

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОСТОВИХ ПРОЦЕСІВ *TRITICUM DURUM DEST.* НА ГРАДІЄНТІ КОНЦЕНТРАЦІЇ ФОРМАЛЬДЕГІДУ У МІКРОКОСМНИХ МОДЕЛЯХ

**Анотація.** Проаналізовано вплив формальдегіду на ростові процеси *Triticum durum Dest.* Відмічено інгібуючий вплив формальдегіду на ростові процеси пшениці. Показана обернена залежність приросту колеоптилів від концентрації формальдегіду. Значення концентрації, при якій приріст колеоптилів зменшується на 50% порівняно з контролем ( $EC_{50}$ ) становить 0.875 ГДК.

**Ключові слова:** колеоптилі, *Triticum durum Dest.*, формальдегід

Високі концентрації формальдегіду в повітрі великих міст останнім часом стають серйозною проблемою. Формальдегід є одним з найвідоміших забруднювачів атмосферного повітря і складовою атмосфери. Основним антропогенним джерелом формальдегіду в повітрі вважають автомобільний транспорт. Крім того, формальдегід утворюється внаслідок фотохімічних реакцій і процесів перетворення органічних сполук ( $CH_4$ ,  $CH_3OH$ ,  $HCO_2H$ ,  $CH_4-xCl_x$  та ін.), які забруднюють атмосферу [9, 11-14].

Каліфорнійське природоохоронне агентство (Cal/EPA) ідентифікувало формальдегід як токсичну забруднювальну речовину. Міжнародне агентство дослідження раку виявило, що формальдегід має канцерогенний вплив на людей та тварин. Фахівці Агентства із захисту навколишнього середовища США (U.S. EPA) на основі серії дослідів на щурах з виявленням раку *pars nasalis pharyngis* класифікували формальдегід як ймовірний канцероген для людини та розраховали для нього потенційний фактор канцерогенності, який використовується в розрахунках ризиків впливу довкілля на організм людини. Вплив формальдегіду на рослини маловивчений.

Відомо, що зернові культури впродовж життєвого циклу зазнають впливу різноманітних умов, які діють як сприятливо, так і негативно на життєві функції організму та його продуктивність. Здатність переносити несприятливі умови залежить від того, за яких умов формувалася рослина, а також від глибини та тривалості впливу окремих факторів та їх поєднань. У період до появи сходів проростки особливо чутливі до зміни навколишнього середовища. Так, сильна дія стресових факторів на рослину у цей період призводить до утворення аномалій розвитку та видозмін.

Визначення токсичності формальдегіду за допомогою колеоптилів *Triticum durum Dest.* здійснювали у мікрокосмах-культиваторах. Обробку формальдегідом – методом «обкурювання». Підготовка рослинного матеріалу проводилась за стандартною методикою [3]; енергію проростання та схожість, згідно з ДСТУ 4138-2002 [1]. Враховували кількість пророслих насінин і вимірювали корінці [7]. Концентрації формальдегіду вибирали на основі літературних даних, виходячи з значень ГДК для рослин. Алгоритм дослідження представлено на схемі (рис. 1).

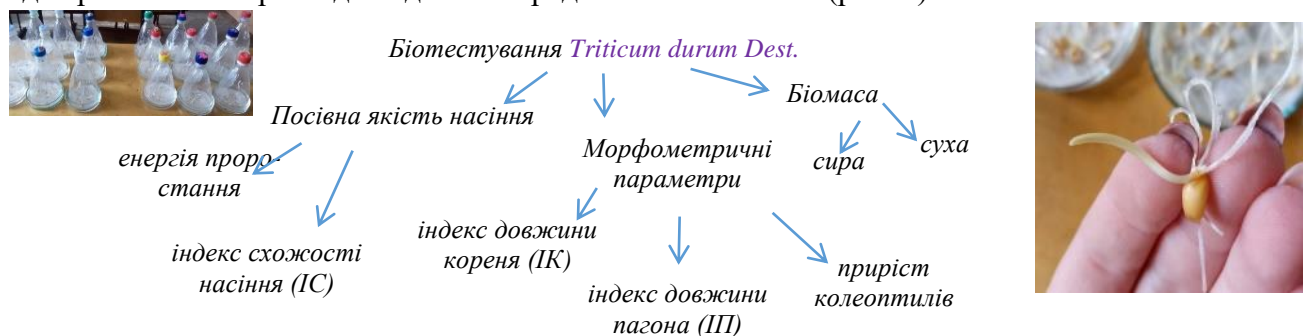


Рис. 1. Алгоритм дослідження

Інтегральним кількісним показником морфо-функціональних змін біотестора слугував індекс проростання насіння (ІПН), який розраховували за формулою [2]. Математичну обробку проводи-

ли варіаційно-статистичним методом. Всі розрахунки проводили за допомогою редактора MS Excel 2007.

За впливу формальдегіду у концентрації 0,5 ГДК спостерігається незначне стимулювання їх приросту (на 28,7 %) порівняно з контролем, за впливу 2 ГДК – достовірне пригнічення на 26,1 %. За результатами тесту Шапіро-Вілка встановлено, що за впливу концентрації 1,5 ГДК (stat=0.913, p=0.110), 0,5 ГДК (stat=0.906, p=0.064), ГДК (stat=0.905, p=0.062) та 2ГДК (stat=0.921, p=0.155) розподіл має нормальний характер тому ми не відкидаємо нульову гіпотезу.

Середні значення довжини колеоптилів на градієнті концентрації формальдегіду – 2,92 - 3,4 (рис. 2), що свідчить про помірні негативні ефекти на ріст. Дисперсія приросту колеоптилів за використання різних концентрацій речовини значно відрізняється, що може свідчити про неоднорідність ефектів, що відбуваються. Медіани зростання рослин нижчі, ніж середні значення, це може свідчити про те, що в деяких випадках різні концентрації речовини можуть мати негативний вплив на окремі рослини.

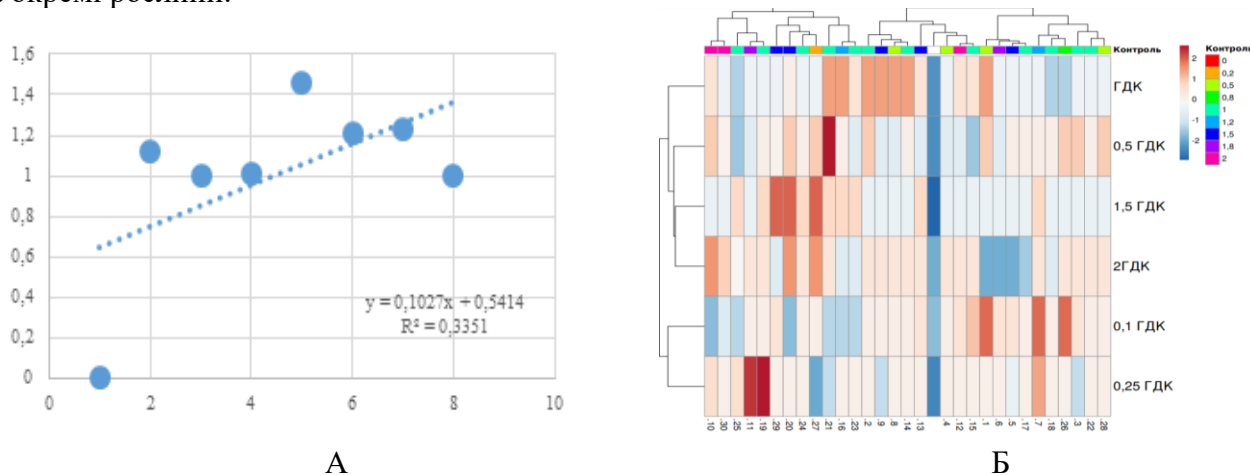


Рис. 2. Приріст колеоптилів (А), енергія проростання та індекс схожості (Б) *Triticum durum* Dest. на градієнті концентрації формальдегіду, %

На основі проведеного аналізу встановлено, що в усіх групах дослідження спостерігається проростання насіння. При цьому, максимальне проростання зафіксовано у групі 0,5 ГДК, а мінімальне – у групі 2 ГДК. Оцінка статистичної значущості (ANOVA) показала наявність статистично значимих різниць у середніх значеннях проростання між групами ( $F=22.6$ ,  $p<0.001$ ).

З літератури відомо, що температура прискорює гідроліз запасних речовин зернівки, дихання та накопичення сухої маси коренем і пагоном, що візуально відображається подовженням колеоптиля. Тому, можна припустити, що формальдегід також може стимулювати гідроліз запасних речовин. Виявлено пригнічення приросту колеоптиля *T. durum* на градієнті концентрації формальдегіду. Інгибування спостерігалось на 23-43% (рис. 3). Оцінка фітотоксичного ефекту за ростовим тестом показала середній та високий його рівень для всіх досліджених концентрацій. Повільний ріст злакових значною мірою залежить від біологічних особливостей насіння, зокрема енергії проростання [5]. Показник енергії проростання насіння до певної міри можна регулювати технологічними прийомами або підбором екологічних природних умов середовища. Насіння, яке швидко і дружно проростає, має високу енергію проростання, дає дружні сходи, які менше пригнічуються бур'янами і більш стійкі до несприятливих умов [10]. Схожість – найважливіший показник якості насіння, її визначають за кількістю нормальних проростків, які з'явилися через 7 діб пророщування [6].

Аналіз проростання насіння *T. durum* на градієнті концентрації формальдегіду показав інгибування як схожості, так і енергії проростання насіння даної культури за впливу всіх досліджених концентрацій. Найменший відсоток пророслого насіння (5,6 %) виявлено за концентрації формальдегіду, що відповідає гранично допустимій. За концентрації, що відповідає 1,5 ГДК – 11,3 %. Реакція насіння пшениці на концентрацію формальдегіду, що відповідає 0,1 ГДК та 2 ГДК виявилася практично однаковою –28,6 % та 30,3 %, відповідно. Найбільший відсоток проростання насіння (82,2) відмічено за впливу формальдегіду у концентрації 0,5 ГДК.

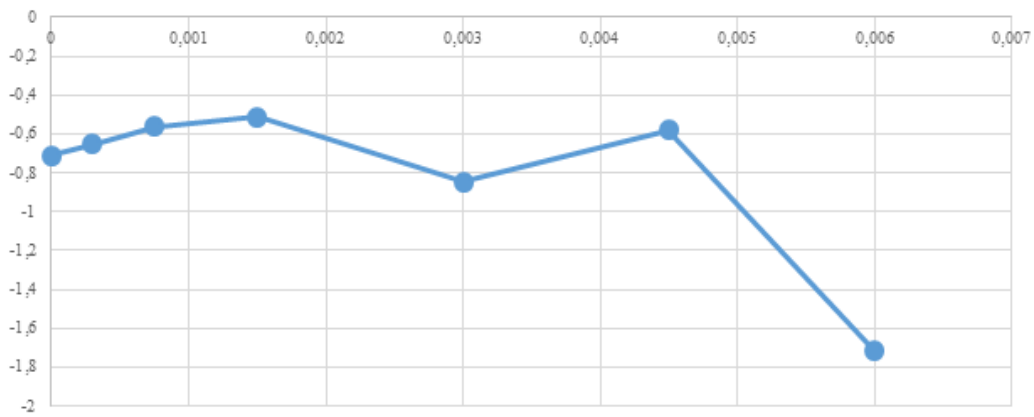


Рис. 3. Залежність приросту колеоптилів від концентрації формальдегіду

За допомогою регресії розрахували коефіцієнт ефективності ( $k_{\text{эф}}$ ). Коефіцієнти детермінації показують, що концентрація формальдегіду впливає на швидкість приросту колеоптилів. Значення концентрації, при якій приріст колеоптилів зменшується на 50% порівняно з контролем ( $EC_{50}$ ) становить 0.875 ГДК. Приріст колеоптилів зменшується зі збільшенням концентрації розчину формальдегіду. Коефіцієнт ефективності, що визначає наскільки швидко приріст колеоптилів змінюється залежно від концентрації розчину (збільшується зі збільшенням концентрації формальдегіду).

Всі досліджені концентрації формальдегіду стимулювали ріст кореня проростків у довжину (рис. 4). За впливу формальдегіду у концентрації 0,1 ГДК – на 221%, за впливу 1,5 ГДК – на 664%. Для з'ясування біологічних ефектів впливу формальдегіду проводили морфометричний аналіз коренів і пагонів проростків рослин-біотестерів з подальшим визначенням відповідних індексів. Показано інгібування росту пагона, натомість стимулювання росту коренів, на тлі збільшення сирової біомаси проростків за впливу формальдегіду у концентрації 0,25 ГДК, 0,5 ГДК та 1,5 ГДК. За концентрації на рівні 1 ГДК та 2 ГДК спостерігалось зменшення абсолютно сухої біомаси проростків.

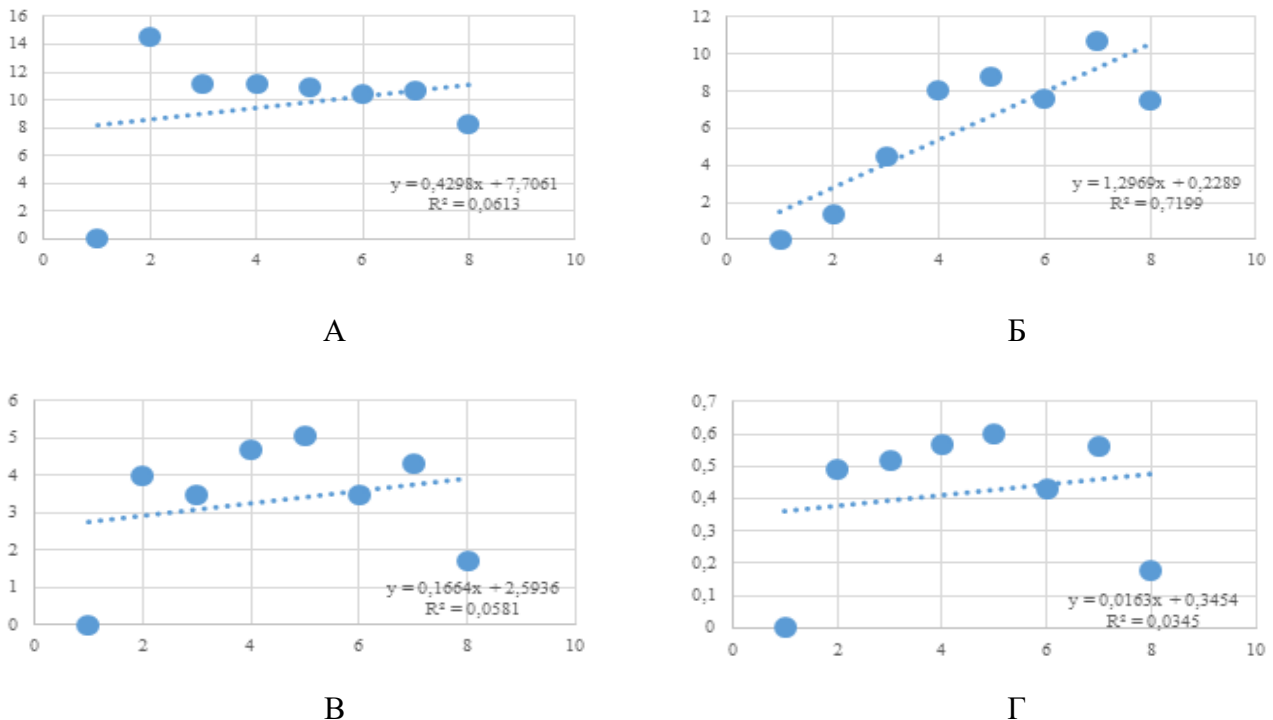


Рис. 4. Індекс пагона (А), індекс кореня (Б), сира біомаса (В), абсолютно суха біомаса (Г) проростків *T. durum* на градієнті концентрації формальдегіду, %

Відомо, що на початкових етапах росту проросток використовує запасні речовини сім'янки. До складу насіння входить вода та суха речовина, представлена органічними і мінеральними сполуками. Ріст є інтегральним показником функціонального стану рослини. Тому здатність інгібувати або стимулювати ростові процеси як на рівні організму, так і окремих органів можна розглядати як один з найінформативніших показників токсичності середовища чи окремих факторів впливу [4, 8].

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с. URL: [https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-4138\\_2002.pdf](https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-4138_2002.pdf) (дата звернення 30.03.2023)
2. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи / [Д. М. Гродзинський, Ю. В. Шиліна, Н. К. Куцоконь та ін.]. К.: Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
3. Колупаєв Ю. С. Стресові реакції рослин. Харків. 2001. 173 с.
4. Косаківська І.В. Стрес рослин: специфічні та неспецифічні реакції адаптаційного синдрому *Укр. бот. журн.* 1998. Т. 55, № 6. С. 584 – 587
5. Макрушин М.М., Макрушина Є.М. Насінництво. Сімферополь: ВД «Аріал». 2011. 476 с.
6. Насінництво й насіннезнавство польових культур / [за ред М. М. Гаврилюка]. Х., 2007. 214 с.
7. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Практикум із загальної екології Чернівці: вид-во ЧНУ, 2013. 248 с.
8. Сельський В.К., Канюк Х.І., Верста О.М., Волчовська-Козак О.Є., Миленька М.М. Вплив природних розсолів Передкарпатського гірського прогину на морфо-функціональні показники життя озимого (*Secale cereale* L.) та ячменю ярого (*Hordeum sativum* J.) *Вісник Прикарпатського нац. ун-ту імені Василя Стефаника. Серія Біологія.* Вип. XVII 2012. С. 217-221 URL: <http://lib.pnu.edu.ua/files/Visniki/visnyk-biolog-2012-17.pdf> (дата звернення 15.04.2023)
9. Шевченко О.Г., Кульбіда М.І., Сніжко С.І., Щербуха Л.С., Данілова Н.О. Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом *Український гідрометеорологічний журнал*, 2014, №14. С. 5-15 URL: [http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1224/1/uhmj\\_14\\_2014\\_5.pdf](http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/1224/1/uhmj_14_2014_5.pdf) (дата звернення 30.03.2023)
10. Шемавн'юв В. І., Ковалевська Н. І., Мороз В. В. Насінництво польових культур Дніпропетровськ, 2004. 230 с.
11. Boeniger M.F. Formate in urine as a biological indicator of formaldehyde exposure *Amer. Ind. Hyg. Assoc. Journal.* 1987. Vol. 48, № 11. P. 900-908.
12. Environmental Survey of Indoor Air Pollution by Formaldehyde (FA) in Kanazawa / K. Tazaki [et al.] *J. of Aerosol Research.* 2002. № 4. Vol. 17. P. 284-290.
13. IPCS: Environmental Health Criteria 89, Formaldehyde. Geneva: WHO, 1988. 219 p.
14. Kirschner P. Determination of aldehydes *Peak HP.* 1994. № 2. P. 7-10.

УДК 504.6:477.631

**Мудрак Г.В.**, к. г. н., доцент,

доцент кафедри екології

та охорони навколишнього середовища

Вінницького національного аграрного університету

**Коваль Іван Васильович**,

здобувач вищої освіти спеціальності 101 “Екологія”  
ступеня вищої освіти “Магістр”

КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”

#### ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТОВ “АГРАНА ФРУТ ЛУКА”

*Анотація.* В статті подана оцінка екологічного стану земельних ресурсів ТОВ “Агрона Фрут Лука” в межах Лука-Мелешківської сільської територіальної громади. Розглянуто еколого-географічну характеристику об'єкта досліджень, з'ясовано його особливості. Враховуючи інфор-