

# ЕКОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ ВОДНИХ РОСЛИН

---

УДК 582.263:581.6

**Т.О. ЛЕОНТЬЄВА**, д-р філос., мол. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: leontieva3394@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4482-328X

**Ю.Г. КРОТ**, к. б. н., ст. наук. співроб., в.о. зав. відділу,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: yuriikrot@ukr.net  
ORCID 0000-0001-8732-1322

**О.М. УСЕНКО**, к. б. н., ст. наук. співроб., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: oleg.mikh.usenko@gmail.com  
ORCID 0000-0002-0782-7292

**І.М. КОНОВЕЦЬ**, к. б. н., ст. наук. співроб., зав. лаб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: i.m.konovets@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4234-5026

**Л.С. КІПНІС**, к. б. н., ст. наук. співроб., ст. наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: kipnisludmila@gmail.com  
ORCID 0000-0002-4008-5120

**Ю.М. КРАСЮК**, к. б. н., наук. співроб.,  
Інститут гідробіології НАН України,  
просп. Володимира Івасюка, 12, Київ, 04210, Україна  
e-mail: j-krazyuk@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8148-3168

## КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ПРОДУКЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗЕЛЕНИХ МІКРОВОДОРОСТЕЙ (CHLOROPHYTA) ПРИ МАСОВОМУ КУЛЬТИВУВАННІ

---

*Проведено аналіз критеріїв оцінки продукційних можливостей зелених мікрородоростей, їхньої придатності до масового культивування. Проаналізовано питому*

Ц и т у в а н н я: Леонтъева Т.О., Крот Ю.Г., Усенко О.М., Коновець І.М., Кіпніс Л.С., Красюк Ю.М. Критерії оцінки продуктивних можливостей зелених мікрородоростей (Chlorophyta) при масовому культивуванні. *Гідробіол. журн.* 2023. Т. 59. № 6. С. 62—72.

швидкість росту та добовий приріст біомаси видів родин *Scenedesmaceae*, *Selenastraceae* і *Chlorellaceae* залежно від температурного режиму культурального середовища. Найвищими показниками питомої швидкості росту характеризувались *Desmodesmus brasiliensis* (34,0 °C), *Tetradesmus dimorphus* (34,0 °C), *Monoraphidium griffithii* (22,0 °C), *Chlorella vulgaris* (31,0 °C), а добового приросту біомаси — *D. brasiliensis* (34,0 °C), *T. dimorphus* (34,0 °C), *Ch. vulgaris* (31,0 °C) і *Scenedesmus obtusus* (31,0 °C). Досліджено вміст біохімічних компонентів у клітинах зелених мікроводоростей. Найбільшу кількість білків містили *D. brasiliensis* (40,1 %), *T. dimorphus* (39,5 %), *T. obliquus* (44,5 %) та *Ch. vulgaris* (43,2 %), ліпідів — *M. griffithii* (41,3 %) і *Ch. vulgaris* (30,4 %), вуглеводів — *Messastrum gracile* (27,8 %).

**Ключові слова:** зелені мікроводорості, масове культивування, температурний режим, питома швидкість росту, біомаса, продуктивність.

Вивчення особливостей функціонування мікроводоростей обумовлено двома аспектами. З одного боку, вони відіграють надзвичайно важливу роль у формуванні якості водного середовища [6, 16—18], а з іншого — є потенційним джерелом отримання великого спектра біологічно цінних сполук — білків, які містять незамінні амінокислоти, вуглеводів, ліпідів, пігментів, вітамінів, а також біологічно активних речовин [4].

Для вирощування в штучних умовах найбільший інтерес представляють зелені мікроводорості (*Chlorophyta*), особливо види з родин *Scenedesmaceae*, *Selenastraceae* та *Chlorellaceae*, більшість з яких є мезофілами, тобто мають оптимальний температурний діапазон в межах 20—35 °C.

При накопичувальному культивуванні в штучних системах з обмеженим об'ємом середовища екзометаболіти мікроводоростей чинять істотний вплив на їхню життєдіяльність, зокрема процеси росту та розмноження. Внаслідок біологічної активності ці сполуки беруть участь у формуванні якості культурального середовища, впливають на склад та кількісні показники розвитку супутніх організмів і відіграють важливу трофічну роль [5, 6].

Водночас кількість і склад екзометаболітів відзначаються видоспецифічністю і залежать від абіотичних чинників та фізіологічного стану клітин мікроводоростей [1].

Термотолерантність видів та діапазон оптимальних температур вирощування є однією з найголовніших характеристик при виборі штамів для масового культивування. Встановлено, що для більшості видів зелених мікроводоростей, яких відносять до мезофілів, температури вище 40 °C є критичними і супроводжується втратою фізіологічної активності клітин [11, 22]. За оптимальних температур середовища вони можуть активно нарощувати біомасу та синтезувати біологічно цінні сполуки [4, 13, 15].

Первинний метаболізм є важливим процесом, який безпосередньо бере участь у ростових процесах та розмноженні клітин. У клітинах зелених водоростей найважливішими первинними метаболітами є вуглеводи, ліпіди та білки, вміст яких коливається у широких межах залежно від умов їхнього росту [24].

Метою даної роботи був аналіз критеріїв оцінки продуктивності різних видів зелених мікроводоростей родин Scenedesmaceae, Selenastraceae та Chlorellaceae, а також їхньої придатності для масового культивування в штучних умовах.

### Матеріал і методика досліджень

Об'єктами досліджень були альгологічно чисті культури зелених мікроводоростей (Chlorophyta) із колекції культур (HPDP) Інституту гідробіології НАН України [2], а саме: *Scenedesmus obtusus* Meyen HPDP-113, *Scenedesmus ellipticus* Corda HPDP-117, *Desmodesmus communis* E. Hegew. HPDP-109, *Desmodesmus subspicatus* (Chodat) E. Hegew. et A. Schmidt HPDP-103, *Desmodesmus brasiliensis* (Bohlin) E. Hegew. HPDP-102, *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J. Wynne (= *Acutodesmus obliquus* (Turpin) E. Hegew. et Hanagata) HPDP-104, *Tetradesmus dimorphus* (Turpin) M.J. Wynne (= *Acutodesmus dimorphus* (Turpin) P. Tsarenko) HPDP-108, *Messastrum gracile* Reinsch (= *Selenastrum gracile* Reinsch) HPDP-115, *Monoraphidium griffithii* (Berkeley) Komark.-Legn. HPDP-105, *Chlorella vulgaris* Beijerinck HPDP-119.

Дослідження проводили в аквакамерах з регульованим температурним режимом (22,0, 25,0, 28,0, 31,0 та 34,0 °C), інтенсивністю освітлення — 47,5 мкмоль/м<sup>2</sup>·с та за співвідношення світла і темряви — 16 : 8 год. Посів інокуляту здійснювали на середовище Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горема [3]. Експозиція культур тривала до закінчення експоненційної фази росту (29—34 доби).

Чисельність клітин мікроводоростей підраховували у п'яти повторностях під світловим мікроскопом Ломо Микмед-2 з використанням камери Горяєва [3].

Питому швидкість росту розраховували за формулою [25]:

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{\Delta t},$$

де:  $N_0$  та  $N_t$  — кількість клітин відповідно на початку та наприкінці досліджуваного періоду;  $\Delta t$  — тривалість досліджуваного періоду.

Тривалість лаг-фази визначали за формулою [4]:

$$T = t_r - t_i = t_r - \frac{\ln N_r - \ln N_0}{\mu},$$

де:  $t_r$  — момент, в який культура досягла певної біомаси  $N_r$ ;  $t_i$  — момент, в який вона могла б досягти такої самої біомаси, якби відразу ж після інокуляції починався експоненційний ріст;  $N_0$  — початкова біомаса.

Визначення розмірних характеристик клітин мікроводоростей проводили за допомогою мікроскопу Axio Imager-2 та програмного забезпечення Axio Vision 4. Довжину і ширину клітин мікроводоростей вимірювали наприкінці експоненційної фази росту ( $n = 50$ ).

Об'єм клітин визначали стереометричним методом, використовуючи лінійні розміри клітин водоростей [21].

Добовий приріст біомаси обчислювали за різницею між початковою та кінцевою кількістю біомаси досліджуваного періоду росту, поділену на кількість діб [8].

Загальний вміст білків визначали методом Лоурі [20], кількість вуглеводів — гравіметричним методом після екстракції 70 %-вим етанолом [7], а вміст ліпідів — за допомогою екстракції сумішшю хлороформ : метанол у співвідношенні 2 : 1 [19].

Експериментальні дані опрацьовували статистично у програмі Microsoft Excel 2010. Отримані дані наведені як середнє арифметичне і стандартна похибка  $M \pm m$ . Вірогідність різниці середніх величин визначали із застосуванням  $t$ -критерію Стьюдента на рівні значущості  $p < 0,05$ .

### Результати досліджень та їх обговорення

Зелені мікроводорості з родин Scenedesmaceae, Selenastraceae, Chlorellaceae становлять значний інтерес як об'єкти масового культивування, оскільки мають значний ареал розповсюдження і широку екологічну валентність до комплексу абіотичних та біотичних чинників [10].

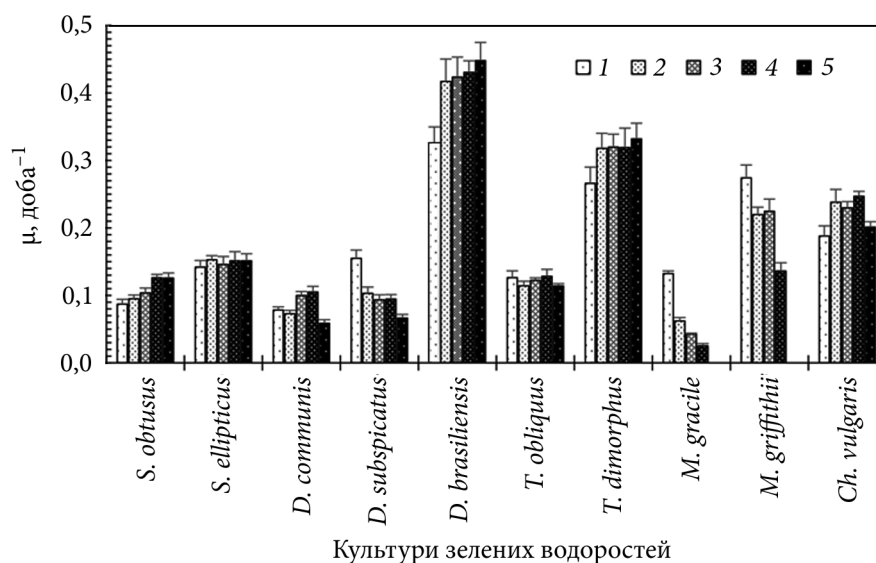
Серед основних критеріїв приросту біомаси зелених мікроводоростей є показник питомої швидкості росту, концентрація інокуляту та тривалість фаз росту.

Враховуючи, те що температура є одним з провідних чинників при культивуванні мікроводоростей, нами були розраховані величини питомої швидкості росту в умовах різних температурних режимів (рис. 1).

Аналіз отриманих даних показав суттєві видові відмінності в реакції мікроводоростей на вплив температури. За дії цього чинника в дослідженому нами діапазоні на швидкість росту досліджувані види можна умовно розділити на чотири групи. Перша група представлена теплолюбними видами, а саме: *S. obtusus*, *D. brasiliensis* та *T. dimorphus* і характеризується позитивною залежністю між швидкістю росту і температурою. При цьому останні два види демонструють високу швидкість росту в досить широкому діапазоні температур (25,0—34,0 °C). Друга група у складі *D. communis* та *Ch. vulgaris* виявляє максимальну швидкість росту відповідно при 28,0—31,0 та 25,0—31,0 °C. Третя група представлена видами, що віддають перевагу більш низьким температурам (22,0 °C) — *D. subspicatus*, *M. gracile* та *M. griffithii*. В четверту групу входять види *S. ellipticus* та *T. obliquus*, які не демонстрували вираженої температурної залежності в даних умовах.

Тривалість експоненційної фази є важливою характеристикою росту культур водоростей, а величини питомої швидкості росту біомаси протягом цього періоду визначають ефективність функціонування систем культивування.

За сприятливої температури найкоротша експоненційна фаза росту зареєстрована для таких видів, як *D. brasiliensis* (10 діб) і *M. gracile* (12 діб),



**Рис. 1.** Питома швидкість росту зелених мікроводоростей протягом експоненційної фази росту за різних температурних умов: 1 — 22,0 °C, 2 — 25,0 °C, 3 — 28,0 °C, 4 — 31,0 °C, 5 — 34,0 °C

а найбільш тривала — для *S. ellipticus* (25 діб), *D. subspicatus* (22 доби), *S. obtusus* (21 доба) та *T. obliquus* (21 доба) (рис. 2).

Водночас слід зазначити, що культури з найвищими показниками питомої швидкості росту (*D. brasiliensis* і *T. dimorphus*) характеризувалися короткотривалою лаг-фазою та переходом в експоненційну, що значно пришвидшує процес приросту біомаси.

Враховуючи те, що тривалість лаг-фази залежить від кількості й віку внесеного інокуляту, абіотичних чинників та якості живильного середовища, можна припустити, що дані штами мікроводоростей були більш адаптовані до відповідних умов і не потребували тривалого періоду аклімації.

До основних критеріїв оцінки продуктивності зелених мікроводоростей при їхньому вирощуванні в штучних умовах можна віднести показник біомаси, оскільки він враховує не лише чисельність клітин, але й їхні розмірні характеристики, які змінюються за різних умов культивування [12]. Показник чисельності клітин наприкінці експоненційної фази росту засвідчив, що *T. dimorphus*, *Ch. vulgaris*, *D. brasiliensis* та *D. subspicatus* можна віднести до видів, які здатні підтримувати високу кількість клітин (понад 15 млн. кл/см<sup>3</sup>), а *S. obtusus*, *T. obliquus*, *S. ellipticus*, *M. gracile*, *M. griffithii*, *D. communis* — низьку (до 15 млн. кл/см<sup>3</sup>) (рис. 3).

За об'ємом клітин досліджені види мікроводоростей можна розділити на дрібноклітинні — менше 150 мкм<sup>3</sup>: *T. obliquus*, *S. ellipticus*, *D. subspicatus*, *M. gracile*, *M. griffithii* і *Ch. vulgaris*, *T. dimorphus* та крупноклітинні — більше 240 мкм<sup>3</sup>: *D. brasiliensis*, *S. obtusus* і *D. communis* (див. рис. 3).

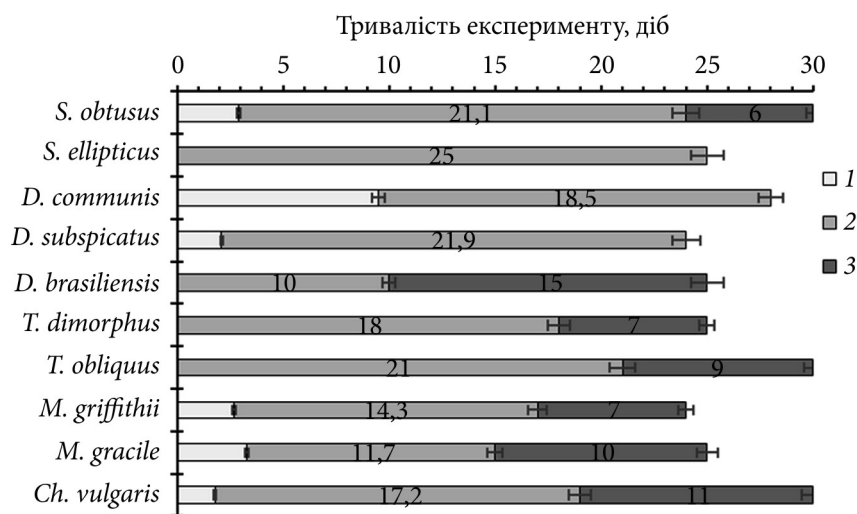


Рис. 2. Тривалість фаз росту культур зелених мікроводоростей за сприятливих температурних режимів: 1 — лаг-фаза; 2 — експоненційна фаза; 3 — стаціонарна фаза

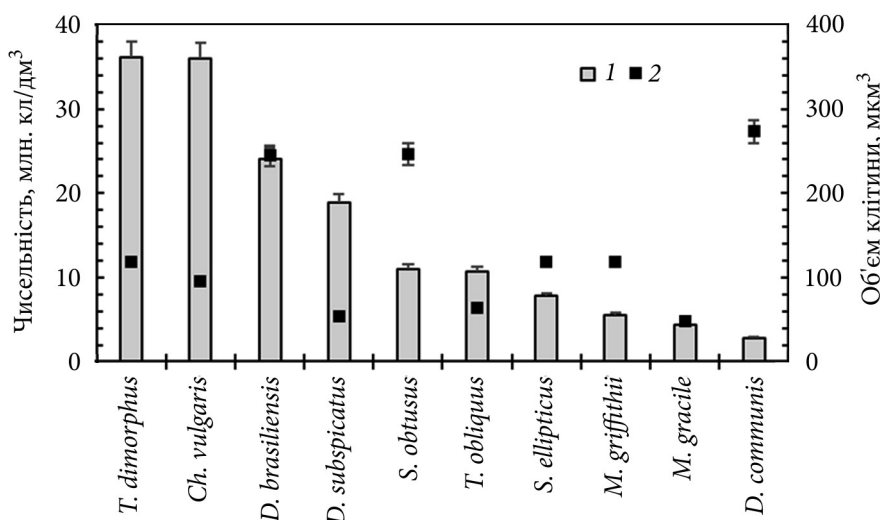
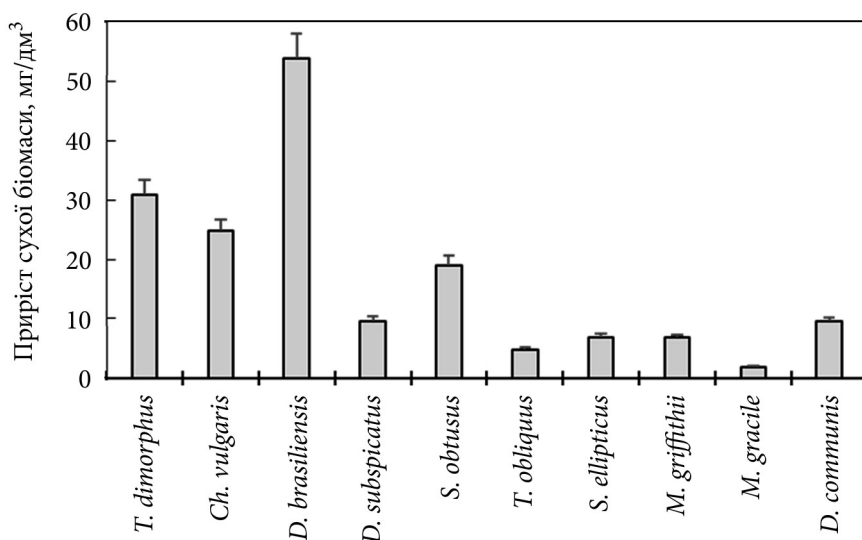


Рис. 3. Чисельність (1) та об'єм клітин (2) зелених мікроводоростей наприкінці експоненційної фази росту при їхньому вирощуванні в штучних умовах за сприятливого температурного режиму.

Необхідно відмітити, що розміри клітин даних видів у експериментальних умовах не відрізнялись від природних популяцій, крім *D. brasiliensis*, що характеризувався незначним збільшенням ширини у 1,3 раза ( $p < 0,05$ ) [9, 23].

Проведений розрахунок добового приросту біомаси показав, що серед досліджуваних видів мікроводоростей найвищими його величинами



**Рис. 4.** Добовий приріст біомаси культур зелених мікрводоростей при вирощуванні в штучних умовах

характеризувались *D. brasiliensis*, *T. dimorphus*, *Ch. vulgaris* та *S. obtusus*, що відповідно у 27, 16, 13 і 10 разів ( $p < 0,05$ ) більше, ніж у виду з найменшим значенням — *M. gracile*. Водночас біомаса культури *D. brasiliensis* перевищувала таку *T. dimorphus*, *Ch. vulgaris*, *S. obtusus* відповідно у 1,7, 2,2, 2,8 разів ( $p < 0,05$ ) (рис. 4).

Наші дослідження показали, що *D. brasiliensis*, який характеризувався чисельністю клітин приблизно у 1,5 раза нижчою ( $p < 0,05$ ) порівняно з *T. dimorphus* та *Ch. vulgaris*, досягнув найвищого добового приросту біомаси за рахунок крупніших клітин — відповідно у 2,1 та 2,5 раза ( $p < 0,05$ ).

Отже, за найвищими значеннями питомої швидкості росту, чисельності клітин та їхнього об'єму, а також добового приросту біомаси досліджені види зелених мікрводоростей можна розташувати у такому порядку: *D. brasiliensis* → *T. dimorphus* → *Ch. vulgaris* → *S. obtusus* (табл. 1).

Враховуючи те, що зелені мікрводорості є джерелом багатьох біологічно цінних сполук, в першу чергу білків, ліпідів та вуглеводів, рівні їхнього накопичення в клітинах віднесено до важливих критеріїв виду при масовому культивуванні [13—15]. Проведені дослідження засвідчили, що найбільшу кількість білків містять такі види, як *D. brasiliensis*, *T. dimorphus*, *T. obliquus* і *Ch. vulgaris*, ліпідів — *M. griffithii* і *Ch. vulgaris*, вуглеводів — *M. gracile* (табл. 2).

Слід зазначити, що максимальний вихід біохімічних компонентів залежить від абіотичних чинників, зокрема температури та освітлення, і тривалості вирощування водоростей [15]. Так, одержання максимального вмісту білків можливе на експоненційній фазі росту, вуглеводів — на прикінці, ліпідів — на стаціонарній фазі [14].

Таблиця 1

## Критерії оцінки продукційних можливостей зелених мікроводоростей

Види	Показники			
	питома швидкість росту	чисельність	об'єм клітин	добовий приріст біомаси
<i>D. brasiliensis</i>	++++	++	**	++++
<i>T. dimorphus</i>	+++	++++	*	+++
<i>Ch. vulgaris</i>	+	+++	*	++
<i>S. obtusus</i>	—	—	**	+
<i>M. griffithii</i>	++	—	*	—
<i>D. subspicatus</i>	—	+	*	—
<i>D. communis</i>	—	—	**	—

Примітка. \* Дрібноклітинні; \*\* крупноклітинні; + ... +++++ — рівень значущості за ранжуванням; «—» — відсутність значущості за відповідним показником.

Таблиця 2

Вміст білків, ліпідів і вуглеводів у клітинах зелених мікроводоростей,  
 $M \pm m, n = 5$ 

Види	Білки, %	Ліпіди, %	Вуглеводи, %
<i>S. obtusus</i>	18,9±1,9	12,6±1,3	14,4±1,3
<i>S. ellipticus</i>	26,2±2,1	17,7 ±1,6	12,1±1,4
<i>D. brasiliensis</i>	40,1±3,5	15,7±1,5	12,9±1,2
<i>D. subspicatus</i>	26,8±2,2	18,2±2,0	22,0±2,2
<i>D. communis</i>	27,8±2,5	16,9±1,5	22,9±1,7
<i>T. dimorphus</i>	39,5±3,3	15,5±1,9	22,3±1,5
<i>T. obliquus</i>	44,5±2,9	14,0 ±1,5	18,9±1,6
<i>M. griffithii</i>	20,1±1,9	41,3±3,5	18,6±1,2
<i>M. gracile</i>	23,2±2,0	22,4±2,1	27,8±2,0
<i>Ch. vulgaris</i>	43,2±3,2	30,4±2,0	22,3±1,8

## Висновки

Встановлено, що найвищими значеннями питомої швидкості росту характеризуються *D. brasiliensis* (34,0 °C), *T. dimorphus* (34,0 °C), *M. griffithii* (22,0 °C) та *Ch. vulgaris* (34,0 °C).

За показниками добового приросту біомаси досліджені зелені мікроводорості можна розташувати у наступному порядку: *D. brasiliensis* → *T. dimorphus* → *Ch. vulgaris* → *S. obtusus*.

Найбільшу кількість білків у клітинах містять *D. brasiliensis*, *T. dimorphus*, *T. obliquus* та *Ch. vulgaris*, ліпідів — *M. griffithii* і *Ch. vulgaris*, вуглеводів — *M. gracile*.

До найвагоміших критеріїв оцінки придатності зелених мікроводоростей для масового культивування можна віднести їхню питому швидкість росту, добовий приріст біомаси та вміст в клітинах білків, ліпідів і вуглеводів.

#### Список використаної літератури

1. Кирпенко Н.И., Курашов Е.А., Крылова Ю.В. Состав экзометаболитов некоторых зеленых водорослей на разных стадиях роста. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2011. Т. 47, № 2. С. 32—35.
2. Колекція культур мікроводоростей НРДР / Білоус О.П., Незбрицька І.М., Клоченко П.Д., Кирпенко Н.І. Київ : Альтерпрес, 2018. 36 с.
3. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / Сиренко Л.А., Осипов Л.Ф., Сакевич А.И. и др. Киев : Наук. думка, 1975. 248 с.
4. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології / За ред. О.К. Золотарьової. Київ : Альтерпрес, 2008. 234 с.
5. Сакевич О.Й., Усенко О.М. Аделопатія в гідроекосистемах. Київ : Логос, 2008. 342 с.
6. Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев : Наук. думка, 1988. 254 с.
7. Филиппович Ю.Б., Егорова Т.А., Севастьянова Г.А. Практикум по общей биохимии. Москва : Просвещение, 1975. 318 с.
8. Щербак В. І. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ : Принт-Квік, 2002. С. 41—47.
9. Bailey J.E., Ollis D.F. Biochemical Engineering Fundamentals. *Educ. Chem. Eng.* 1986. 2nd ed., Mc. Graw-Hill, New York, USA P. 163—172.
10. Free and open access to biodiversity data URL: <https://www.gbif.org/> (Дата звернення: 06.04.2023)
11. Jonker C., Van Ginkel C., Olivier J. Association between physical and geochemical characteristics of thermal springs and algal diversity in Limpopo Province, South Africa. *Water SA.* 2013. Vol. 39, N 1. P. 95—104.
12. Kirpenko N.I., Leontieva T.O., Tsarenko P.M. Morphometric characteristics of green microalgae in culture. *Hydrobiol. J.* 2021. Vol. 57, N 3. P. 37—47.
13. Kirpenko N.I., Usenko O.M., Musiy T.O. Variability of the biochemical composition of algae (a Review). *Ibid.* 2015. Vol. 51, N 1. P. 49—62.
14. Kirpenko N.I., Usenko O.M., Musiy T.O. Biochemical composition of green algae at different stages of their growth. *Ibid.* 2015. Vol. 51, N 4. P. 39—45.
15. Kirpenko N.I., Usenko O.M., Musiy T.O. Comparative analysis of the content of proteins, carbohydrates, and lipids in the cells of green microalgae. *Ibid.* 2018. Vol. 54, N. 2. P. 81—91.
16. Klochenko P.D. The role nitrogen-containing algae metabolites in the formation of the quality of water. *Khimiya i Tekhnologiya Vody.* 1996. Vol. 18, N 2. P. 179—187.
17. Klochenko P.D., Golovnya R.V., Zhuravleva I.L. et al. Change of the volatile amine composition during the growth and dying of the blue-green algae *Microcystis aeruginosa*. *Prikladnaya Biokhimiya i Mikrobiologiya.* 1990. Vol. 26, N 4. P. 545—550.
18. Klochenko P.D., Golovnya R.V., Zhuravleva I.L. et al. The dynamics of alteration of the volatile amine composition during the growth of some species of green and blue-green algae. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Seriya Biologicheskaya.* 1990. N 4. P. 503—510.
19. Knight J.A. Chemical basis of the sulfo-phospho-vanilin reaction for estimating total serum lipids. *Clin. Chem.* 1972. Vol. 18, N 3. P. 199—202.

20. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. Vol. 193, N 1. P. 265—275.
21. Olenina I., Hajdu S., Edler L. et al. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea. *Balt. Sea Environ. Proc.* 2006. Vol. 106. 3—144 p.
22. Ras M., Steyer J.P., Bernard O. Temperature effect on microalgae: a factor for outdoor production. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2013. Vol. 12, N 2. P. 153—164.
23. Rekha A., Sujathamma P. Identification of *Scenedesmus* species (Meyen) from Tirumala hills, Chittoor district, Andhra Pradesh, India. *Int. J. Botany Stud.* 2017. Vol. 2, N 6. P. 144—148.
24. Wen W., Li K., Alseekh S. et al. Genetic determinants of the network of primary metabolism and their relationships to plant performance in a maize recombinant inbred line population. *The Plant Cell.* 2015. Vol. 27, N 7. P. 1839—1856.
25. Yang R.-J., Wang X.-L., Zhang Y.-Y., Zhan Y.-J. Influence of cell equivalent spherical diameter on the growth rate and cell density of marine phytoplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2006. Vol. 331, N 1. P. 33—40.

Надійшла 15.05.2023

T.O. Leontieva, PhD (Biol.), Junior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine.  
e-mail: leontieva3394@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4482-328X

Yu.G. Krot, PhD (Biol.), Senior Researcher, Head of Department,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: yuriikrot@ukr.net  
ORCID 0000-0001-8732-1322

O.M. Usenko, PhD (Biol.), Senior Researcher, Senior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: oleg.mikh.usenko@gmail.com  
ORCID 0000-0002-0782-7292

I.M. Konovets, PhD (Biol.), Senior Researcher, Head of Laboratory,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: i.m.konovets@gmail.com  
ORCID 0000-0003-4234-5026

L.S. Kipnis, PhD (Biol.), Senior Researcher, Senior Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: kipnisludmila@gmail.com  
ORCID 0000-0002-4008-5120

Yu.M. Krasnyuk, PhD (Biol.), Researcher,  
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine,  
Volodymyr Ivasyuk Avenue, 12, Kyiv, 04210, Ukraine  
e-mail: j-krasnyuk@ukr.net  
ORCID 0000-0002-8148-3168

#### CRITERIA FOR ASSESSING THE PRODUCTION POSSIBILITIES OF GREEN MICROALGAE (CHLOROPHYTA) FOR MASS CULTIVATION

An analysis of the criteria for evaluating the production potential of green microalgae and their capacity for mass cultivation has been carried out. The specific growth rate and daily biomass growth of species of the families Scenedesmaceae, Selenastraceae and Chlo-

rellaceae were analyzed depending on the temperature regime of the culture medium. *Desmodesmus brasiliensis* (34.0 °C), *Tetradesmus dimorphus* (34.0 °C), *Monoraphidium griffithii* (22.0 °C), *Chlorella vulgaris* (31.0 °C) were characterized by the highest specific growth rate and daily biomass growth — *D. brasiliensis* (34.0 °C), *T. dimorphus* (34.0 °C), *Ch. vulgaris* (31.0 °C) and *Scenedesmus obtusus* (31.0 °C). The species *D. brasiliensis* (40.1%), *T. dimorphus* (39.5%), *T. obliquus* (44.5%) and *Ch. vulgaris* (43.2%) contain the largest amount of proteins, *M. griffithii* (41.3%) and *Ch. vulgaris* lipids (30.4%), carbohydrates — *Messastrium gracile* (27.8%).

**Keywords:** green microalgae, mass cultivation, temperature regime, specific growth rate, daily biomass growth, biomass, productivity.