

УДК 635.8:631.872

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.28>

## МОДУЛЯЦІЯ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК ВІДПРАЦЬОВАНИХ СУБСТРАТІВ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ В БІОГУМУС ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТУ «ЕКСТРАКОН»

**Іванова Т.В.** – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екобіотехнології та біорізноманіття,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Патика М.В.** – д.с.-г.н., член-кореспондент

Національної академії аграрних наук України,

завідувач кафедри екобіотехнології та біорізноманіття,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

*Мета статті* – дослідити системну дію модуляції органічних сполук та формування рослинно-мікробних асоціацій під час застосування біопрепарату «Екстракон» на відпрацьованих субстратах гливи звичайної. *Методи* – мікробіологічні (метод внесення препаратів для деструкції сільськогосподарських залишків, отримання чистої культури, вивчення культуральних властивостей колоній), отримання водних витяжок із субстратів, метод «рулонів», біохімічні (визначення індукції флуоресценції хлорофілу листків), статистичні (площа листової поверхні, метод висічок). *У процесі застосування екстрактів із відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла модельного об'єкта пшениці м'якої озимої сорту «Смуглянка» більша на 24,2%, а довжина коріння на 4% більша порівняно з контролем. У процесі використання екстракту ферментованого «Екстраконом» відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла рослин більша на 10,6%, довжина кореневої системи – на 34,8%. Суха маса проростків пшениці збільшилася і становила на 20,6% вище порівняно з контролем. У процесі застосування ферментованого «Екстраконом» відпрацьованого субстрату гливи звичайної в модельних рослин збільшується площа кореневої системи. Використання «Екстракону» у відпрацьованому субстраті гливи звичайної активізує всю корисну мікрофлору, яка якісно трансформує всі його складові частини. Запропоновано застосування біопрепарату «Екстракон» на відпрацьованих субстратах гливи звичайної для ферментації та їх модуляції в біодобриво. Використання традиційних органічних добрив із додаванням нових сприятиме поверненню органічної речовини в біологічний кругообіг та підвищенню морфометричних змін кореневої системи рослин сільськогосподарських культур. Як перспективу подальших досліджень запропоновано використання препарату у вигляді трансформатора у процесі біоконверсії на використаних субстратах шийтаке й інших істотних грибів у промисловому виробництві.*

**Ключові слова:** модуляція органічних сполук, субстрат гливи звичайної, біоґумус, грибовництво, біопрепарат «Екстракон».

### ***Ivanova T.V., Patyka M.V. Modulation of organic compounds of spent fungus of a common fungus in biohumus when using an extracone biopreparation***

*Purpose.* To study the systemic effect of the modulation of organic compounds and the formation of plant-microbial associations when using the Extrakon biological product on the spent substrates of oyster mushroom. *Methods.* Microbiological (the method of introducing preparations for the destruction of agricultural residues, obtaining a pure culture, studying the cultural properties of colonies), obtaining water extracts from substrates, the method of "rolls", biochemical (determining the induction of fluorescence of chlorophyll leaves), statistical (sheet surface area, the method of the temporal). *Results.* When using extracts from the spent substrate of oyster mushroom ordinary, the stem length of the model object of the wheat of the soft winter variety "Smuglyanka" is 24.2% longer, and the root length is 4% longer compared to the control. When using the extract of the fermented "Extrakon" spent oyster mushroom ordinary, the stem length of the plants is 10.6% longer, the root system is longer by 34.8%. The dry weight of wheat seedlings increased and amounted to 20.6% higher in comparison with the control. With the use of the waste substrate of oyster mushroom ordinary in model plants, fermented by Extrakon,

*the area of the root system increases. The use of Extrakon in the spent substrate of oyster mushroom ordinary activates all the beneficial microflora, which qualitatively transforms all its components. Conclusoins. The use of the biological product Extrakon on the used substrates of oyster mushroom for fermentation and their modulation into biofertilizer is proposed. The use of traditional organic fertilizers with the addition of new ones will help return organic matter to the biological cycle and will increase morphometric changes in the root system of agricultural plants. As a prospect for further research, the use of the drug in the form of a transformer for bioconversion on the used substrates of shiitake and other edible mushrooms in industrial production is proposed.*

**Key words:** modulation of organic compounds, oyster mushroom substrate, biohumus, mushroom growing, biological product Extrakon.

**Постановка проблеми.** Одним з основних етапів культивування грибів є утилізація відпрацьованих субстратів. Відомі кілька способів утилізації відходів грибовництва. Оскільки субстрат гливи складається з рослинної маси (соломи), спалювання є найбільш простим і ефективним способом утилізації відпрацьованих субстратів. Недоліком цього методу є висока вологість субстрату, яка унеможливує цей процес. Є універсальні подрібнювачі для компосту, які дадуть змогу утилізувати відпрацьований субстрат гливи звичайної, перетворити його на екологічно чисте паливо (гранули або брикети), але використовувати цей продукт переробки як органічне добриво неможливо.

Утилізувати відпрацьований субстрат гливи звичайної можна шляхом використання як кормової добавки до раціону птиці, свиней та ВРХ [1]. Відомий спосіб утилізації субстрату гливи для отримання кормопродукту і біогумусу за допомогою ентомологічної біотехнологічної переробки, де з метою утилізації використовують личинки мух Чорна львінка (*Hermetia illucens*, L.) [2]. Недоліком цього методу є тривалий період трансформації, висока температура для протікання цього процесу та неповна трансформація щодо ферментації за допомогою консорціуму ґрунтових мікроорганізмів. Найголовнішим способом утилізації відходів грибовництва є його використання як органічного добрива у процесі вирощування сільськогосподарських культур.

В основу досліджу поставлена задача вдосконалення способу модуляції відпрацьованого субстрату гливи звичайної в біогумус шляхом застосування мультифункціонального біологічного препарату «Екстракон» [3; 4].

Одним із головних шляхів трансформації відпрацьованого грибного субстрату гливи є його застосування як підживлювача, як сировина для отримання біопалива, як середовище для виробництва вермикультури, на водно-болотних угіддях для відновлення забруднених вод, у стабілізації сильно порушених ґрунтів, у біоремедіації забруднених ґрунтів та як інгредієнта для вирощуванні інших видів грибів [5–7].

**Постановка завдання. Мета досліджень** – провести дослідження впливу біопрепарату «Екстракон» на основі консорціуму ґрунтових мікроорганізмів на відпрацьовані субстрати як основи повернення субстратів в екологічно безпечну форму в біологічний кругообіг у вигляді добрива.

Дослідження проводили на кафедрі екобіотехнології та біорізноманіття Національного університету біоресурсів і природокористування України впродовж 2015–2019 рр. Матеріал для досліджень відбирали в грибних господарствах Броварського і Києво-Святошинського районів Київської області.

Об'єкт дослідження – відпрацьований субстрат гливи звичайної. З метою трансформації субстрату застосовували поліфункціональний біологічний препарат «Екстракон» вітчизняного виробництва, агентами якого є природний кон-

сорціум ґрунтових целюлозоруйнівних бактерій і мікроміцетів (*Sporocytophaga mixococcoides*, *Sorangium cellulosum*, *Cellvibrio mixtus*, *Trichoderma viridae spp.*) та гетеротрофні представники *Pseudomonas spp.* та *Bacillus spp.* Біопрепарат у вигляді гомогенної сухої форми вносили в попередньо зволожений відпрацьований субстрат (вологість до 60–70%) у відношенні 10:1, добре перемішували та залишали в термостаті на 7–10 діб. У цей час завдяки активізації біоагентів препарату відбувається трансформація рослинних залишків без гнилісних процесів [7; 8]. Як модельний об'єкт у дослідженнях використали пшеницю м'яку озиму сорту «Смуглянка», внесеного до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2019 р. Водні екстракти з відпрацьованого субстрату гливи звичайної готували за класичною методикою. Для їх отримання субстрат заливали водою, протягом 10 хвилин суспензію добре перемішували, залишали для відстоювання. Отриману витяжку з відпрацьованого субстрату гливи звичайної фільтрували [9].

Насіння пшениці озимої стерилізували розчином  $\text{KMnO}_4$ . Простерилізоване насіння пшениці розміщували на фільтрувальний папір, використовуючи метод рулонів (чашки Петрі по 5–6 рулонів у кількох повтореннях). Попередньо отримані екстракти з субстратів вносили в чашки Петрі з насінням по 10 мл у кожен. Як контроль обрано насіння зі звичайною водою. Через 16 діб після внесення насіння пшениці озимої на середовища водних витяжок із відпрацьованого субстрату гливи звичайної нами був проведений облік біометричних параметрів [10].

Для визначення фізіологічних показників росту і розвитку рослин (індукції флуоресценції хлорофілу) використаний вітчизняний прилад «Флоратест» [11].

Отримані результати вимірювання переносяться на персональний комп'ютер, за допомогою програмного засобу Microsoft Office Excel будують криві ІФХ контролю та досліджуваних зразків та порівнюють їх.

На початку робіт нами розроблено схему досліду. Через 16 діб після внесення насіння пшениці озимої на середовища водних витяжок із відпрацьованого субстрату гливи звичайної ми провели облік ростових параметрів для порівняння.

Для статистичної обробки отриманих даних використовували програмне забезпечення Microsoft Office Excel.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Показниками високих морфологічних потенційних можливостей, від яких залежить продуктивність сільськогосподарських культур, є величина органів фотосинтезу, стан кореневої системи. Застосування біопрепарату «Екстракон» у відпрацьованих субстратах продемонструвало позитивний вплив на біометричні показники рослин пшениці. Результати вимірювань наведені в діаграмах (рис. 1, 2).

Встановлено, що у процесі застосування екстракту з відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина коріння на 6% довша порівняно з контролем, найбільше значення спостерігається у першому варіанті середніх даних, яке становить 181 мм. За використання екстракту з ферментованого «Екстраконом» відпрацьованого субстрату гливи звичайної показник довжини коріння порівняно з контролем вищий на 36%, найбільше значення довжини коріння спостерігається у першому варіанті і становить 221 мм. Завдяки збільшенню кореневої системи зростає площа живлення рослин. Біопрепарат «Екстракон» розрахований для внесення в ґрунт, тому і активізується корисна мікрофлора ґрунту, яка трансформує компоненти субстрату гливи, які поглинаються рослинами та ефективно впливають на живлення кореневої системи рослин.

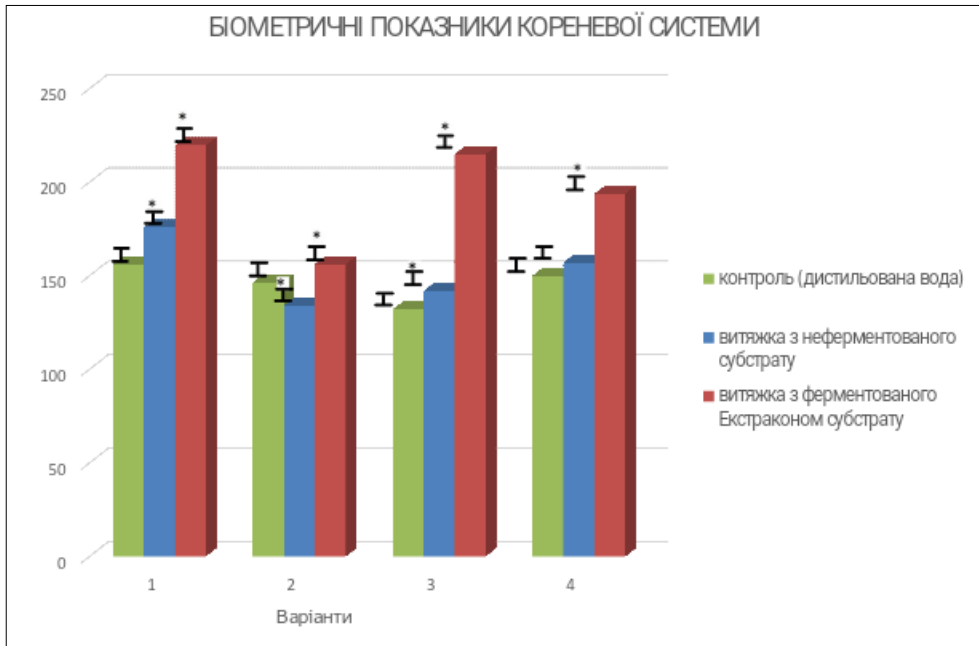


Рис. 1. Біометричні показники росту кореневої системи пшениці

Примітка: \* –  $P \leq 0,05$  порівняно з контролем

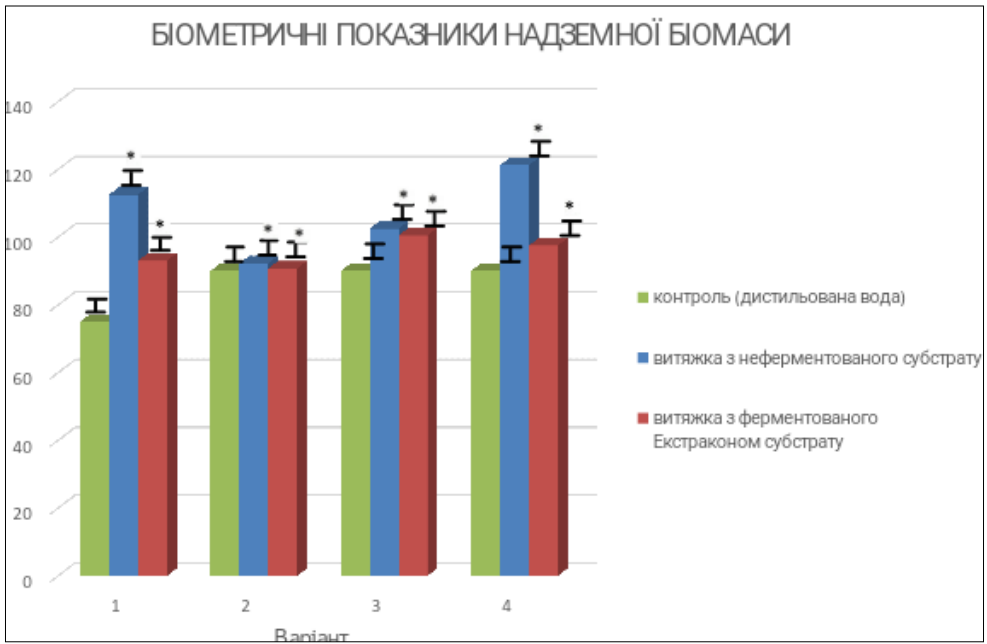


Рис. 2. Біометричні показники росту стебла пшениці

Примітка: \* –  $P \leq 0,05$  порівняно з контролем

Згідно з даними, зазначеними на рис. 2, у процесі використання екстракту з відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла модельного об'єкта більша на 25% порівняно з контролем, при цьому найбільше значення довжини стебла спостерігається в 4 варіанті і становить 122 мм. У процесі використання екстракту з ферментованого «Екстраконом» відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла модельного об'єкта більша за контроль на 11%, найбільше значення довжини стебла спостерігається у третій повторності 102 мм. Варто зазначити, що початок вегетації рослин більшою мірою пов'язаний з якістю посівного матеріалу, але завдяки формуванню рослинно-мікробних систем дає змогу якісно формувати онтогенез рослин та його фізіологічні процеси за рахунок агрономічно-цінних мікроорганізмів, що підтверджується розвитком кореневої системи в разі застосування біопрепарату «Екстракон».

З огляду на отримані дані щодо визначення сухої маси, найбільша маса проростків пшениці була на 21% вища за контроль і визначена у варіанті з використанням екстракту з ферментованого «Екстраконом» субстрату. Це свідчить про те, що використання екстракту з відпрацьованого субстрату, ферментованого біопрепаратом «Екстракон», сприяє кращому розвитку проростків загалом.

Метод індукції флуоресценції хлорофілу досить зручний для використання завдяки своїй експрес-ідентифікації та може використовуватися в різних умовах, у тому числі польових. Це дає змогу діагностувати функціональний стан рослини в реальному часі. Основою для такого використання є тісний зворотний зв'язок між інтенсивністю флуоресценції хлорофілу і фотосинтетичними реакціями. Так, за фізіологічними ростовими показниками рослин пшениці, отриманими після вимірювання індукції флуоресценції хлорофілу, була побудована крива індукції флуоресценції хлорофілу Каутського (рис. 3), яка показує залежність інтенсивності флуоресценції та інших фізіологічних процесів рослин у варіантах досліджу.

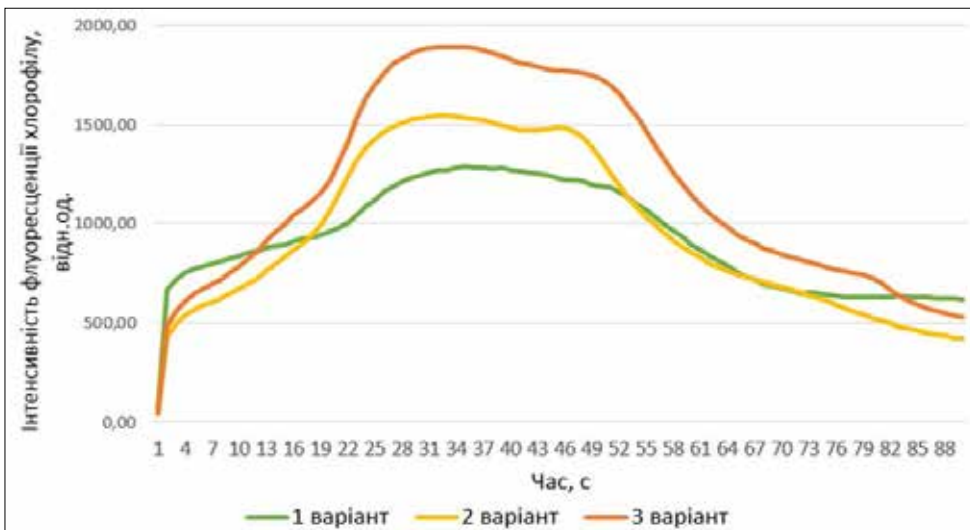


Рис. 3. Індукційні зміни кривих флуоресценції хлорофілу листків пшениці озимої: 1 варіант – контроль (дистильована вода); 2 варіант – екстракт із неферментованого субстрату; 3 варіант – екстракт із ферментованого «Екстраконом» субстрату

Зовнішній вигляд цієї кривої часової залежності концентрації флуоресценції хлорофілу чутливий до змін, які відбуваються у фотосинтетичному апараті рослин. У разі адаптації до різних умов субстрату поширення отримав ефект Каутського під час досліджень фотосинтезу. Зазначено, що максимальний вміст хлорофілу та інтенсивність фотосинтезу спостерігаються у третьому зразку пшениці озимої, на середовищі екстракту ферментованого «Екстраконом» субстрату. До складу препарату входять мікроскопічні бактерії та гриби, які володіють комплексом корисних в агрономічному аспекті властивостей. Гриби *Trichoderma* є активними целюлозоруйнівними біоагентами, які мають здатність до розкладання рослинних решток. Вони виділяють комплекс целюлозолітичних ферментів, які починають розкладання соломи одразу після внесення препарату та протягом всього періоду існування мікроміцетів у ґрунті. Істотною перевагою роду *Trichoderma* є їхня фунгіцидна активність, що забезпечує знезараження рослинних решток. Бактеріальна складова частина препарату представлена бактеріями *Pseudomonas*. Ці мікроорганізми є промоторами корисної мікрофлори субстрату за рахунок синтезу значної кількості біологічно активних сполук, таких як ферменти, фітогормони, вітаміни та речовини антибіотичної природи, які пригнічують розвиток фітопатогенів.

Комплексна робота бактерій та мікроміцетів, що входять до складу препарату, дає змогу прискорити процеси розкладання органічних решток, залишаючи в субстраті вуглець та азот рослинного походження. «Екстракон» покращує фітосанітарний стан субстрату загалом шляхом ефективної конкуренції з фітопатогенною мікрофлорою та підвищує модуляцію субстрату. Завдяки своїй мультифункціональності «Екстракон» сприяє росту і розвитку культурних рослин, що дуже важливо на початкових стадіях.

**Висновки і пропозиції.** Отримані результати досліджень показали, що у процесі використання екстракту з відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла модельного об'єкта більша на 25%, а довжина коріння на 6% більша порівняно з контролем. У процесі використання екстракту з ферментованого «Екстраконом» відпрацьованого субстрату гливи звичайної довжина стебла рослин більша на 11%, довжина коріння більша на 36%, а суха маса проростків пшениці більша на 21% порівняно з контролем. У процесі застосування біопрепарату «Екстракон» із відпрацьованим субстратом гливи в рослин пшениці збільшується площа кореневої системи, завдяки цьому зростає і площа живлення. Як нам відомо, наш препарат розрахований для внесення у ґрунт. За його використання активізується корисна мікрофлора ґрунту, що трансформує складники субстрату, які легше поглинаються рослинами та позитивно впливають на процеси живлення. Застосування біопрепарату «Екстракон» для ферментації відпрацьованих субстратів гливи звичайної дає змогу отримати органічні добрива, які сприяють активізації росту та розвитку агрокультур. Завдяки формуванню ефективних систем із мікроорганізмами органічні речовини повертаються в біологічний кругообіг.

Безперечною перевагою застосування препарату на використаних субстратах є покращення фітосанітарного стану доквілля, стимуляція природного розкладання органічних решток, збагачення їх природним вуглецем та азотом та підвищення активності корисної мікрофлори із збільшення продуктивності послідовних культур на 10–30%.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Гайденко О.М. Біоконверсія соломи із виробництвом гливи звичайної. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. Кіровоград : КНТУ, 2006. Вип. 17. С. 95–99.
2. Li T., Zhang C., Yang K.-L., He J. Unique genetic cassettes in a Thermoanaerobacterium contribute to simultaneous conversion of cellulose and monosugars into butanol. *Sci. Adv.* 4. : 2018.
3. Пат. № 115917. МПК (2017. 01) Спосіб утилізації відходів грибного виробництва з отриманням кормопродукту і біогумусу. В.Г. Спиридонов, С.Д. Мельничук, заявник і патентовласник В.Г. Спиридонов, С.Д. Мельничук. № 115917 заявл. 22.12.16 ; опубл. 25.04.2017. 5 с.
4. Пат. № 134560 Україна, МПК (2019. 01) Спосіб трансформації органічних речовин печеричних субстратів в біогумус. Т.В. Іванова, М.В. Патица, К.О. Підмаркова; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. № 134560; заявл. 21.12.18; опубл. 27.05.2019. 9 с.
5. Rinker D. L. Handling and using “spent” mushroom substrate around the world. *Proceedings of the Fourth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products.*: 2002, P. 43–60.
6. Іванова Т.В. Біотехнологія їстівних грибів. *Компринт* : 2018 (2). 165 с.
7. Sanguinetti M. Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life. *International Journal of Microbiology*. 2015; 2015: 376387: DOI: 10.1155/2015/376387
8. Pereira I. V., Ivanova T. V. Stimulation of growth of species of the fungus of the genus *Pleurotus* (Fr.) P. Kumm. at a glucose nutrition. *Biotechnologia Acta*. 2017. Vol. 10, No. 6. P 45–52. DOI: 10.15407/biotech10.06.045
9. Круглов Ю.В., Бердников А.М., та ін. Роль *Linum usitatissimum* L. у формуванні мікробних угруповань підзолистих ґрунтів. *Мікробіологічний журнал*. 2008. № 70 (1). С. 59–70.
10. Орлова О.В., Воробйова Н.І., Свиридова О.В. Склад та функціонування мікробних угруповань при розкладанні соломи злаків у дерново-підзолистому ґрунті. *Сільськогосподарська біологія*. 2015. № 50 (3). С. 305–314.
11. Брайон О.В. Інструментальне вивчення фотосинтетичного апарату за допомогою індукції флуоресценції хлорофілу : Методичні вказівки для студентів біологічного факультету. Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2000. 15 с.