

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.10.062>

УДК 577.1+577.11+577.2+581.1

**І.В.Могільнікова^{1,2}, В.А.Циганкова³,
Р.М.Соломянний³, В.С.Броварець³,
Н.М.Білько², А.І.Ємець^{1,2}**

¹ ДУ “Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України”, Київ

² Національний університет “Києво-Могилянська академія”, Київ

³ Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, Київ

E-mail: yemets.alla@nas.gov.ua

Скринінг рістстимулювальної активності синтетичних сполук – похідних піримідину

Представлено членом-кореспондентом НАН України А. І. Ємець

*Проведено скринінг нових синтетичних сполук – похідних піримідину – з метою відбору найбільш ефективних з них, які виявляють рістрегулювальну активність у рослин, і порівняння їх дії з дією фітогормонів класу ауксинів. Зокрема, досліджено вплив сполук на проростання насіння, ріст і розвиток рослин томата (*Solanum lycopersicum* L.) сорту Лагідний в умовах *in vivo* та *in vitro*. Встановлено, що деякі з досліджуваних сполук позитивно впливають на морфометричні та біохімічні показники 30-добових рослин: сполуки D1–D5 підвищували проростання насіння на 9–27 %, найбільш ефективною серед них була сполука D1. Під дією сполук D1 та D2 збільшувалася висота пагонів до 29 %. Усі досліджувані сполуки ефективно впливали на коренеутворення рослин, збільшуючи або довжину коренів (до 8 %), або їх кількість (до 25 %), найефективнішою серед них виявилася сполука D2. Вперше досліджено вплив цих сполук на морфогенетичний потенціал експлантів томатів в умовах *in vitro* і встановлено, що для прямої регенерації рослин найбільш ефективними є сполуки D1 та D2, які в подальшому можуть бути рекомендовані для використання в різних біотехнологічних програмах з генетичного вдосконалення томатів.*

Ключові слова: синтетичні сполуки, похідні піримідину, регулятори росту, ауксини, рослини, *Solanum lycopersicum* L., *in vivo*, *in vitro*.

Регулятори росту або фітогормони відіграють важливу роль у рості та розвитку рослин, а їх певні комбінації допомагають рослинам пристосовуватися та адаптуватися до постійних змін навколишнього середовища. На сьогодні фітогормони розділяють на дев'ять категорій: ауксини, цитокініни, гібереліни, абсцизова кислота, етилен, брасиностероїди, саліцилати, жасмонати і стрігалактони [1]. Ці регулятори росту здатні продукувати не лише самі рос-

Цитування: Могільнікова І.В., Циганкова В.А., Соломянний Р.М., Броварець В.С., Білько Н.М., Ємець А.І. Скринінг рістстимулювальної активності синтетичних сполук – похідних піримідину. *Допов. Нац. акад. наук Укр.* 2020. № 10. С. 62–70. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.10.062>

лини, але й патогенні та непатогенні мікроорганізми (бактерії, гриби), комахи тощо, модулюючи розвиток і різні фізіологічні процеси та імунітет у рослин [2].

Деякі відомі ендогенні фітогормони, наприклад індоліл-3-оцтова кислота (ауксин), беруть участь у різноманітних фізіологічних процесах, зокрема в таких, як елонгація та поділ клітин, фототропізм, гравітропізм, апікальне домінування, розвиток плодів, ініціація утворення коренів, а також в захисних механізмах через вплив на експресію генів у відповідь на дію біотичних і абіотичних стресів [3]. Відомо, що цитокиніни впливають на ріст і розвиток рослин, зокрема на проростання насіння, апікальне домінування, розвиток квіток і плодів, старіння листя та взаємодію рослин з патогенами. Останні дані вказують на важливу роль цитокинінів у підвищенні резистентності рослин до таких патогенів, як бактерії і гриби та до комах-шкідників [2]. Стероїдні гормони, такі як брасиностероїди, регулюють процеси росту та розвитку, а також забезпечують стійкість до таких абіотичних і біотичних стресів, як холодний стрес та інфікування патогенами [4]. Гібереліни регулюють ріст і різні процеси розвитку, зокрема елонгацію пагонів, проростання насіння та його перехід у стан спокою, цвітіння, старіння листя та ін. [5].

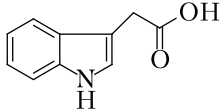
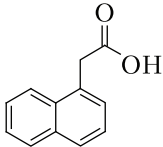
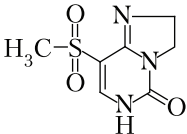
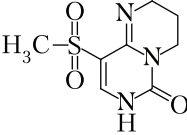
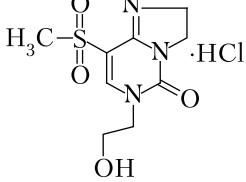
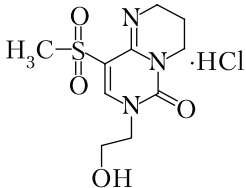
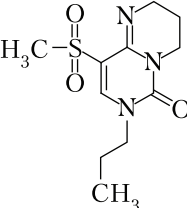
Регулятори росту рослин природного та синтетичного походження інтенсивно використовують не лише в сільському господарстві для посилення росту і розвитку рослин, підвищення їх урожайності та покращення характеристик через здатність компенсувати дефіцит необхідних ендогенних ростових сполук, а й у сучасній біотехнології для мікроклонального розмноження рослин, генетичної трансформації тощо. Слід відзначити, що на сьогодні існує великий попит на ефективні регулятори росту, про що свідчить об'єм їх продажу в світі, який становить приблизно 1,2 млрд дол. США в рік [6]. Враховуючи зазначене, синтез і пошук нових ефективних та недорогих синтетичних сполук, які діють у низьких концентраціях, для покращення росту і розвитку важливих видів рослин з метою підвищення їх врожайності та стійкості до стресових факторів є вкрай актуальним питанням.

Саме тому за мету дослідження ставилося вивчення впливу нових синтезованих похідних піримідину [7] на ріст і розвиток рослин, зокрема томата (*Solanum lycopersicum* L.), в умовах *in vivo* та *in vitro* для відбору найбільш ефективних серед них.

Матеріали та методи. У дослідженні було використано синтетичні сполуки, похідні піримідину (таблиця), синтезовані нами [7] з метою перевірки їх впливу на ріст і розвиток рослин в умовах *in vivo* та *in vitro*. Ефективність дії сполук порівнювали з дією фітогормонів ауксинової природи: індол-3-оцтової кислоти (ІОК) (Sigma-Aldrich, США) та 1-нафтил-оцтової кислоти (НОК) (Sigma-Aldrich, США). Синтетичні сполуки і фітогормони ІОК та НОК використовували в однаковій концентрації — 10^{-8} М.

Як вихідний матеріал використовували насіння томатів (*S. lycopersicum* L.) ранньостиглого сорту Лагідний — одного з найкращих сортів української селекції. Для експериментів насіння стерилізували протягом 2–3 хв у 70 %-му етанолі, 15 хв у 5 %-му розчині гіпохлориту натрію, тричі промивали по 10 хв у стерильній дистильованій воді, висаджували в контейнери, що містили субстрат (перліт), до якого додавали або дистильовану воду (контроль), або водні розчини синтетичних сполук, похідних піримідину (D1–D5), і прощували в темряві при температурі 22 °С протягом 4 діб. Після цього експериментальні зразки переносили на світло (фотоперіод 16/8 год) і вирощували при температурі 24 °С і відносній вологості повітря 60–80 % протягом 30 діб. Вплив досліджуваних сполук на

Хімічні структури фітогормонів ауксинової природи та досліджуваних синтетичних сполук, похідних піримідину, використаних у дослідженні

Сполука	Структурна формула	Назва сполуки за ІЮПАК та її молекулярна маса
ІОК		2-(1 <i>H</i> -індол-3-іл)оцтова кислота MW = 175,19
НОК		Нафталін-1-карбонова кислота (або 1-нафтилоцтова кислота) MW = 186,21
D1		8-(Метилсульфоніл)-2,6-дигідроімідазо[1,2- <i>c</i>]-піримідин-5(3 <i>H</i>)-он MW = 215,23
D2		9-(Метилсульфоніл)-2,3,4,7-тетрагідро-6 <i>H</i> -піримідо[1,6- <i>a</i>]піримідин-6-он MW = 229,26
D3		6-(2-Гідроксіетил)-8-(метилсульфоніл)-2,6-дигідроімідазо[1,2- <i>c</i>]піримідин-5(3 <i>H</i>)-ону гідрохлорид MW = 295,74
D4		7-(2-Гідроксіетил)-9-(метилсульфоніл)-2,3,4,7-тетрагідро-6 <i>H</i> -піримідо[1,6- <i>a</i>]піримідин-6-ону гідрохлорид MW = 309,77
D5		9-(Метилсульфоніл)-7-пропіл-2,3,4,7-тетрагідро-6 <i>H</i> -піримідо[1,6- <i>a</i>]піримідин-6-он MW = 271,34

проростання насіння аналізували, порівнюючи з контролем, через 30 діб на субстраті з додаванням цих сполук. Кількість насіння, що проросло в контролі, визначали як 100 %. Також оцінювали вплив синтетичних сполук на ріст пагонів та коренів, вимірюючи їх висоту, довжину, біомасу рослин і загальну кількість білка в листі. Концентрацію тотального білка в листі томатів у водорозчинній фракції визначали за методом [8].

У культуру *in vitro* рослини томатів вводили за методикою, розробленою нами раніше [9]. Для цього стерильне насіння висаджували в чашки Петрі ($d = 9$ см) на стерильне живильне середовище МСТ, яке готували на основі базового живильного середовища МС, з додаванням 2 мг/л гліцину, 8 % агару, рН 5,7, і культивували протягом 10 діб при температурі 22–24 °С та фотоперіоді 16/8 год. Як експланти використовували сегменти 10-добових проростків, які розміщували на середовищах з додаванням досліджуваних сполук D1–D5, а також ІОК та НОК у концентрації 10^{-8} М. Частоту регенерації пагонів і ризогенезу визначали як співвідношення кількості експлантів, на яких формувалися пагони чи корені через 30 діб, до загальної кількості експлантів, використаних у дослідах, помножене на 100 %.

Кожен експеримент у рамках дослідження було повторено щонайменше тричі. Достовірність даних статистично підтверджували за допомогою *t*-критерію Стьюдента для 5 %-го рівня значущості.

Результати та їх обговорення. За результатами досліджень встановлено, що синтезовані сполуки D1–D5, похідні піримідину, виявляють дещо подібну до ауксинів ІОК та НОК рістстимулювальну активність, покращуючи ріст і розвиток рослин томата. Отримані дані щодо проростання насіння (%), висоти пагонів (см), кількості головних та бічних коренів (шт.), довжини головних коренів (мм) рослин, вирощених за умов дії сполук D1–D5 були порівнянними або перевищували біометричні показники рослин, вирощених на субстратах з додаванням дистильованої води (контроль) або 10^{-8} М ІОК чи НОК (рис. 1).

Зокрема, встановлено, що сполуки D1–D5 в умовах *in vivo* дещо стимулювали проростання насіння, так само, як і ІОН і НОК. Так, кількість насіння, що проросло, збільшилася на 9–27 % порівняно з контролем і була майже порівнянною з такою, як у варіанті з додаванням до субстрату ІОК і НОК, хоча відомо, що ауксини здебільшого контролюють не проростання, а перехід насіння до стану спокою через активацію сигнальних шляхів, пов'язаних із синтезом абсцизової кислоти [10]. Виявлено, що найбільша кількість насіння проросла у разі використання сполуки D1 (див. рис. 1, *a*) порівняно із контролем, а також ІОК та НОК в аналогічній концентрації — 10^{-8} М. Найімовірніше, такі результати пов'язані з тим, що залежно від концентрації екзогенні ауксини можуть проявляти як стимулювальний, так і інгібіторний ефект на процеси розвитку рослин, зокрема і томатів [3].

Додавання сполук D1, D2 та D5 до субстрату зумовлювало також стимулювання росту рослин томатів: висота пагонів збільшувалася на 11–29 % порівняно з контролем, ІОК та НОК. У разі використання сполук D3 і D4, навпаки, ріст рослин дещо гальмувався, висота рослин, відповідно, була нижчою порівняно з контролем, однак ефекти були подібні до тих, що спричиняли ІОК та НОК (див. рис. 1, *b*). Раніше було показано, що ауксини індукують апікальне домінування пагонів і стимулюють ріст томатів [3, 11, 12], тому сполуки D1 та D2 можна розглядати як ефективні індуктори росту томатів, які ефективно діють у дуже низькій концентрації — $1 \cdot 10^{-8}$ М, тоді як за цієї концентрації ІОК та НОК не виявляють рістстимулювальної активності у досліджуваних рослин.

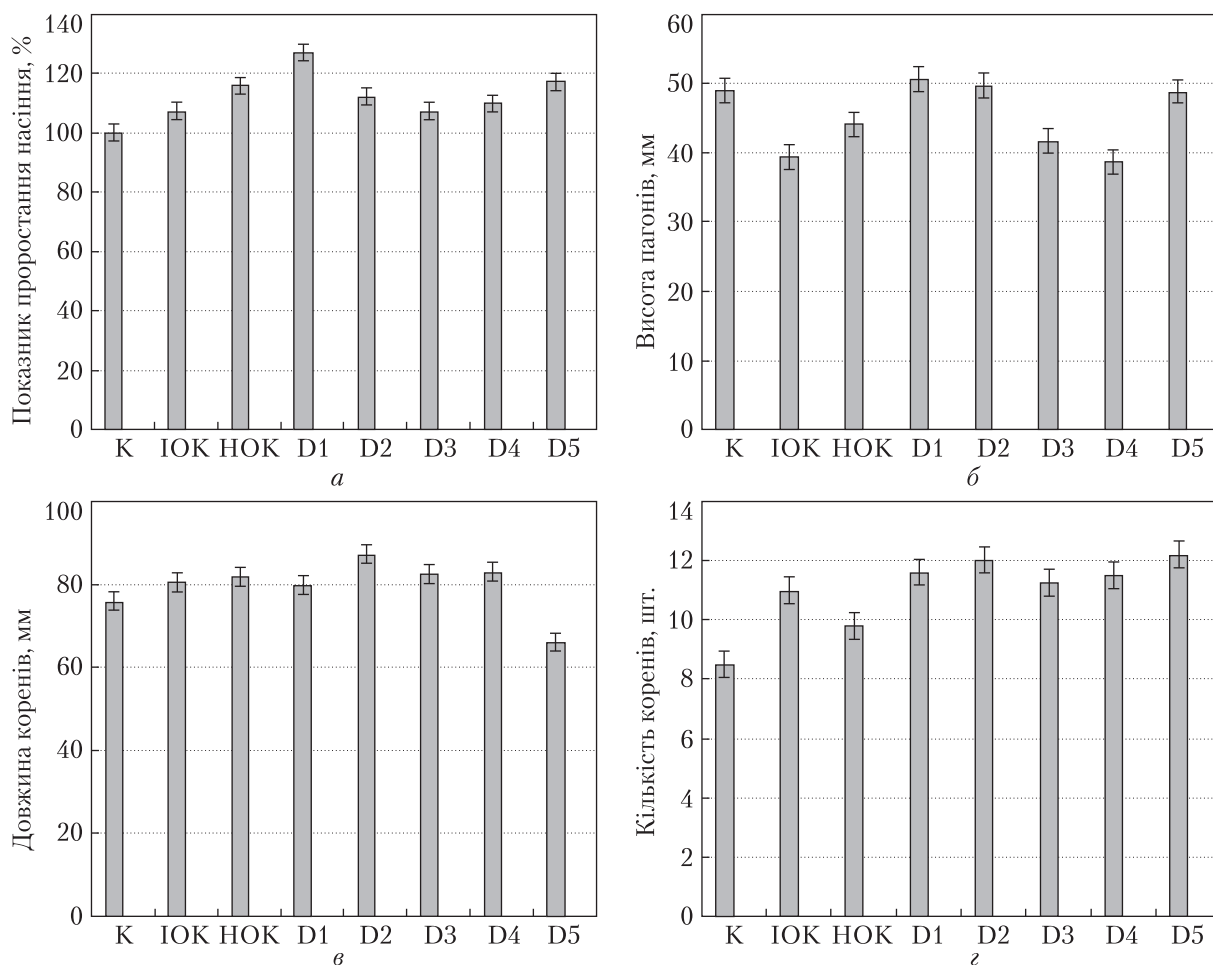


Рис. 1. Вплив синтетичних сполук D1–D5, ауксинів ІОК і НОК у концентрації $1 \cdot 10^{-8}$ М на проростання насіння (а), висоту пагонів (б), довжину коренів (в), кількість утворених головних та бічних коренів (г) *S. lycopersicum* сорту Лагідний порівняно з контролем (К)

Сполуки D1–D5 майже не впливали на ріст і довжину головних коренів томатів. І якщо під дією сполук D2 та D4 довжина коренів збільшувалася приблизно на 6–8 %, то речовина D5, навпаки, гальмувала ріст коренів рослин (див. рис. 1, в). Сполуки D1 та D3 діяли подібно до ауксинів ІОК та НОК. Цікавим є той факт, що, на відміну від фітогормонів ІОК та НОК, додавання до субстрату майже всіх сполук, окрім D3, спричиняло утворення більшої кількості бічних коренів у рослин томатів. Загальна кількість коренів зростала на 3–25 % порівняно з контролем, ІОК та НОК. Найбільше коренів утворювалося за умов дії сполук D2 та D5 (див. рис. 1, г). Таким чином, усі досліджувані сполуки ефективно впливали на коренеутворення *S. lycopersicum*, збільшуючи або довжину коренів, або їх кількість. Найбільш ефективною виявилася сполука D2. За своєю дією на коренеутворення рослин досліджувані сполуки були подібними до ауксинів, які, як відомо, промотують і ріст головних, і формування адвентивних коренів [3]. Довші корені та їх більша кількість сприяють поглинанню більшої кількості поживних речовин з ґрунту чи субстрату, завдяки чому підвищується урожайність рослин [3, 13].

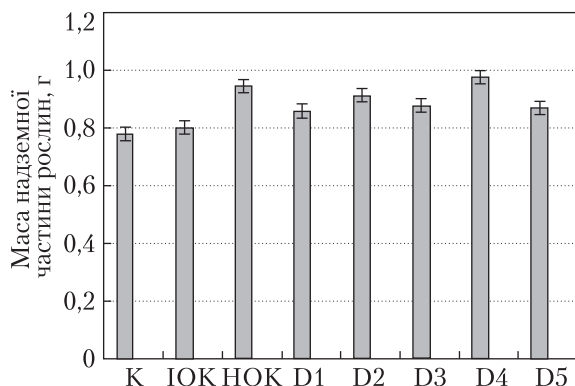


Рис. 2. Вплив сполук D1–D5, ауксинів ІОК і НОК у концентрації $1 \cdot 10^{-8}$ М на сирі біомаса 30-добових рослин *S. lycopersicum* сорту Лагідний порівняно з контролем (К)

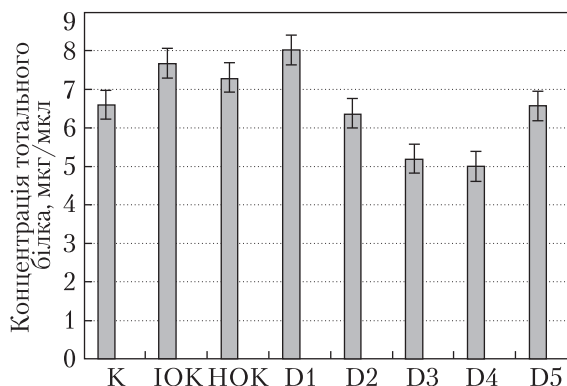


Рис. 3. Вплив синтетичних сполук D1–D5, ауксинів ІОК та НОК у концентрації $1 \cdot 10^{-8}$ М на вміст загального водорозчинного білка в листі 30-добових рослин *S. lycopersicum* сорту Лагідний порівняно з контролем (К)

Аналізуючи вплив похідних піримідинів та ауксинів ІОК і НОК на біомасу надземної частини 30-добових рослин томату, ми встановили, що найбільш ефективною серед досліджуваних була сполука D4 (рис. 2): сира біомаса рослин збільшувалася на 25, 24 та 4 % порівняно з контролем, ІОК та НОК відповідно (див. рис. 2). Активність сполук D1, D2, D3 та D5 перевищувала за цим показником контроль та ІОК на 4–7 % і була дещо нижчою, ніж за умов дії НОК (див. рис. 2). За результатами порівняльного аналізу впливу похідних піримідинів та ауксинів ІОК і НОК на вміст ключового показника продуктивності — загального водорозчинного білка в листі рослин томата — встановлено, що найвищу ефективність серед досліджуваних виявляла сполука D1 (рис. 3). Так, у разі її використання збільшувався вміст загального водорозчинного білка на 23, 11 та 7 % порівняно з контролем, НОК та ІОК відповідно (див. рис. 3). Виявлені ефекти досліджуваних сполук дуже схожі до дії ауксинів, екзогенне застосування яких зумовлює значне підвищення кількості хлорофілу, поживних речовин, цукрів, покращує якість плодів томатів тощо [3].

Таким чином, в умовах *in vivo* найвищою стимулювальною активністю характеризувалися сполуки D1, D2, D4 та D5, меншою — сполука D3. Значною мірою дія зазначених сполук *in vivo* мала ауксиноподібний характер.

Нами також досліджено вплив синтезованих сполук на регенерацію пагонів і коренів з експлантів томату в умовах *in vitro*. Встановлено, що додавання до живильного середовища сполук D1, D2 та D5 у концентрації $1 \cdot 10^{-8}$ М зумовлювало пряму регенерацію рослин з експлантів з одночасним формуванням великої кількості коренів (рис. 4). Особливо ефективними в цьому відношенні виявилися сполуки D1, D2 та D5, за умов дії яких частота регенерації рослин становила 23–38 %, тоді як ІОК та НОК індукували лише утворення коренів. Зазвичай для ефективної регенерації пагонів томатів у культурі *in vitro* використовують комбінацію цитокінінів з ауксинами, зокрема БАП або кінетину та НОК [14] чи, залежно від сорту *S. lycopersicum*, комбінацію зеатину та ІОК [9, 15]. Сполука D4 індукувала переважно утворення коренів з експлантів, регенерація пагонів спостерігалася рідше. Загалом частота регенерації коренів під дією сполук D1–D5 становила 68–98 %. Такі дані є вкрай

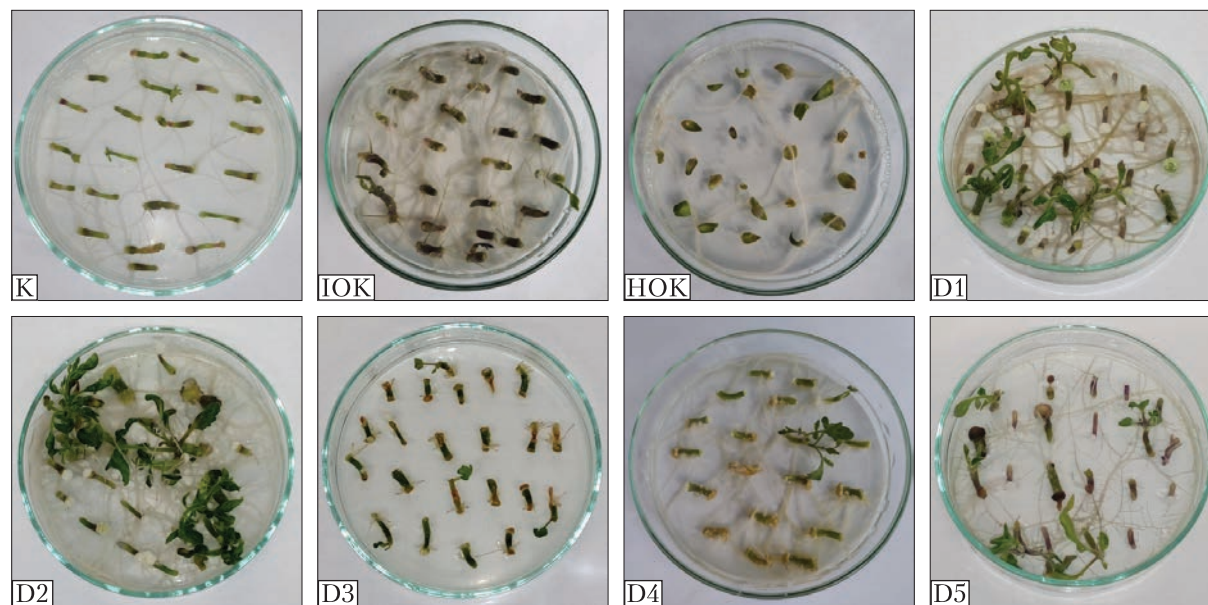


Рис. 4. Регенерація пагонів та/чи коренів з поверхні експлантів рослин *S. lycopersicum* на живильному середовищі, яке не містило регуляторів росту (К — контроль), та на середовищах, що містили ІОК, НОК чи сполуки D1–D5 у концентрації $1 \cdot 10^{-8}$ М. Масштаб: в 1 см — 2,5 см

привабливими для подальшого використання цих сполук для мікроклонального розмноження томатів та в дослідженнях з генетичної інженерії й успішної регенерації трансгенних рослин *S. lycopersicum* з метою покращення характеристик цього виду рослин.

Отже, згідно з результатами вивчення впливу рістстимулювальної активності синтетичних сполук — похідних піримідину (D1–D5), найбільш ефективною для індукції проростання насіння томатів є сполука D1. Збільшення висоти пагонів стимулюють сполуки D1 та D2, всі досліджувані сполуки ефективно впливають на коренеутворення рослин *S. lycopersicum*, збільшуючи або довжину коренів (до 8 %), або їх кількість (до 25 %), найбільш ефективною виявилася сполука D2. У разі використання сполуки D1 збільшується концентрація загального водорозчинного білка в листі томату, а D4 — сира біомаса рослин. Для прямої регенерації рослин з експлантів *S. lycopersicum* в умовах *in vitro* найефективнішими виявилися сполуки D1 та D2, які в подальшому можуть бути рекомендовані для використання в різних біотехнологічних програмах з генетичного вдосконалення рослин томата.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Su Y., Xia S., Wang R., Xiao L. Phytohormonal quantification based on biological principles. *Hormone metabolism and signaling in plants*: Li J., Li C., Smith S.M. (Eds.). London: Acad. Press, 2017. P. 431–470. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811562-6.00013-X>
2. Akhtar S.S., Mekureyaw M.F., Pandey C., Roitsch T. Role of cytokinins for interactions of plants with microbial pathogens and pest insects. *Front. Plant Sci.* 2020. **10**. 1777. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01777>
3. Pramanik K., Mohapatra P. P. Role of auxin on growth, yield and quality of tomato — a review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2017. **6**, № 11. P. 1624–1636. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.611.195>

4. Vriet C., Russinova E., Reuzeau C. From squalene to brassinolide: the steroid metabolic and signaling pathways across the plant kingdom. *Mol. Plant.* 2013. **6**. P. 1738–1757. <https://doi.org/10.1093/mp/sst096>
5. Muhammad I., Muhammad A. Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environ. Exp. Bot.* 2013. **86**. P. 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.06.002>
6. Rademacher W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *J. Plant Growth Regul.* 2015. **34**. P. 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
7. Соломянный Р.Н., Шаблыкина О.В., Москвина В.С., Хиля В.П., Русанов Э.Б., Броварец В.С. 8-(Метил(фенил)сульфонил)-2,6-дигидроимидазо[1,2-с]-пиримидин-5(3H)-оны и 9-(метил(фенил)сульфонил)-2,3,4,7-дигидро-6H-пиримидо[1,6-а]пиримидин-6-оны: синтез и противовирусная активность. *Химия гетероцикл. соединений.* 2019. **55**, № 4–5. С. 401–407.
8. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 1976. **72**. P. 248–254.
9. Buziashvili A., Cherednichenko L., Kropyvko S., Yemets A. Transgenic tomato lines expressing human lactoferrin show increased resistance to bacterial and fungal pathogens. *Biocatal. Agricult. Biotechnol.* 2020. **25**. 101602. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101602>
10. Liu X., Zhang H., Zhao Y., Feng Z., Li Q., Yang H.-Q., Luan S., Li J., He Z.-H. Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF-mediated *ABI3* activation in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2013. **110**, № 38. P. 15485–15490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1304651110>
11. Woodward A.W., Bartel B. Auxin: regulation, action, and interaction. *Ann. Bot.* 2005. **95**. P. 707–735. <https://doi.org/10.1093/aob/mci083>
12. Patel J.S., Sitapara H.H., Patel K.A. Influence of plant growth regulators on growth, yield and quality of tomato and brinjal. *Int. J. Forestry Crop Improv.* 2012. **3**, № 2. P. 116–118.
13. Wang H., Jones B., Li S.H., Frasse P., Delalande C., Regad F., Chaabouni S., Latche A., Pech J., Bouzayen M. The tomato Aux/IAA transcription factor IAA9 is involved in fruit development and leaf morphogenesis. *Plant Cell.* 2005. **17**. P. 2676–2692. <https://doi.org/10.1105/tpc.105.033415>
14. Jamous F., Abu-Qaoud H. *In vitro* regeneration of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol.* 2015. **16**, № 3–4. P. 181–190.
15. Gubis J., Lajchova Z., Farago J., Jurekova Z. Effect of genotype and explant type on shoot regeneration in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *in vitro*. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2003. **39**, № 1. P. 9–14. <https://doi.org/10.17221/3715-CJGPB>

Надійшло до редакції 08.08.2020

REFERENCES

1. Su, Y., Xia, S., Wang, R. & Xiao, L. (2017). Phytohormonal quantification based on biological principles. In Hormone metabolism and signaling in plants (pp. 431-470). London: Acad. Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811562-6.00013-X>
2. Akhtar, S. S., Mekureyaw, M. F., Pandey, C. & Roitsch, T. (2020). Role of cytokinins for interactions of plants with microbial pathogens and pest insects. *Front. Plant Sci.*, 10, 1777. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01777>
3. Pramanik, K. & Mohapatra, P. P. (2017). Role of auxin on growth, yield and quality of tomato — a review. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 6, No. 11. pp. 1624-1636. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.195>
4. Vriet, C., Russinova, E. & Reuzeau, C. (2013). From squalene to brassinolide: the steroid metabolic and signaling pathways across the plant kingdom. *Mol. Plant.*, 6, pp. 1738-1757. <https://doi.org/10.1093/mp/sst096>
5. Muhammad, I. & Muhammad, A. (2013). Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environ. Exp. Bot.*, 86, pp. 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.06.002>
6. Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *J. Plant Growth Regul.*, 34, pp. 845-872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
7. Solomyannyi, R. N., Shablykina, O. V., Moskвина, V. S., Khilya, V. P., Rusanov, E. B. & Brovarets, V. S. (2019). 8-(Methyl(phenyl)sulfonyl)-2,6-dihydroimidazo[1,2-с]-pyrimidin-5(3H)-ones and 9-(methyl(phenyl)sul-

- fonyl)-2,3,4,7-dihydro-6H-pyrimido[1,6-a]pyrimidin-6-ones: synthesis and antiviral activity. Chem. Heterocycl. Compd., 55, No. 4-5, pp. 401-407 (in Russian).
8. Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem., 72, pp. 248-254.
 9. Buziashvili, A., Cherednichenko, L., Kropyvko, S. & Yemets, A. (2020). Transgenic tomato lines expressing human lactoferrin show increased resistance to bacterial and fungal pathogens. Biocatal. Agricult. Biotechnol., 25, 101602. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101602>
 10. Liu, X, Zhang, H., Zhao, Y., Feng, Z., Li, Q., Yang, H.-Q., Luan, S., Li, J. & He, Z.-H. (2013). Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF-mediated *ABI3* activation in *Arabidopsis*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 110, No. 38, pp. 15485-15490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1304651110>
 11. Woodward, A. W. & Bartel, B. (2005). Auxin: regulation, action, and interaction. Ann. Botany, 95, pp. 707-735. <https://doi.org/10.1093/aob/mci083>
 12. Patel, J. S., Sitapara, H. H. & Patel, K. A. (2012). Influence of plant growth regulators on growth, yield and quality of tomato and brinjal. Int. J. Forestry Crop Improv., 3, No. 2, pp. 116-118.
 13. Wang, H., Jones, B., Li, S. H., Frasse, P., Delalande, C., Regad, F., Chaabouni, S., Latche, A., Pech, J. & Bouzayen, M. (2005). The tomato Aux/IAA transcription factor IAA9 is involved in fruit development and leaf morphogenesis. Plant Cell, 17, pp. 2676-2692. <https://doi.org/10.1105/tpc.105.033415>
 14. Jamous, F. & Abu-Qaoud, H. (2015). *In vitro* regeneration of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol., 16, No. 3-4, pp. 181-190.
 15. Gubis, J., Lajchova, Z., Farago, J. & Jurekova, Z. (2003). Effect of genotype and explant type on shoot regeneration in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *in vitro*. Czech J. Genet. Plant Breed., 39, No. 1, pp. 9-14. <https://doi.org/10.17221/3715-CJGPB>

Received 08.08.2020

I.V. Mohilnikova^{1,2}, V.A. Tsygankova³,
R.M. Solomyannyi³, V.S. Brovarets³,
N.M. Bilko², A.I. Yemets^{1,2}

¹ Institute of Food Biotechnology and Genomics of the NAS of Ukraine, Kyiv

² National University of "Kyiv-Mohyla Academy", Kyiv

³ V.P. Kuchar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry of the NAS of Ukraine, Kyiv

E-mail: yemets.alla@nas.gov.ua

SCREENING OF GROWTH-STIMULATING ACTIVITY OF SYNTHETIC COMPOUNDS – PYRIMIDINE DERIVATIVES

New synthetic compounds – pyrimidine derivatives – were screened to select the most effective of them, which show a growth-regulating activity in plants. Their action was compared with phytohormones of the auxin class. In particular, the effect of synthetic compounds on the seed germination, growth, and development of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants of Lagidny variety *in vivo* and *in vitro* was studied. It was found that some of the studied compounds have a positive effect on the morphometric and biochemical parameters of 30-day-old plants: compounds D1-D5 increased seed germination up to 9-27 %, the most effective among them was compound D1. Compounds D1 and D2 increased the height of the shoots up to 29 %. All the studied compounds effectively influenced the rooting of plants, increasing either the length of the roots (up to 8 %) or their number (up to 25 %), the most effective among them was the compound D2. The effect of these compounds on the morphogenetic potential of tomato explants was studied *in vitro* for the first time. It was found that compounds D1 and D2 were the most effective for the direct plant regeneration. Screened compounds can be further recommended for the use in various biotechnological programs for genetic improvement of tomatoes.

Keywords: synthetic compounds, pyrimidine derivatives, growth regulators, auxins, plants, *Solanum lycopersicum* L., *in vivo*, *in vitro*.