

УДК 581.132: 58.035: 633.11

Г. Б. ГУЛЯЄВА

Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного Національної академії наук України  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ - 143, 03143

## **ФОТОХІМІЧНА АКТИВНІСТЬ І ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ ЗА ДІЇ ГУМУСОУТВОРЮЮЧИХ МІКРООРГАНІЗМІВ**

Встановлено, що передпосівне внесення у ґрунт консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у польових умовах сприяє стимуляції фотосинтетичної активності листків і накопиченню біомаси та суттєвому зростанню площі листкової поверхні і фотосинтетичного потенціалу дослідних рослин, що призводить до збільшення маси 1000 зерен за покращення функціональної активності фотосинтетичного апарату й «індексу адаптивності» рослин пшениці ярої сорту Печерянка.

*Ключові слова:* *Triticum aestivum L*, консорціум гумусоутворюючих мікроорганізмів, фотосинтетичний потенціал, продуктивність, індукція флюоресценції хлорофілу

Однією із глобальних проблем людства є проблема виснаження і деградації земельних ресурсів внаслідок значної хімізації та незбалансованого невідновного землекористування, що характерно для регіонів з інтенсивними системами сільського господарства та змін клімату [1-3]. Зміни клімату негативно впливають не тільки на біорізноманіття рослинного покриву, але й супроводять протікання негативних процесів у ґрунтах – ерозію, засолення, вилугування, втрати вуглецю і поживних елементів [2]. Ці проблеми загострюються зростаючими потребами у продуктах харчування на душу населення, оскільки за прогнозами ООН передбачається, що до 2050 р. населення земної кулі сягне 9,2 млрд, що буде відбуватиметься в основному за рахунок менш розвинутих регіонів країн та старіння населення. Важливо відмітити, у більш глобальному планетарному контексті вчені впевнені, що повернення вуглецю у колообіг шляхом повернення його у рослинну біомасу і ґрунт та відновлення таким чином вуглеводного балансу може допомогти пом'якшити зміни клімату [3, 4]. В зв'язку із чим все більше уваги приділяється дослідженню і розвитку альтернативних екологічно безпечних і ощадливих технологій у сільському господарстві та заходів спрямованих на відновлення ґрунту. Важливим у цьому напрямку є розробка технологій збереження і відродження родючого шару ґрунту із застосуванням корінних ризосферних мікроорганізмів, що потенційно здатні до фіксації біологічного азоту і екскреції гормонів росту, а також біотрансформації органічних решток і утворення гумусного шару [5-10]. Відомо що такі мікробні технології у рамках органічного землеробства практикуються більше, ніж у 30 країнах світу [8].

Проте недостатньо вивченим є вплив консорціуму корінних мікроорганізмів у ризосфері рослин на фотосинтетичну активність і фотосинтетичний потенціал посівів пшениці ярої. Тому метою нашої роботи було дослідження дії консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у ризосфері на фотосинтетичну активність, потенціал і продуктивність рослин пшениці ярої в умовах екстенсивної технології.

### **Матеріал і методи досліджень**

У польових дослідях рослини *Triticum aestivum L* пшениці ярої сорту Печерянка вирощували за екстенсивною технологією на дослідних ділянках ІМВ ім. Д.К. Заболотного, загальною площею 70 м<sup>2</sup>. Попередник – ячмінь.

У досліді для передпосівного внесення у ґрунт застосовували біопрепарат (БП) «Екстракон» (Україна), який складається з інокульованого у торфоподібний субстрат консорціуму ґрунтових целюлозолітичних і гетеротрофних мікроорганізмів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Bacillus subtilis*, *B. sphaericus*, *B. megaterium*, *B. pumilus*), що знаходяться у функціонально-активному стані і тісно пов'язані трофічними зв'язками.

Дослідження змін функціонального стану і активності фотосинтетичного апарату здорових й уражених рослин виконували, застосовуючи біофізичний метод індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), фіксуючи дані портативним приладом вітчизняного виробництва «Флоратест» за загально прийнятою методикою [11-15]. Повторність вимірювань на кожному варіанті – п'ятикратно. Темнову адаптацію листків перед вимірюваннями (не менше 20 хв.) створювали, закріплюючи на листку чохол із цупкого паперу. Отриманий масив цифрових даних обчислювали у кожному варіанті і представляли у графічному вигляді так званих кривих Каутського. За визначеними на кривій точками ( $F_0$ ,  $F_{pb}$ ,  $F_p$ ,  $F_m$ ,  $F_t$ ) розраховували наступні параметри ІФХ:

величину  $F_v/F_m$  – максимальної квантової ефективності фотохімії ФСII (віддзеркалює насиченість ФСII фотохімічно активними центрами);

Індекс  $K_i$  – корелює із інтенсивністю рибулозобісфосфаткарбоксілази/оксигенази (Рубіско) або ланкою темної фіксації вуглецю ( $K_i = (F_m - F_t) / F_m$ ).  $K_i$  віддзеркалює ефективність темнових процесів фіксації вуглецю;

Індекс  $R_{fd}$  або «індекс життєстійкості», що розраховується як:  $R_{fd} = F_p - F_v / F_t$  [15–18]. У деяких дослідженнях  $R_{fd}$  називається «індексом адаптивності» [18].

Площу листового апарату визначали за добутком довжини на ширину листка і коефіцієнта 0,67 [19]

Інтенсивність транспірації визначали методом Іванова [20]. Продуктивність транспірації (P) визначали за кількістю органічної речовини, яка синтезувалася рослиною за випаровування 1 л води:

$$P = \frac{m}{V},$$

де m – маса накопиченої органічної речовини у грамах, V – об'єм випарованої води в літрах.

Фотосинтетичний потенціал рослин пшениці у фазу кушіння-виду в трубку визначали як добуток середньої площі листків на кількість днів активної вегетації [19]:

$$\Phi\Pi = L_{cp} \cdot T$$

де  $\Phi\Pi$  – фотосинтетичний потенціал, млн м<sup>2</sup>га, дн.;  $L_{cp}$  – середня площа листків, тис. м<sup>2</sup>/га; T – кількість днів активної вегетації, дні.

Статистичний аналіз проводили, використовуючи програму MS Excel.

### Результати досліджень та їх обговорення

Аналіз функціонального стану фотосинтетичного апарату і його фотохімічної активності проведений за змінами критичних параметрів чутливих ланок флуоресцентних кривих, що були отримані у різні фази розвитку пшениці ярої, виявив подібні тенденції динаміки змін представлених показників у листках контрольних і дослідних рослин (рис.1 а-в).

Як видно на рис. 1 (а-в) найбільші величини представлених флуоресцентних параметрів спостерігалися в період найбільш інтенсивного росту рослин – фази кушіння- початку виходу в трубку. Варто відмітити, що всі досліджувані параметри флуоресценції на протязі періоду вегетації рослин – від фази кушіння до фази колосіння-цвітіння мали більші величини у листках рослин за вмісту у ризосфері БП екстракон (див. рис.1).

Параметр  $F_v/F_m$ , який віддзеркалює максимальну ефективність фотосистеми II і характеризує насиченість фотосинтетичного апарату фотохімічно активними центрами знаходився в листках дослідних рослин у одному інтервалі величин із контролем лише у фазу трубкування і цвітіння (рис.1 а).

Індекс  $K_i$ , що віддзеркалює ефективність темної фіксації вуглецю мав більший рівень на протязі всього періоду вимірювань у дослідних рослин (на фоні БП екстракон) (рис.1 б). Подібним чином величина індексу «життєстійкості»  $R_{fd}$  (адаптивності) у листках рослин дослідного варіанту була більшою за контрольні рослини на протязі всього періоду досліджень.

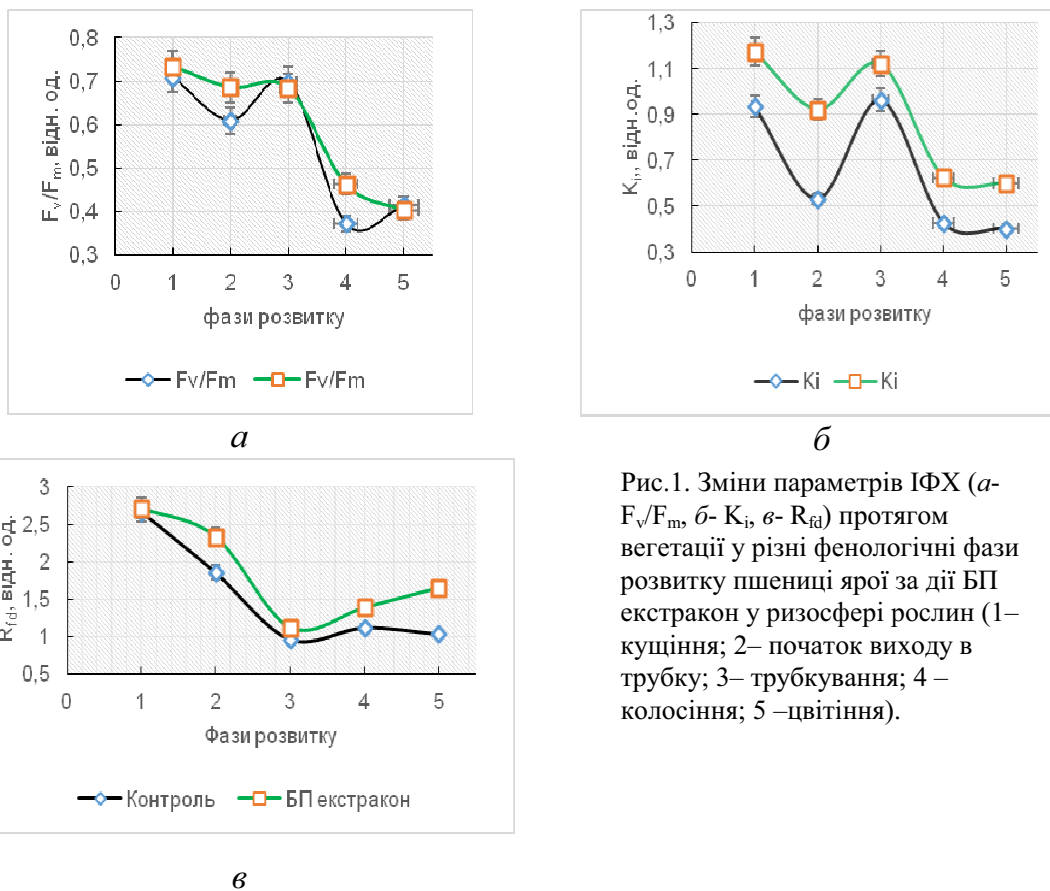


Рис.1. Зміни параметрів ІФХ (а-  $F_v/F_m$ , б-  $K_i$ , в-  $R_{fd}$ ) протягом вегетації у різні фенологічні фази розвитку пшениці ярої за дії БП екстракн у ризосфері рослин (1– кущіння; 2– початок виходу в трубку; 3– трубкування; 4 – колосіння; 5 – цвітіння).

Такі зміни флуоресцентних показників свідчать про суттєве поліпшення стану фотосинтетичного апарату, збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів й зростання фотосинтетичної активності і адаптивного потенціалу рослин. Варто відмітити, що таке поліпшення функціонального стану рослин відбулося завдяки ефективній рослинно-мікробній взаємодії і вивільненню у ґрунтовий розчин доступних елементів живлення і біологічно активних речовин [5-9].

Отримані дані підтвердилися зафіксованим суттєвим зростанням продуктивної транспірації листків дослідних рослин пшениці ярої (рис 2 а) і біомаси сухої речовини (рис.2 б), що відбувалося внаслідок вищеописаного зростання рівня функціональної активності листків.

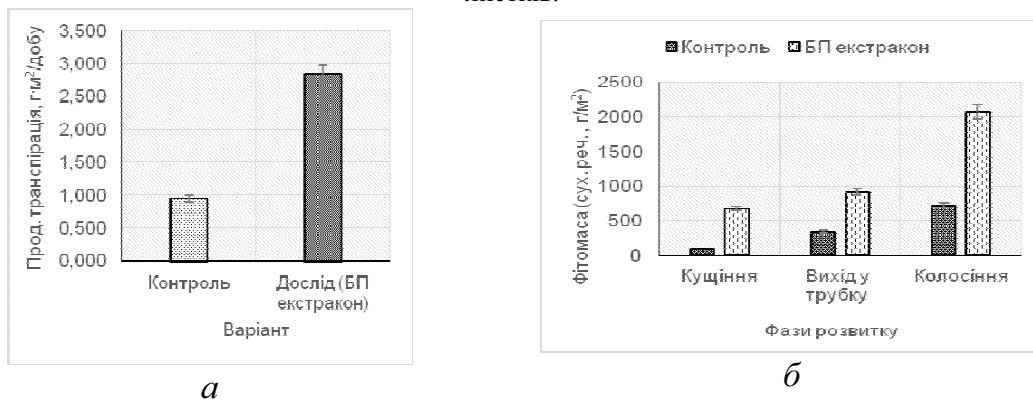


Рис. 2. Продуктивна транспірація (фаза кущіння) (а) і накопичення фітомаси (б) за дії БП екстракн у ризосфері рослин пшениці сорту Печерянка.

Важливо відмітити, що безпосередньо пов'язані із продуктивністю параметри є площа листової поверхні і фотосинтетичний потенціал посівів, що часто застосовувались багатьма дослідниками для оцінки впливу сукупності явищ і агрозаходів, зокрема застосування біологічно активних препаратів і систем живлення [21-25]. Оцінка впливу передпосівного внесення в ґрунт консорціуму гумусоутворюючих мікроорганізмів у складі БП екстракон показала суттєве майже двократне зростання цих показників (табл. 1).

Таблиця 1

Площа листової поверхні і фотосинтетичний потенціал посівів за дії БП екстракон у ризосфері рослин пшениці ярої сорту Печерянка

Варіанти	Площа листової поверхні, тис. м <sup>2</sup> /га		
	кущіння	вихід в трубку	Колосіння
Контроль (без обробки)	5,7	11,5	15,9
БП Екстракон	18,8	25,6	61,4
Фотосинтетичний потенціал, тис. м <sup>2</sup> /га			
Контроль (без обробки)	141,949	436,249	718,217
БП Екстракон	469,596	974,002	2763,549

Аналіз такого важливого елемента продуктивності пшениці як маса 1000 зерен показав його зростання на 26,3 % у рослин пшениці за дії БП екстракон у ризосфері рослин (рис. 3).

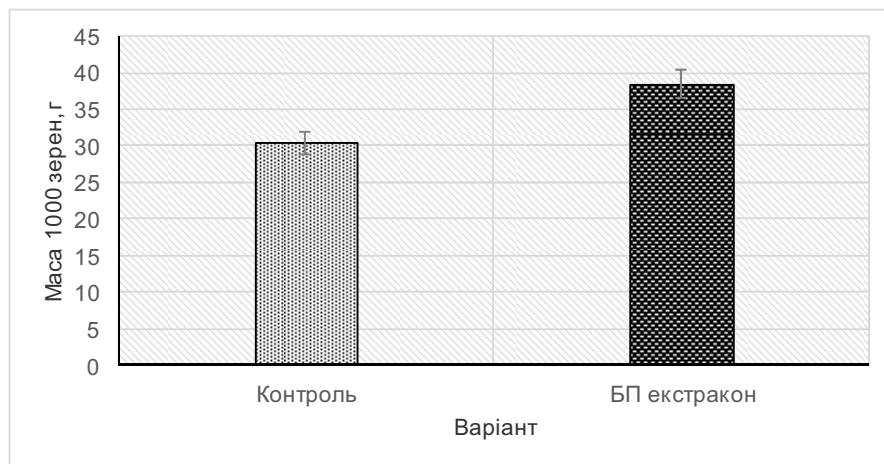


Рис. 3. Маса 1000 зерен (г) за дії БП екстракон у ризосфері рослин пшениці ярої сорту Печерянка.

### Висновки

Отже, передпосівне внесення у ґрунт консорціуму ґрунтоутворюючих мікроорганізмів у складі БП екстракон сприяє стимуляції фотосинтетичної активності листків і накопиченню біомаси та суттєвому зростанню площі листової поверхні і фотосинтетичного потенціалу дослідних рослин, що призводить до збільшення маси 1000 зерен за покращення функціональної активності фотосинтетичного апарату й «індексу адаптивності» рослин пшениці ярої.

1. Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality/ ed. B. Y. Shimshon. — USA.:CRC Press, 2005. — 552 p.
2. FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) — Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy, 2015.— 608 p.
3. Montanarella L., Pennock D. J., McKenzie N. et al. World's soils are under threat/ L. Montanarella, D. J. Pennock, N. McKenzie [ et al.]/ Soil. — 2016. — № 2. — P. 79—82, [www.soil-journal.net/2/79/2016/](http://www.soil-journal.net/2/79/2016/) doi: 10.5194/soil-2-79-2016
4. Averett N. Healthy Ground, Healthy Atmosphere: Recarbonizing the Earth's Soils/ N. Averett // Environ Health Perspect. — 2016. — 124 (2). — A30—35. doi: 10.1289/ehp.124-A30
5. Гадзало Я.М. Агробиологія ризосфери рослин / Я.М. Гадзало, Н.В. Патька, А.С. Заришняк. — Київ: Аграрна наука, 2015. — 386 с.
6. Pan I. Composting of common organic wastes using microbial inoculants. Biotech/ I. Pan, B. Dam, S. K. Sen. — 2012. — 2 (2). — 127—134. doi: 10.1007/s13205-
7. Patyka N.V. Rhizospheric trophic chain: the role and stability in soil processes and ecosystems/ Patyka N.V., Bublik N.A., Patyka T.I., Kitaev O.I. // Вестн. Волгоград. Гос. Ун-та. — 2014. — Сер. 10. — № 5 (14). — С. 62—67.
8. Kumar B. L. Effective role of indigenous microorganisms for sustainable environment/ B. L. Kumar, D. V. R. Sai Gopal // Biotech. — 2015. — 5 (6). — P. 867—876. doi: 10.1007/s13205-015-0293-6
9. Rashid M.I. Bacteria and fungi can contribute to nutrients bioavailability and aggregate formation in degraded soils/ M.I. Rashid, L.H. Mujawar, T. Shahzad, T. Almeelbi, I.M. Ismail, M. Oves // Microbiol Res. — 2016. — 183. — P. 26-41. doi: 10.1016/j.micres.2015.11.007.
10. Mahanty T. Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development/ T. Mahanty, S. Bhattacharjee, M. Goswami, P. Bhattacharyya, B. Das, A. Ghosh, P. Tribedi // Environ Sci Pollut Res Int. 2017— 24 (4). — P.3315-3335. doi: 10.1007/s11356-016-8104-0.
11. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу: Методичні вказівки для студентів біологічного факультету/ О.В. Брайон, Д.Ю. Корнеєв, О.О. Снегур, О.І. Китаєв. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. — 15 с.
12. Портативний флуорометр «Флоротест»: настанова з експлуатації. — Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, 2013. — 24 с.
13. Корнеєв Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д.Ю. Корнеєв. — Киев: Альтерпрес, 2002. —191 с.
14. Stirbet A. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. / A. Stirbet, Govindjee. // J. Photochem. and Photobiol. In: Biology. —2011. —104. — (1-2). — P. 236—257. doi:10.1016/j.jphotobiol.2010.12.010.
15. Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis/ ed. Papageorgiou GC, Govindjee. — Netherlands: Springer, 2004. — 793 p. <http://www.springer.com/gp/book/9781402032172#>
16. Nesterenko T. V. Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Age Dependent Changes in Photosynthetic Apparatus of Wheat Leaves/ T. V. Nesterenko, V. N. Shikhov, A. A. Tikhomirov // Russ J Plant Physiol. — 2015. — 62. — 307 p. <https://doi.org/10.1134/S1021443715020144>
17. Pandey J. K. Laser-induced chlorophyll fluorescence and reflectance spectroscopy of cadmium treated *Triticum aestivum* L. / J. K. Pandey, R.Gopal// Plants Spectroscopy. — 2011. — 26. — P. 129—139 <http://dx.doi.org/10.3233/SPE-2011-0530>
18. Євтушенко Ю.В. Діагностика функціонального стану фотосинтетичного апарату *Aesculus carnea* наупе методом індукції флуоресценції хлорофілу / Ю. В. Євтушенко, С. Б. Ковалевський, О. І. Китаєв // Лісове і садово-паркове господарство. — 2016. — № 10. — Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos\\_2016\\_10\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgos_2016_10_5)
19. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії/ [В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, П.В. Костогриз, В.П. Опришко]; за ред. Єщенка В.О. — Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2014. — 332 с.
20. Городній М.М. Агрохімічний аналіз: підручник/ [М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін.]; за ред. М.М. Городнього. — [2-ге видання]. — К.: Арістей, 2005. — 476 с.
21. Антал Т.В. Площа листової поверхні та фотосинтетична діяльність посівів пшениці твердої ярої / Т. В. Антал // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Агрономія. — 2013. — Вип. 183(2). — С. 25—28.
22. Грицаєнко З.М. Інтенсивність дихання рослин і продуктивність фотосинтезу пшениці ярої залежно від дії гербіциду і рістрегулятора / З. М. Грицаєнко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — 2010. — № 2. — С. 21—23.

23. Свідерко М.С. Фотосинтетична продуктивність рослин озимої пшениці залежно від строків сівби й умов живлення/ М.С. Свідерко, А.М. Шувар, Л.Ю. Ткаченко, О.Ф. Тимчишин, Л.Л. Беген, М.Ю. Тимків //Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. — 2015. —Вип. 58 (II). — С. 90—97.
24. Черенков А. В. Урожайність і якість зерна озимої пшениці залежно від попередника та мінерального живлення в умовах Присивашся/ А.В. Черенков, І.І. Гасанова, І.В. Костиця, М.А. Остапенко // Бюлетень Інституту зернового господарства. — 2010. — № 38. — С. 46—51. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2010\\_38\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2010_38_11)
25. Рожков А.О. Показники фотосинтетичного потенціалу пшениці твердої ярої залежно від впливу позакореневих підживлень і способів сівби / А.О. Рожков, М.А. Бобро //Вісник ХНАУ. — 2014. — № 2. — С. 5—19.

*H. B. Huliaieva*

Institute of Microbiology and Virology NASU, Ukraine

PHOTOCHEMICAL ACTIVITY AND PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF SPRING WHEATS UNDER THE INFLUENCE OF HUMUS-FORMING MICROORGANISMS

It has been established, that presowing application of consortium of soil-forming microorganisms in the field conditions stimulation of photosynthetic activity of leaves and accumulation of biomass. This lead to significant growth of the leaf surface area and photosynthetic potential of experimental plants, and hence to an increase in the mass of 1000 grains as a result of improving the functional activity of photosynthetic apparatus of spring wheat Pecheryanka plants.

*Key words: Triticum aestivum L, consortium of humus-forming microorganisms, photosynthetic potential, chlorophyll a fluorescence induction, productivity*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 18.07.2018

УДК 591.05: 597.556. 331.1(591.11:591.044)

Ю. О. КОВАЛЕНКО\*, О. С. ПОТРОХОВ, О. Г. ЗІНЬКОВСЬКИЙ

Інститут гідробіології НАН України  
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

**ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РЕАКЦІЇ ГІРЧАКА ЗВИЧАЙНОГО НА ХРОНІЧНУ ДІЮ КАЛІЮ ДИХРОМАТУ**

У представленій роботі наведені результати модельних експериментів з визначення особливостей токсикорезистентності гірчака до дії референтного токсиканту (калію дихромату) за біохімічними показниками, а саме вмістом кортизолу, тироксину, глюкози, активності лактатдегідрогенази, сукцинатдегідрогенази та лужної фосфатази у крові та тканинах риб. При дослідженні обрані такі концентрації калію дихромату: 2,5; 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>. Встановлено, що за дії дослідженого токсиканту риби гинуть у декілька етапів: спочатку від токсичного шоку (за першу добу при концентрації 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup>), а потім від накопичення токсиканту органами та тканинами риб (на 9-ту та 11-ту добу, при менших його концентраціях у воді). Відмічене зменшення рівня глюкози за концентрацій 2,5; 5,0 та 10,0 мг/дм<sup>3</sup> на 10, 7 та 3%, що пов'язано з її інтенсивним використанням як легкодоступної енергоємної сполуки. Проте, за максимальної концентрації токсиканту (20,0 мг/дм<sup>3</sup>) рівень глюкози зростає щодо до контролю на 18%. Також за концентрації калію дихромату 2,5; 5,0; 10,0 та 20,0 мг/дм<sup>3</sup> збільшується рівень кортизолу у плазмі крові у 1,4; 1,79; 2,0 та 1,8 разів. Разом з тим вміст тироксину у всіх піддослідних групах істотно не змінювався. Найвища