) — на экспоненциальной (7-е сутки) и стационарной (26-е сутки) фазах роста. Пробы для анализа в первой серии опытов отбирали на 1-е, 6-е, 13-е, 20-е и 24-е сутки культивирования, во второй — на 3-и сутки после внесения ФКК.

Исследуемые фенольные соединения вносили в концентрациях: кофейная кислота — 1 мг/дм<sup>3</sup>, бензойная — 3 мг/дм<sup>3</sup> и галловая — 5 мг/дм<sup>3</sup>, учитывая их различную активность по отношению к микроводорослям. При таких концентрациях фенолкарбоновых кислот угнетались ростовые процессы у планктонных видов цианопрокариот [16, 20, 26, 29].

Перед внесением исследуемых веществ контрольный и опытные варианты культуры *Euglena gracilis* были выравнены по плотности суспензии. Контролем служили культуры, выращиваемые на среде без добавления фенолкарбоновых кислот.

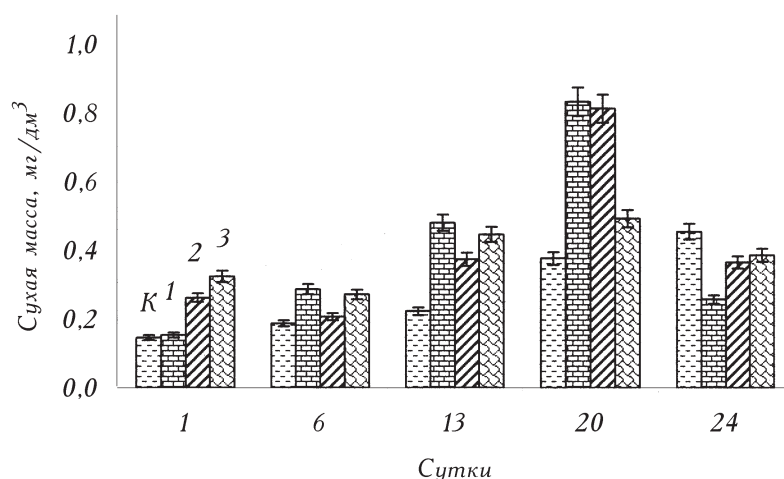
Сухую массу водорослей определяли весовым методом, содержание хлорофилла *a* и суммы каротиноидов — экстрактным спектрофотометрическим методом [9]. Концентрацию хлорофилла *a* и суммарное содержание каротиноидов рассчитывали по соответствующим уравнениям [25, 27]. Определение количества продуктов ПОЛ проводили с использованием методов [12, 18, 19].

### Результаты исследований и их обсуждение

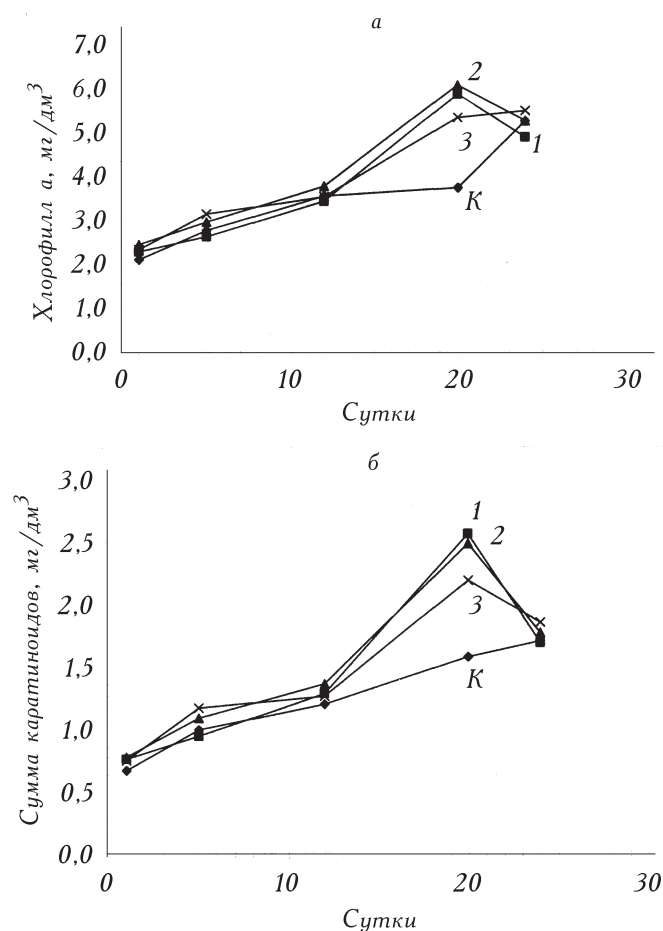
При исследовании закономерностей роста эвглены в условиях воздействия фенолкарбоновых кислот существенный интерес представляет анализ изменения величины рН культуральной среды. Как известно, наилучший рост *E. gracilis* в культуре происходит при рН 3,5 [24]. Результаты экспериментов свидетельствуют, что величины этого показателя при росте культуры на среде без глюкозы изменялись в диапазонах 3,50—4,25, 3,59—4,21, 3,56—4,2 и 3,51—4,18 соответственно в контроле и в условиях влияния галловой, бензойной и кофейной кислот. При выращивании культуры на среде с глюкозой величина рН среды была несколько ниже, чем при культивировании без глюкозы. Так, на 7-е и 26-е сутки роста *E. gracilis* значение этого показателя в культуральной среде с добавлением глюкозы находилось в пределах 2,5—3,05 и 2,45—3,0 соответственно в контроле и с добавлением ФКК. Таким образом, внесение в культуральную среду ФКК в исследуемых концентрациях не приводило к существенным изменениям величины рН как при росте водоросли на среде с глюкозой, так и без нее.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что за период роста (24 сут) культуры *E. gracilis* на минеральной среде без глюкозы в контроле и во всех вариантах опыта с добавлением ФКК происходило постепенное увеличение биомассы водоросли (по сухому веществу), концентрации хлорофилла *a* и суммарного содержания каротиноидов (рис. 1, 2).

Обращает на себя внимание низкая скорость роста водоросли в контроле, что, очевидно, объясняется условиями ее культивирования (без глюкозы). При этом сухая масса *E. gracilis* в условиях роста с добавлением всех ФКК в большинстве случаев оказалась выше, чем в контрольном варианте (см. рис. 1). Так, на 20-е сутки величина этого показателя при добавлении в среду галловой и бензойной кислот превышала значения в контроле в 2 раза. Однако уже на 24-е сутки эксперимента происходило некоторое уме-



1. Изменение сухой массы *E. gracilis* в условиях влияния фенолкарбоновых кислот при росте культуры на минеральной среде без добавления глюкозы. Здесь и на рис. 2: К — контроль (без добавления ФКК); 1, 2, 3 — варианты с добавлением соответственно галловой, бензойной и кофейной кислот.



2. Изменение концентрации хлорофилла *a* (а) и суммарного содержания каротиноидов (б) у *E. gracilis* в условиях влияния ФКК при росте культуры на минеральной среде без глюкозы.

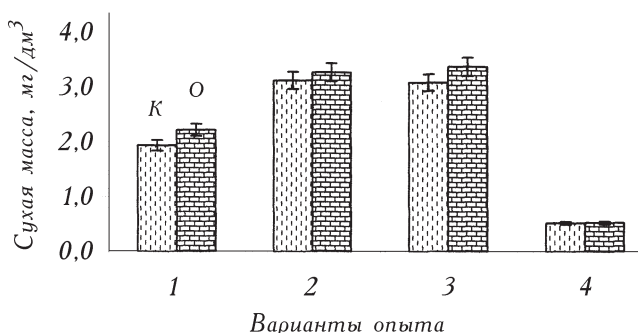
нышение сухой массы водоросли в опытных вариантах по сравнению с 20-ми сутками, в то время как в контроле она продолжала возрастать, то есть экспоненциальная фаза роста у эвглены еще продолжалась.

Судя по полученным результатам, можно утверждать, что добавление ФКК в исследуемых количествах при культивировании *E. gracilis* на минеральной среде не только не угнетало, но даже способствовало накоплению биомассы и ускорило прохождение культурой фаз роста. Принимая во внимание, что *E. gracilis* способна как к автотрофному, так и к гетеротрофному питанию, очевидно, что исследуемые органические кислоты стимулировали у нее ростовые процессы. Поэтому тот факт, что сем. Euglenaceae входит в число ве-

дущих семейств фитоэпифитона высших водных растений [23], можно объяснить способностью его представителей к активному использованию экскретируемых ВВР органических веществ, в том числе и тех, которые обладают биологической активностью по отношению к другим представителям альгофлоры.

Нами было исследовано также влияние ФКК на рост эвглены при культивировании ее на минеральной среде с добавлением органических соединений (глюкозы) (рис. 3). Добавление ФКК в культуру при выращивании ее на минеральной среде как в присутствии глюкозы, и без нее (см. рис. 1), не угнетало рост водоросли, а даже наоборот, стимулировало накопление сухой массы, хотя и в меньшей степени, чем при культивировании без глюкозы. При внесении в культуру на 7-е сутки ее роста галловой кислоты сухая масса увеличилась на 14,5%, бензойной — на 4,8% и кофейной — на 9,5% по

сравнению с контролем. В то же время при добавлении в среду кофейной кислоты на 26-е сутки сухая масса увеличилась только на 1,9 %, то есть практически не изменилась по сравнению с контролем, что согласуется с данными эксперимента при культивировании водоросли на минеральной среде (см. рис. 1). Таким образом, добавление кофейной кислоты к культуре, находящейся на стационарной фазе роста, в отличие от таковой на экспоненциальной фазе, приводило к менее существенному увеличению ее биомассы по сравнению с контролем.

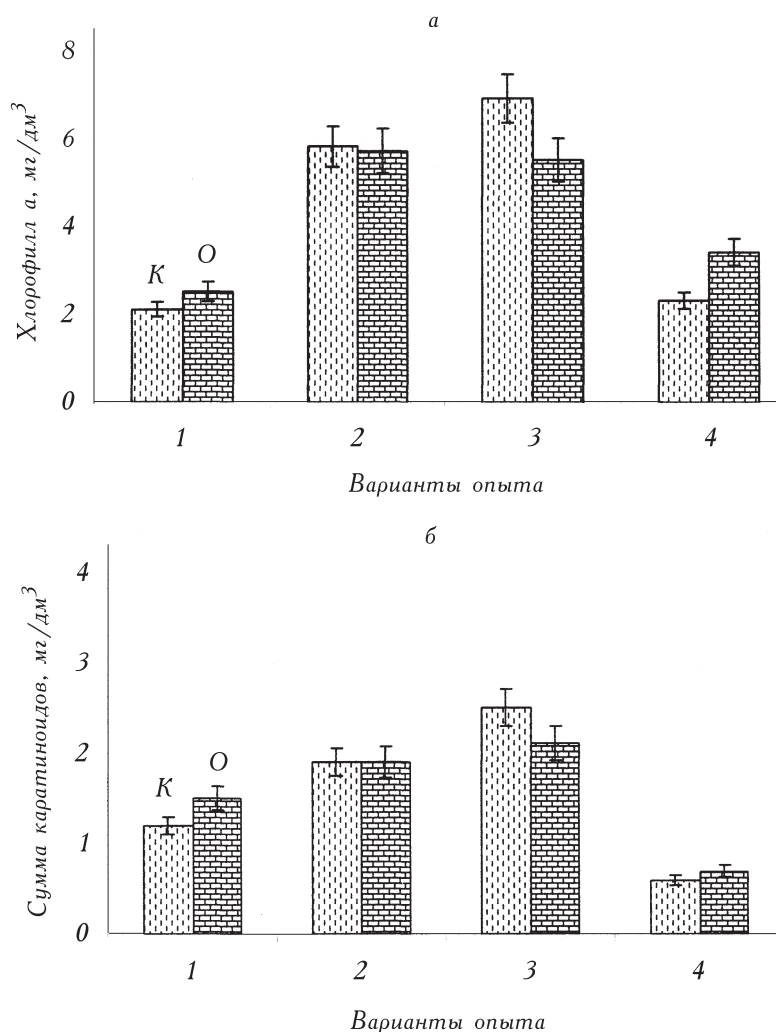


3. Изменение сухой массы *E. gracilis* при росте культуры на минеральной среде с глюкозой на 3-и сутки после добавления ФКК. Здесь и на рис. 4, 5: К — контроль (без добавления ФКК); О — опыт; 1, 2, 3 — варианты с добавлением соответственно галловой, бензойной и кофейной кислот на 7-е сутки роста культуры; 4 — с добавлением кофейной кислоты на 26-е сутки роста.

Поскольку содержание хлорофилла *a* является одним из показателей интенсивности роста водорослей, а каротиноиды выполняют защитную функцию в клетках растений, нами было исследовано влияние ФКК на эти характеристики культуры *E. gracilis*. Полученные результаты показали, что концентрация хлорофилла *a* и суммарное содержание каротиноидов (при пересчете на единицу объема культуральной среды) в условиях роста водоросли на среде без глюкозы с добавлением этих фенольных кислот существенно не изменились по сравнению с контролем до 13-х суток культивирования (см. рис. 2). Однако уже на 20-е сутки при культивировании эвглены с добавлением галловой кислоты содержание хлорофилла *a* и каротиноидов было выше, чем в контроле, соответственно в 1,6 и 1,5 раза, бензойной — в 1,6 и 1,5 и кофейной — в 1,5 и 1,4 раза. Следует отметить, что на 24-е сутки эксперимента величины исследуемых показателей уменьшились как в контроле, так и в опытных вариантах, что могло быть связано с выходом культуры на стационарную фазу роста.

При выращивании водоросли на минеральной среде с глюкозой для культуры, находящейся на экспоненциальной стадии роста (7-е сутки), содержание исследованных пигментов (хлорофилл *a* и сумма каротиноидов) в единице объема культуральной среды через трое суток после внесения ФКК незначительно отличались от значений в контроле (рис. 4).

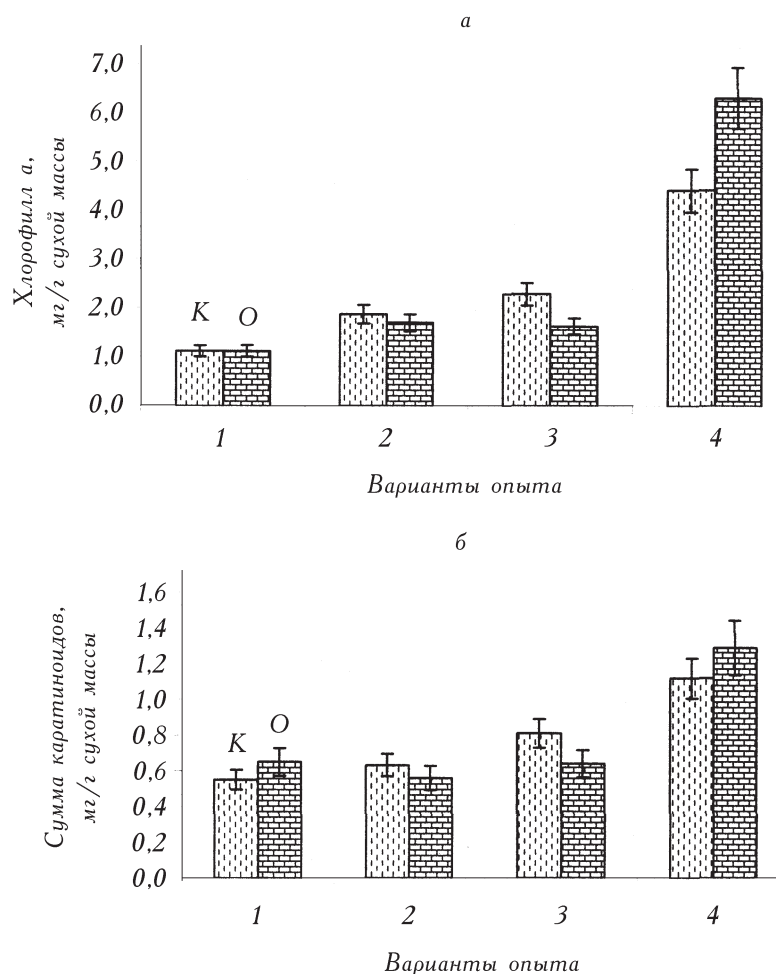
Лишь в варианте с добавлением кофейной кислоты отмечено уменьшение в 1,3 раза (по сравнению с контролем) концентрации хлорофилла *a* и в 1,2 раза — суммарного содержания каротиноидов. Однако у культуры, находящейся на стационарной фазе роста (26-е сутки), при добавлении кофейной кислоты наблюдалось незначительное повышение величин этих показате-



4. Изменение содержания хлорофилла *a* (а) и суммы каротиноидов (б) в единице объема культуральной среды *E. gracilis* при ее росте на минеральной среде с глюкозой на 3-и сутки после добавления ФКК.

телей по сравнению с контролем (см. рис. 4). Это может быть связано с некоторым усилением ее роста в связи с дополнительным добавлением в среду органических соединений. Следует отметить, что в условиях влияния бензойной и галловой кислот содержание исследованных пигментов (при пересчете на единицу объема культуральной среды) незначительно отличалось от такового в контроле, как при росте *E. gracilis* на минеральной среде с глюкозой, так и без нее (см. рис. 2, 4).

Результаты исследований показали, что у *E. gracilis* содержание фотосинтетических пигментов в пересчете на сухую массу и единицу объема культуральной среды на третьи сутки после добавления галловой и бензойной



5. Изменение удельного содержания хлорофилла *а* (*а*) и суммы каротиноидов (*б*) в биомассе *E. gracilis* при ее росте на минеральной среде с глюкозой на 3-и сутки после добавления ФКК.

кислот были сопоставимы со значениями в контроле (рис. 5). После добавления кофейной кислоты к культуре эвглены, находящейся на экспоненциальной фазе роста (7-е сутки), наблюдалось уменьшение величины этих показателей по сравнению с контролем. В то же время у культуры на стационарной фазе (26-е сутки) содержание хлорофилла *а* и каротиноидов превышало значения в контроле. При этом содержание желтых пигментов по сравнению с контролем увеличивалось более существенно (в 1,4 раза), чем зеленых (в 1,15 раза). Для сравнения, при добавлении исследованных ФКК в тех же концентрациях к культуре стрептофитовой водоросли *Cosmarium polygonum* var. *acutius* Messikommer — представителя ведущего семейства фитоэпифитона ВВР Desmidiaceae [23] — также отмечена тенденция повышения в ее биомассе (по сравнению с контролем) содержания каротиноидов, особенно на 20-е и 24-е сутки (соответственно в 1,3 и 1,2 раза) [6]. Это может



быть связано с повышением защитной функции каротиноидов как антиоксидантов в ответ на оксидативный стресс. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что степень влияния ФКК на ростовые процессы и содержание пигментов зависит от стадии роста культуры. Так, на стационарной фазе роста *E. gracilis* характеризовалась большей толерантностью по отношению к кофейной кислоте, чем на экспоненциальной.

Как известно, процессы ПОЛ характеризуют состояние биомембран клеток, которые первыми воспринимают влияние экологических факторов. Поэтому, оценивая интенсивность пероксидации мембранных липидов, можно судить о первичных адаптационных процессах растений к различным негативным воздействиям [3].

Влияние ФКК на содержание продуктов ПОЛ — диеновых конъюгатов (ДК), гидроперекисей липидов (ГПЛ) и малонового альдегида (МА) — было исследовано нами на культуре *E. gracilis*, которая росла на минеральной среде с глюкозой. Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что после добавления к культуре на экспоненциальной фазе роста (7-е сутки) галловой кислоты наблюдалось заметное повышение содержания ГПЛ (в 1,5 раза по сравнению с контролем), а в вариантах с добавлением бензойной и кофейной кислот количество продуктов ПОЛ практически не изменилось (таблица).

При добавлении в культуру *E. gracilis* на стационарной фазе ее роста (26-е сутки) кофейной кислоты наблюдалось уменьшение (в 1,1 раза) содержания ДК, очевидно, из-за превращения их в ГПЛ, в результате чего количество последних по сравнению с контролем увеличилось (в 1,3 раза). Важно отметить, что во всех вариантах эксперимента с добавками ФКК практически не изменилась, по сравнению с контролем, концентрация конечного стабильного продукта ПОЛ — малонового альдегида. Интересно отметить, что при добавлении кофейной кислоты в той же концентрации к культурам Cyanoprokaryota (*Anabaena variabilis* Kütz., *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot, *Aphanocapsa planctonica* (G. M. Sm.) Komarek et Anagn., *Microcystis pulverea* (Woodw.) Forti emend Elenkin и *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend Elenkin), находящимся на стационарной фазе роста, увеличение содержания продуктов ПОЛ было более заметным (ДК — в 1,5—2,5, ГПЛ — в 1,2—3,5, МА — в 2,5—3,2 раза) [5]. При этом отмечалось угнетение ростовых процессов у исследованных культур Cyanoprokaryota.

Таким образом, учитывая, что степень липидной пероксидации у растений достоверно коррелирует с накоплением малонового альдегида [13] — конечного стабильного продукта ПОЛ, очевидно, что *E. gracilis* достаточно толерантна к ФКК в исследуемых концентрациях. Так, после добавления их к культуре этой водоросли содержание МА, как и фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и суммы каротиноидов) в единице объема культуральной среды, а также в сухой массе практически не изменялось по сравнению с контролем.

Полученные нами данные свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности *E. gracilis*, что согласуется с литературными данными о значите-



**Изменение содержания продуктов ПОЛ у *Euglena gracilis* на третий день после добавления фенолкарбоновых кислот при росте культуры на минеральной среде с глюкозой**

Возраст культуры, сут	Варианты опыта	Содержание продуктов ПОЛ, $M \pm m$		
		ДК, мкМ/мг липидов	ГПЛ, у. о/мг липидов	МА, мкМ/мг липидов
7	Контроль	0,067 ± 0,0036	0,063 ± 0,0065	0,0042 ± 0,0009
	+ кофейная кислота	0,054 ± 0,0009	0,066 ± 0,0016	0,0048 ± 0,0005
26	Контроль	0,125 ± 0,0041	0,095 ± 0,0036	0,0079 ± 0,0001
	+ кофейная кислота	0,110 ± 0,0043	0,121 ± 0,0065	0,0069 ± 0,0004
7	Контроль	0,043 ± 0,0007	0,097 ± 0,0023	0,0058 ± 0,0002
	+ галловая кислота	0,050 ± 0,0012	0,149 ± 0,0072	0,0062 ± 0,0005
7	Контроль	0,114 ± 0,0047	0,140 ± 0,0013	0,0094 ± 0,0002
	+ бензойная кислота	0,059 ± 0,0026	0,103 ± 0,0049	0,0082 ± 0,0003

льном содержании в ее биомассе токоферолов, β-каротина и аскорбиновой кислоты [1, 10, 28].

Обращает на себя внимание тот факт, что в условиях нашего эксперимента при добавлении исследованных ФКК у *E. gracilis* наблюдается повышение (по сравнению с контролем) содержания липидов в сухой массе (на 19,85—72,30%), что, очевидно, является адаптивной реакцией на внесение в культуру фенольных соединений. Наиболее значительные изменения содержания липидов наблюдались в культуре эвглены, находящейся на экспоненциальной стадии роста (7-е сутки), при добавлении бензойной кислоты. Для сравнения отметим, что у планктонных видов синезеленых водорослей *Microcystis aeruginosa* и *M. pulvereae*, более чувствительных к воздействию ФКК, при добавлении к культуральной среде бензойной и галловой кислот содержание липидов в биомассе не увеличивалось, а уменьшалось [5].

### **Заключение**

Установлено, что водоросль *E. gracilis* отличается толерантностью по отношению к фенолкарбоновым кислотам (галловая, кофейная, бензойная) в концентрациях, угнетающих ростовые процессы у представителей Cyanoprokaryota. Исследуемые концентрации фенолкарбоновых кислот в некоторой мере даже стимулируют рост водоросли (по показателям сухой массы, концентрации хлорофилла *a* и суммарного содержания каротиноидов), как при выращивании *E. gracilis* на минеральной среде, так и с добавлением в нее глюкозы. Этот эффект был заметнее у культур, которые росли на среде без глюкозы. Добавление к минеральной среде фенолкарбоновых кислот не только приводило к увеличению

сухой массы культуры, но и ускоряло прохождение ею стационарной фазы роста. Полученные нами данные свидетельствуют о высокой антиоксидантной активности *E. gracilis*, что согласуется с литературными данными о значительном содержании в ее биомассе токоферолов,  $\beta$ -каротина и аскорбиновой кислоты.

Очевидно тот факт, что сем. Euglenaceae входит в число ведущих семейств фитозеифитона, объясняется способностью эвгленовых водорослей к активному использованию экскретируемых высшими водными растениями органических веществ, в том числе и тех, которые обладают биологической активностью по отношению к другим представителям альгофлоры.

\*\*

*Водорість Euglena gracilis відзначається толерантністю до впливу фенолкарбонових кислот (галлова, кавова і бензойна) у концентраціях, що пригнічують ростові процеси у представників Цянопрокарюота. Такі концентрації фенолкарбонових кислот у деякій мері навіть стимулюють ріст водорості як при вирощуванні її на мінеральному середовищі, так і з додаванням до нього глюкози. Присутність представників відділу Euglenophyta в обростаннях вищих водних рослин пояснюється, очевидно, їхньою здатністю до активного споживання органічних речовин, що екскретуються ВВР, у тому числі й тих, які відзначаються біологічною активністю по відношенню до інших водоростей.*

\*\*

*The alga Euglena gracilis is characterized by tolerance to the influence of phenolcarbo-  
nic acids (gallic, benzoic and caffeic) in concentrations which depress the growth processes  
of some Cyanoprokaryota. These concentrations of phenolcarbonic acids to some extent  
even stimulate the growth of alga as in growing it in a mineral medium, and with the addi-  
tion of glucose. Obviously, the dominance of family Euglenaceae in epiphytome of the Dnie-  
per river reservoirs can be explained by its ability to active consumption of higher aquatic  
plants excreted organic matter, including those that possess biological activity in relation to  
other representatives of the algal flora.*

\*\*

1. Золотарева Е.К., Мокросноп В.М. Микроводоросли как продуценты токоферолов // *Biotechnologia Acta*. — 2014. — № 2. — С. 26—33.
2. Курпенко Н.И., Мегведь В.А. Особенности влияния полифенолов водных растений на функциональную активность планктонных водорослей // *Эколого-биологические проблемы водоемов бассейна реки Днепр: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., Новая Каховка, 7—8 мая 2004 г.* — Новая Каховка, 2004. — С. 201—204.
3. Кияк Н., Микісвич І. Вплив абіотичних стресових факторів на інтенсивність ПОЛ і активність супероксиддисмутази у пагонах водного моху *Fontinalis antipyretica* Hedw. // *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологія*. — 2010. — Вип. 53. — С. 181—187.
4. *Культивирование коллекционных штаммов водорослей* / Под ред. проф. Б. В. Громова. — Л., 1983. — 152 с.
5. Курейшевич А.В., Потрохов А.С., Зиньковский О.Г. и др. Антиоксидантная активность некоторых видов Chlorophyta и Cyanoprokaryota как

- фактор их устойчивости к фенолкарбоновым кислотам // Гидробиол. журн. — 2012. — Т. 48, № 5. — С. 66—81.
6. Курейшевич А.В., Мегведь В.А., Незбрицкая И.Н. Особенности функционирования десмидиевой водоросли *Cosmarium polygonum* var. *acutius* (Streptophyta) в условиях воздействия фенолкарбоновых кислот // Альгология. — 2014. — Т. 24, № 3. — С. 288—292.
  7. Мегведь В.А. Влияние фенольных оксикислот гидрофитов на активность нитратредуктазы водорослей // Актуальные проблемы водохранилищ: Тез. докл. Всерос. конф. с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья, Борок, 29 окт. — 3 нояб. 2002 г. — Борок, 2002 — С. 208—209.
  8. Мегведь В.О., Курейшевич А.В. Зміни каталазної активності та вмісту каротиноїдів у водоростей за дії кофейної кислоти // Наук. зап. Терноп. пед. ун-ту. Сер. Біологія. Спец. випуск: Гідроекологія. — 2010. — 2 (43). — С. 347—350.
  9. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. — Киев: Наук. думка, 1975. — 247 с.
  10. Мокросноп В.М., Золотарева Е.К. Влияние фунгицидов на рост культуры микроводоросли *Euglena gracilis* Klebs // Актуальные проблемы современной альгологии: Тез. докл. IV Междунар. конф., Киев, 23—25 мая 2012 г. — Киев, 2012. — С. 201—202.
  11. Прайор У. Роль свободнорадикальных процессов в биологических системах // Свободные радикалы в биологии. Пер. с англ. — М.: Мир, 1979. — С. 6—13.
  12. Романова Л.А., Стальная И.Д. Метод определения гидроперекисей липидов с помощью тиоцианата аммония // Современные методы в биохимии. — М.: Медицина. 1977. — С. 64—66.
  13. Россихіна-Галича Г. Компоненти прооксидантно-антиоксидантної системи вегетативних органів рослин кукурудзи як показники їх реакції на дію гербіцидів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. Біологія. — 2013. — Вип. 62. — С. 315—324.
  14. Сакевич А.И., Кирпенко Н.И., Мегведь В.А. и др. Влияние полифенолов высших водных растений на функциональную активность планктонных водорослей // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 4. — С. 104—116.
  15. Сакевич А.И., Усенко О.М. Фенольные соединения в воде днепровских водохранилищ // Гидробиол. журн. — 2002. — Т. 38, № 4. — С. 103—112.
  16. Сакевич О.Й., Усенко О.М. Алелопатія в гідроекосистемах. — К., 2008. — 342 с.
  17. Сиренко Л.А., Рыбак Н.В., Паршикова Т.В., Пахомова М.Н. Коллекция живых культур микроскопических водорослей (акроним коллекции — НРДР). — Киев: Фитосоциоцентр, 2005. — 53 с.
  18. Стальная И.Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот // Современные методы в биохимии. — М.: Медицина. 1977. — С. 63—64.
  19. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Там же. — С. 66—68.

20. Струбицкий И.В. Регуляция системой «фенольные соединения: ферредоксин: тиоредоксин» ферментов энергетического обмена *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk // Гидробиол. журн. — 1987. — Т. 23, № 4. — С. 45—54.
21. Ткаченко Ф.П., Ситников Ю.А., Куцын Е. Б. Состояние элементов антиоксидантной системы водорослей из разных по степени загрязнения районов Черного моря // Экология моря. — 2004. — Вып. 65. — С. 70—74.
22. Усенко О.М., Сакевич А.И., Паламарчук В.Д. Влияние фенольных кислот гидрофитов на развитие планктонных водорослей // Альгология. — 2003. — Т. 13, № 1. — С. 26—33.
23. Шевченко Т.Ф. Распределение водорослей перифитона днепровских водохранилищ в зависимости от типа субстрата // Гидробиол. журн. — 2011. — Т. 47, № 1. — С. 3—15.
24. Chae S.R., Hwang E.J., Shin H.S. Single cell protein production of *Euglena gracilis* and carbon dioxide fixation in an innovative photobioreactor // Bioresource Technology. — 2006. — Vol. 97. — P. 322—329.
25. Jeffrey S.W., Humphrey F.H. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll *a*, *b*,  $c_1$  and  $c_2$  in higher plants, algae and natural phytoplankton // Biochem. Physiol. Pflanz. — 1975. — Bd. 167. — P. 171—194.
26. Nakai S., Yamane S., Hosomi M. Algal growth inhibition effects of *Myriophyllum spicatum* — releasing four allelopathic polyphenols // J. Japan Soc. Water Environ. — 2000. — Vol. 23, N 11. — P. 726—734.
27. Parsons T.R., Strickland J.D.H. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments and carotinoids // J. Marine. Res. — 1963. — Vol. 21, N 3. — P. 155—163.
28. Takeyama H., Kanamaru A., Yoshino Y. et al. Production of antioxidant vitamins, beta-carotene, vitamin c, and vitamin e, by two-step culture of *Euglena gracilis* Z. // Biotechnol Bioeng. — 1997. — Vol. 53, N 2. — P.185—190.
29. Zhy J., Liu B., Wang J. et al. Study on the mechanism of allelopathic influence on Cyanobacteria and chlorophytes by submerging macrophyte (*Myriophyllum spicatum*) and its secretion // Aquat. Toxicol. — 2010. — Vol. 98, N 2. — P. 196—203.