

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 8th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 27-29 листопада 2024 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2024

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., завідувач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету.

Члени редакційної колегії:

Кравець В.Г. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н;

Тур О.М. – доцент кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.;

Пригара І.О. – ст. викладач кафедри економіки та управління, к.е.н.

Збірник наукових праць VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 27 - 29 листопада 2024 року. – Суми : Сумський державний університет, 2024. – 242 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2024
© Сумський державний університет, 2024

**ВПЛИВ НОВИХ СИНТЕТИЧНИХ АЗАГЕТЕРОЦИКЛІЧНИХ СПОЛУК,
ПОХІДНИХ ТІЕНОПІРИМІДИНУ НА ФОТОСИНТЕЗ У РОСЛИН СОРГО
ЗЕРНОВОГО (*SORGHUM BICOLOR L.*)**

**В.А. Циганкова, В.М. Копіч, Н.М. Василенко, Я.В. Андрусевич, С.Г. Пільо
С.В. Попільніченко, В.С. Броварець**

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім.В.П. Кухаря НАН України
e-mail: vtasygankova@ukr.net

Резюме. Досліджено регуляторний ефект нових синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук, похідних тієнопіримідину на процес фотосинтезу у рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor L.*) сорту Одеське 202. Регуляторний ефект похідних тієнопіримідину, застосованих у концентрації 10^{-7} М, порівнювали з ефектом гормону рослин ауксину ІОК (1*H*-індол-3-оцтова кислота) та синтетичними регуляторами росту рослин, похідними натрієвої і калієвої солей 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину (Метіур і Каметур), застосованих в аналогічній концентрації. Встановлено, що похідні тієнопіримідину підвищують біосинтез фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а та б, а також каротиноїдів) в листках рослин сорго, порівняно з аналогічними показниками контрольних рослин. Запропоновано практичне застосування регуляторів росту Метіуру та Каметуру, а також найбільш біологічно активних синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину для підвищення процесу фотосинтезу у рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor L.*) сорту Одеське 202.

Ключові слова: сорго зернове, ауксин ІОК, регулятори росту Метіур та Каметур, похідні тієнопіримідину.

Вступ. Вельми актуальним питанням для аграрної галузі є пошук нових біологічно активних синтетичних сполук, які спроможні підвищувати біосинтез у листках рослин фотосинтетичних пігментів хлорофілів та каротиноїдів, які як відомо, відіграють ключову роль у фотосинтезі та фотозахисті рослин, а також забезпечують їх продуктивність [1, 2]. Відомо також, що рослинні пігменти каротиноїди, такі як каротин- β , каротин- α , лютеїн, зеаксантин, лікопін є важливими для організму людини біологічно активними сполуками, які знайшли практичне застосування як терапевтичні агенти для профілактики та лікування різних захворювань людини [3, 4].

На сьогодні проводиться пошук нових ефективних синтетичних сполук, серед похідних піримідину, що спроможні виявляти споріднений гормонам рослин ауксином та цитокінінам регуляторний ефект на ріст та розвиток рослин, а також підвищувати фотосинтетичні процеси у листках рослин. До цих класів сполук належать відомі регулятори росту рослин, похідні 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої та калієвої солей (Метіур та Каметур), які поліпшують ріст та розвиток зернових, зерно-бобових, овочевих та технічних культур і підвищують їх продуктивність [5 - 7].

Метою цієї роботи є вивчення впливу нових синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук, похідних тієнопіримідину на процес фотосинтезу у рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor L.*) сорту Одеське 202, вирощених у лабораторних умовах протягом періоду вегетації.

Матеріали та методи. Проводили порівняльний аналіз регуляторного ефекту похідних тієнопіримідину (сполук № 1 – 13): № 1 – 5-Феніл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=228,274, № 2 – 5-Феніл-3-(тетрагідрофуран-2-ілметил)-3*H*-

тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=312,393, № 3 – 3-Циклопентил-5-феніл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=296,394, № 4 – 5-Феніл-3-піридин-3-ілметил-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=319,388, № 5 – 3-[2-(4-Метоксифеніл)-етил]-5-феніл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=362,454, № 6 – 3-(2-Метоксиетил)-5-*p*-толіл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=300,382, № 7 – 3-(3-Метоксипропіл)-5-*p*-толіл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=314,409, № 8 – 6-Етил-2-меркапто-3-феніл-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=288,393, № 9 – (6-Етил-4-оксо-3-феніл-3,4-дигідротієно[2,3-*d*]піримідин-2-ілсульфаніл)оцтова кислота, MW=346,43, № 10 – 3-Бензил-5-метил-4-оксо-3,4-дигідротієно[2,3-*d*]піримідин-6-карбонова кислота, MW=300,339, № 11 – 5-Метил-4-оксо-3-піридин-4-ілметил-3,4-дигідротієно[2,3-*d*]піримідин-6-карбонова кислота, MW=301,326, № 12 – 5-(4-Хлорофеніл)-3-фуран-2-ілметил-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=342,806, № 13 – 3-Бензил-5-(4-хлорофеніл)-3*H*-тієно[2,3-*d*]піримідин-4-он, MW=352,845, з ефектом гормону рослин ауксину ІОК (1*H*-індол-3-оцтова кислота) та відомими регуляторами росту рослин, створеними в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України на основі похідних натрієвої і калієвої солей 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину (Метіур і Каметур), на процес фотосинтезу у рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* L.) сорту Одеське 202, вирощених у лабораторних умовах протягом періоду вегетації.

З цією метою, рослини сорго зернового (*Sorghum bicolor* L.) сорту Одеське 202, вирощували у лабораторних умовах протягом 4-х тижней у пластикових кюветах з перлітом, просоченим водними розчинами синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину у концентрації 10^{-7} М, або водними розчинами синтетичних регуляторів росту рослин Метіуру та Каметуру, або ауксину ІОК у аналогічній концентрації 10^{-7} М. Визначали вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а, б та каротиноїдів) в листках рослин сорго відповідно методу [1, 2].

Екстракцію фотосинтетичних пігментів проводили з листків рослин сорго шляхом розтирання наважки листків (500 г) у фарфоровій ступці в охолодженому 96 %-ому етанолі у співвідношенні 1 : 10 (маса : об'єм) із додаванням 0,1–0,2 г СаСО₃ (для нейтралізації середовища). Отримані гомогенати (об'ємом 1 мл) центрифугували протягом 5 хв при 8000 г та температурі 4 °С на рефрижераторній центрифугі К24D (MLW, Engelsdorf, Німеччина). Одержані осаді тричі промивали 1 мл 96 %-го етанолу та центрифугували за вищезазначених умов. На наступному етапі проводили спектрофотометричний аналіз вмісту хлорофілу а, хлорофілу б та каротиноїдів в отриманому екстракті з використанням спектрофотометру Spesord M40 (Carl Zeiss, Німеччина).

Кількість хлорофілу а та б, а також каротиноїдів розраховували за формулами:

$$C_{\text{хлор.а}} = 13,36 \times A_{664,2} - 5,19 \times A_{648,6},$$

$$C_{\text{хлор.б}} = 27,43 \times A_{648,6} - 8,12 \times A_{664,2},$$

$$C_{\text{хлор.(а+б)}} = 5,24 \times A_{664,2} + 22,24 \times A_{648,6},$$

$$C_{\text{кар.}} = (1000 \times A_{470} - 2,13 \times C_{\text{хлор.а}} - 97,64 \times C_{\text{хлор.б}}) / 209,$$

де

$C_{\text{хлор.}}$ – концентрація хлорофілів (мкг/мл),

$C_{\text{хлор. а}}$ – концентрація хлорофілу а (мкг/мл),

$C_{\text{хлор. б}}$ – концентрація хлорофілу б (мкг/мл),

$C_{\text{кар.}}$ – концентрація каротиноїдів (мкг/мл),

A – абсорбція хвилі відповідної довжини.

Розрахунок кількості хлорофілу та каротиноїдів в мг/г сирової маси проводили за наступною формулою (окремо для хлорофілу а, хлорофілу б та каротиноїдів):

$$A_1 = (C \times V) / (1000 \times a_1),$$

де

A_1 – кількість хлорофілу а та б, та каротиноїдів в мг/г сирової маси;

C – концентрація пігментів (мкг/мл),

V – об'єм витяжки (мл),

a_1 – наважка рослинного матеріалу (г).

Співвідношення вмісту хлорофілів а та б, а також каротиноїдів, визначених в листках дослідних рослин сорго, вирощених на водному розчині синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину, або синтетичних регуляторів росту рослин Метіуру та Каметуру, або фітогормону ауксину ІОК, відносно аналогічних показників, визначених в листках контрольних рослин, вирощених на дистильованій воді, виражали у %.

Усі досліди проводили у трьох повторах. Статистичну обробку даних проводили за допомогою дисперсійного критерію Стьюдента з рівнем значущості $p \leq 0,05$, значення є середніми \pm стандартне відхилення (\pm SD).

Результати досліджень. Проведені дослідження показали, що під впливом деяких синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину підвищувався вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів а, б та каротиноїдів) в листках рослин сорго. Регуляторний ефект цих сполук був аналогічним, або перевищував ефект ауксину ІОК та синтетичних регуляторів росту рослин Метіуру та Каметуру.

Серед синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину найвищий регуляторний ефект за вмістом фотосинтетичних пігментів у листках рослин сорго виявили сполуки 1, 2, 4 – 10, 12 та 13, дещо нижчий регуляторний ефект виявили сполуки № 3 та 11 (рис. 1).

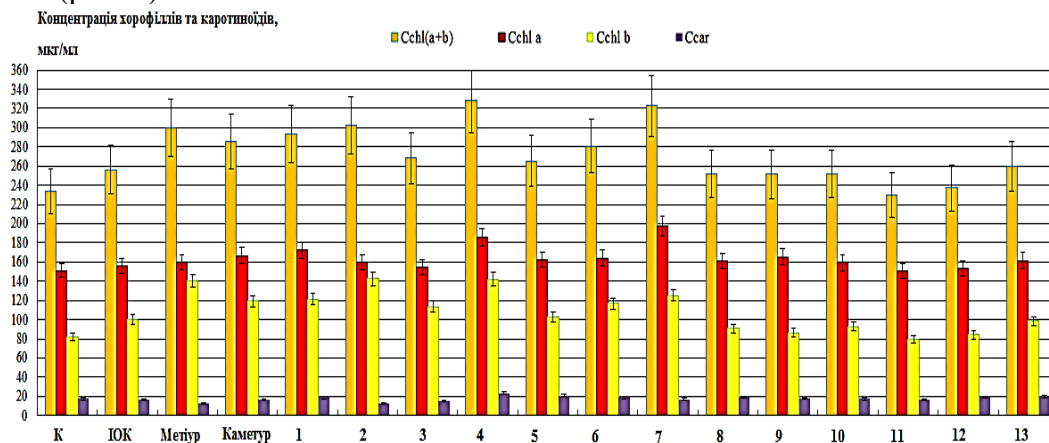


Рисунок 1. Вплив ауксину ІОК, регуляторів росту рослин Метіуру та Каметуру, а також синтетичних сполук, похідних тієнопіримідину (№ 1 – 13) у концентрації 10^{-7} М на вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілу а, хлорофілу б, хлорофілів а+б, каротиноїдів, (мкг/мл)) в листках 4-тижневих рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* L.) сорту Одеське 202, порівняно з контрольними рослинами, вирощеними на дистильованій воді (К).

За показниками вмісту хлорофілів а та б в листках рослин сорго найвищий регуляторний ефект виявили регулятори росту Метіур, Каметур та синтетичні сполуки, похідні тієнопіримідину № 1, 2, 4 – 7, 10 та 13, під впливом яких підвищувався вміст хлорофілу а: на 5,31 – 30,55 %, хлорофілу б: на 13 – 74,24 %,

хлорофілів а+б: на 8,02 – 40,73 %, відповідно, порівняно з аналогічними показниками контрольних рослин сорго (рис. 1).

Ауксин ІОК та синтетичні сполуки, похідні тієнопіримідину № 3, 8 та 9 виявили дещо нижчий регуляторний ефект. Під їх впливом підвищувався вміст хлорофілу а: на 2,3 – 9,27 %, хлорофілу б: на 5,6 – 38,62 %, хлорофілів а+б: на 7,98 – 15,05 %, відповідно, порівняно з аналогічними показниками контрольних рослин сорго.

Синтетичні сполуки, похідні тієнопіримідину № 11 та 12 не виявили регуляторний ефект, вміст хлорофілів а, б, а+б статистично достовірно не відрізнявся від аналогічних показників контрольних рослин сорго (рис. 1).

За показниками вмісту каротиноїдів у листках рослин сорго, найвищий регуляторний ефект виявили синтетичні сполуки, похідні тієнопіримідину № 1, 4 – 6, 8, 9, 12 та 13, під впливом яких підвищувався вміст каротиноїдів на 7,99 – 37,59 %, відповідно, порівняно з аналогічними показниками контрольних рослин сорго (рис. 1).

Ауксин ІОК, регулятори росту Метіур, Каметур та синтетичні сполуки, похідні тієнопіримідину № 2, 3, 7, 10, 11 не виявили регуляторний ефект. Вміст каротиноїдів статистично достовірно не відрізнявся від аналогічних показників контрольних рослин сорго (рис. 1).

Висновки. Таким чином, проведені дослідження свідчать про перспективу практичного застосування регуляторів росту Метіуру та Каметуру, а також нових синтетичних азаетероциклічних сполук, похідних тієнопіримідину № 1, 2, 4 – 10, 12 та 13 для підвищення біосинтезу фотосинтетичних пігментів у листках рослин сорго зернового (*Sorghum bicolor* L.) сорту Одеське 202 протягом періоду вегетації.

Список літературних джерел

1. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Chlorophylls and Carotenoids: Measurement and Characterization by UV-VIS Spectroscopy Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA). John Wiley and Sons, New York, 2001. F4.3.1–F4.3.8.

2. Lodish H., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. Molecular Cell Biology. Section 16.3, Photosynthetic Stages and Light-Absorbing Pigments. 4th Edtn. New York: W.H. Freeman and Company, 2000.

3. Tapiero H., Townsend D.M., Tew K.D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2004. Vol. 58, № 2. P. 100–110. doi: 10.1016/j.biopha.2003.12.006.

4. Bhatt T., Patel K. Carotenoids: Potent to Prevent Diseases Review. Natural Products and Bioprospecting. 2020. Vol. 10. P. 109–117. <https://doi.org/10.1007/s13659-020-00244-2>.

5. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Studying the effect of plant growth regulators Ivin, Methyur and Kamethur on growth and productivity of sunflower. Journal of Advances in Agriculture. 2023. Vol. 14. P. 17–24. <https://doi.org/10.24297/jaa.v14i.9453>.

6. Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Pilyo S.H., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Enhancing Sorghum Productivity with Methyur, Kamethur, and Ivin Plant Growth Regulators. Biology and Life Sciences Forum. 2023. Vol. 27, №1. P. 36. <https://doi.org/10.3390/IECAG2023-15222>.

7. Tsygankova V.A., Kopich V.M., Vasylenko N.M., Golovchenko O.V., Pilyo S.G., Malienko M.V., Brovarets V.S. Increasing the productivity of wheat using synthetic plant growth regulators Methyur, Kamethur and Ivin. Znanstvena misel journal. 2024. No 94. P. 22 - 26. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13860706>