

МОЖЛИВОСТІ НОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ У ПОКРАЩЕННІ ОНТОГЕНЕЗУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

ДЕРЕВ'ЯНКО Є.П. – аспірант

orcid.org/0009-0003-4687-9137

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0002-6604-0123

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Попри широке практичне застосування, реакція різних культур на конкретні молекули триазолів і їхні дози може істотно відрізнятись. Тому встановлення меж варіабельності відповіді у перспективних культур є необхідним для обґрунтування практичного впровадження та коректного формування рекомендацій. Такі дослідження мають кількісно оцінювати, як змінюються схожість, енергія проростання, життєздатність проростків, виживання, фотосинтетична активність, елементи структури врожаю та показники якості залежно від діючої речовини й діапазону концентрацій [1, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Триазоли часто підвищують енергію проростання та сприяють вирівнюванню сходів, особливо за субоптимальних температур або епізодичного дефіциту вологи. У фазі кушення та виходу в трубку рістрегулюючи триазоли можуть формувати більш компактний габітус із сприятливішими кутами листків, покращуючи перехоплення світла та знижуючи ризик вилягання, що є важливим для інтенсивних систем і високих азотних фонів. Сукупно це може забезпечувати підвищення збирального індексу та стабільності врожайності, а також покращення якості, зокрема більш вирівняного вмісту білка або природи зерна, залежно від сорту та умов середовища [5, 6, 9].

У степових і лісостепових екосистемах, де озима пшениця піддається циклам відлиг-заморозків і весняній посусі, триазольні програми можуть стабілізувати врожайність завдяки посиленню стресової фізіології та зменшенню тиску хвороб, який нерідко зростає у тепліші й вологіші інтервали. Підсумковий ефект не обов'язково проявляється як максимальний урожай у кожному сезоні, однак полягає у зниженні «ризиків провалу» та підвищенні ймовірності досягнення цільової продуктивності за мінливої погоди [2, 4].

Оскільки багато триазолів впливають на стерольні або гормональні шляхи, необхідними є ретельна токсикологічна оцінка та суворе дотримання регуляторних обмежень, аби уникнути небажаних впливів на нецільові організми [7, 8].

Мета. Метою дослідження було оцінити потенціал трьох нових речовин як регуляторів росту рослин з акцентом на їхню здатність підвищувати зимостійкість. Ключовим завданням було визначити доцільність застосування цих нових сполук у майбутніх програмах рослинництва шляхом оцінювання їх прогностичної цінності щодо активації стійкості впродовж зимового періоду.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконували на полях кафедри селекції і насінництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету протягом вегетаційних сезонів 2024–2025 рр. в умовах степу. Зерно пшениці м'якої (по 1000 насінин на варіант і контроль) передпосівно обробляли шляхом замочування у водних розчинах трьох триазольних сполук: CAS-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіол), CAS-79 (калій тетразола[1,5-с]хіназолін-5-тіол) та CAS-67 (5-(2-амінофеніл)-1Н-1,2,4-триазол-3-тіолат) у концентраціях 0,01%, 0,02% і 0,04%. Тривалість замочування становила 24 год і відповідала загальноприйнятим протоколам застосування стимуляторів росту; у контролі насіння замочували у воді.

Загалом було закладено 24 варіанти: два сорти пшениці × чотири варіанти обробки насіння (три комбінації «речовина × концентрація» та водний контроль). У сортовий набір входили Подолянка та Співанка. Кожний варіант висівали на ділянках із десятьма рядками за ширини міжрядь 0,15 м і довжини рядка 1,5 м.

Успішність перезимівлі оцінювали візуально та шляхом визначення вмісту розчинних цукрів у вузлі кушення в критичний зимовий період. Статистичну обробку даних виконували у програмі Statistica 10.0. Для оцінювання головних ефектів і взаємодій факторів генотипу (сорту), діючої речовини та концентрації застосовували факторний дисперсійний аналіз (ANOVA).

Результати досліджень. Передусім дія речовин триазольного типу проявилася на схожості та виживанні рослин озимої пшениці. Дані щодо схожості, збереження рослин на початку зими та виживання після виходу із зими наведено в таблиці 1 для CAS-64, CAS-79 та CAS-67. Встановлено, що загалом схожість виживання залежали від сорту ($F = 6,41$; $F_{0,05} = 4,17$; $P = 0,02$), та від чинника ($F = 23,12$; $F_{0,05} = 2,94$; $P < 0,01$), причому дія чинника відрізнялася набагато більше.

Отримані дані свідчать, що формування схожості, стану посівів перед входом у зиму та підсумкового виживання озимої пшениці визначалося насамперед концентрацією застосованих триазольних сполук, тоді як сортова (генотипна) специфічність проявлялася переважно у ступені чутливості до підвищених доз та у величині позитивної відповіді. Загалом для обох сортів простежується типова для ріст-регуляторів дозозалежність: стимуляція за низьких-помірних концентрацій і депресія за надмірної дози.



Таблиця 1

Схожість і виживання за дії ріст-регуляторів ($x \pm SD$, $n = 10$)

Варіант	Схожість	Перед зимою	Вживання
Подолянка	91,5 ± 0,1 ^a	91,5 ± 0,1 ^a	90,0 ± 0,1 ^a
Подолянка, CAS-64 0,01%	93,0 ± 0,3 ^b	93,0 ± 0,2 ^b	92,5 ± 0,2 ^b
Подолянка, CAS-64 0,02%	93,5 ± 0,3 ^b	93,5 ± 0,3 ^b	93,0 ± 0,3 ^b
Подолянка, CAS-64 0,04%	86,0 ± 0,3 ^c	85,5 ± 0,3 ^c	82,0 ± 0,4 ^c
Подолянка, CAS-79 0,01%	94,5 ± 0,3 ^b	93,5 ± 0,3 ^b	93,0 ± 0,2 ^b
Подолянка, CAS-79 0,02%	96,5 ± 0,3 ^c	95,5 ± 0,3 ^c	95,0 ± 0,3 ^c
Подолянка, CAS-79 0,04%	84,5 ± 0,3 ^d	83,5 ± 0,3 ^d	80,5 ± 0,3 ^d
Подолянка, CAS-67 0,01%	91,5 ± 0,3 ^a	91,0 ± 0,3 ^a	90,5 ± 0,2 ^a
Подолянка, CAS-67 0,02%	89,5 ± 0,3 ^b	88,5 ± 0,3 ^b	86,0 ± 0,3 ^b
Подолянка, CAS-67 0,04%	86,5 ± 0,3 ^c	84,5 ± 0,3 ^c	81,5 ± 0,4 ^c
Співанка	91,0 ± 0,2 ^a	91,0 ± 0,2 ^a	90,0 ± 0,2 ^a
Співанка, CAS-64 0,01%	93,5 ± 0,2 ^b	93,0 ± 0,2 ^b	92,0 ± 0,2 ^b
Співанка, CAS-64 0,02%	94,0 ± 0,2 ^b	93,5 ± 0,2 ^b	92,0 ± 0,3 ^b
Співанка, CAS-64 0,04%	86,5 ± 0,3 ^c	85,5 ± 0,3 ^c	81,5 ± 0,4 ^c
Співанка, CAS-79 0,01%	92,5 ± 0,2 ^b	92,0 ± 0,2 ^b	91,0 ± 0,2 ^b
Співанка, CAS-79 0,02%	95,0 ± 0,3 ^c	95,0 ± 0,3 ^c	94,5 ± 0,3 ^c
Співанка, CAS-79 0,04%	84,5 ± 0,3 ^d	84,0 ± 0,3 ^d	81,0 ± 0,4 ^d
Співанка, CAS-67 0,01%	91,0 ± 0,2 ^a	91,0 ± 0,2 ^a	90,0 ± 0,2 ^a
Співанка, CAS-67 0,02%	88,5 ± 0,2 ^b	87,5 ± 0,3 ^b	82,5 ± 0,3 ^b
Співанка, CAS-67 0,04%	84,5 ± 0,3 ^c	84,0 ± 0,3 ^c	80,0 ± 0,4 ^c

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

Сорт Подолянка у контролі забезпечив 90,0% виживання, що є базовим рівнем для порівняння ефективності препаратів. Найвищу результативність продемонструвала сполука CAS-79 у концентрації 0,02%, за якої виживання становило 95,0% або близько +5,6% до контролю. Важливо, що позитивний ефект був комплексним: одночасно підвищувались показники схожості, збереження рослин перед зимою і підсумкове виживання, тобто технологічно покращувався весь ланцюг перезимівлі. Дещо слабший, але стабільний стимулювальний ефект забезпечував CAS-64 0,02% (виживання 93,0%; +3,3%). Застосування CAS-64 і CAS-79 у концентрації 0,01% також давало помірну позитивну реакцію, однак поступалося оптимуму 0,02%.

Натомість CAS-67 проявив іншу закономірність, 0,01% був фактично нейтральним (90,5%), а збільшення концентрації до 0,02% і 0,04% призводило до зниження виживання. За 0,04% для всіх речовин фіксувалась чітка депресія (, що вказує на перехід дози у токсичний діапазон.

Сорт Співанка в контролі також мав 90,0% виживання, однак відзначався більшою чутливістю до окремих чинників. Найкращим варіантом, як і у Подолянки, був CAS-79 0,02%, який забезпечив 94,5% виживання (приріст 5,0% до контролю). Для CAS-64 у концентраціях 0,01–0,02% спостерігали стабільне, але менш виражене покращення (+2,2%).

Упродовж зимового періоду вміст розчинних цукрів у вузлі кушення закономірно знижувався від 20.11 до 10.03 в обох сортів, що відображає витрати вуглеводних резервів на підтримання метаболізму та стрес-адаптацію. Водночас дія чинника та дози істотно модифікувала рівень цих резервів (таблиця 2).

Найстабільніший позитивний ефект забезпечувала сполука CAS-79 у концентрації 0,02%, яка формувала максимальні значення цукрів на всіх контрольних датах як у Подолянки, так і у Співанки. Дуже близькою за результативністю була CAS-64 0,02%, особливо у Подолянки, що підтверджує ефективність «робочого вікна» 0,02% для триазольних регуляторів у контексті накопичення й утримання вуглеводів. Натомість CAS-67 проявляла переважно нейтральну дію у 0,01% та чітко негативну тенденцію при підвищенні концентрації до 0,02–0,04%, що супроводжувалося зменшенням запасів цукрів у березні. Концентрація 0,04% для всіх сполук є небажаною: вона стабільно знижувала вміст цукрів проти контролю, що відповідає токсичному порозу дії.

Отримані фізіологічні зрушення узгоджуються з польовими показниками якості посіву та перезимівлі. Варіанти CAS-79 0,02% і CAS-64 0,02%, які забезпечували найвищі вуглеводні резерви у вузлі кушення, одночасно характеризувалися кращими значеннями схожості та виживання після зими.

Сполука CAS-67 формує окрему групу, оскільки характеризується значно слабшою стимулювальною дією та чітко вираженим негативним ефектом зі зростанням концентрації (Рисунок 1).

Натомість найбільш ефективними для передпосівної обробки насіння виявилися CAS-64 і CAS-79 у концентрації 0,02%, які забезпечували статистично достовірне поліпшення показників перезимівлі озимої пшениці. Таким чином, підвищення та збереження розчинних цукрів у вузлі кушення можна розглядати як функціональний механізм, що пов'язує оптимальні режими передпосівної обробки з поліпшенням перезимівлі,

Таблиця 2

Показники сортів озимої пшениці впродовж зимового періоду (вегетація 2024/2025) ($\bar{x} \pm SD$, $n = 5$).

Варіант	Цукри у вузлі кушення, %		
	20.11	01.02	10.03
Подолянка	33,1 ± 0,3 ^a	29,8 ± 0,3 ^a	24,5 ± 0,4 ^a
Подолянка, CAS-64 0,01%	35,2 ± 0,3 ^b	32,7 ± 0,4 ^b	28,2 ± 0,3 ^b
Подолянка, CAS-64 0,02%	37,1 ± 0,4 ^c	33,8 ± 0,3 ^c	31,5 ± 0,4 ^c
Подолянка, CAS-64 0,04%	31,6 ± 0,3 ^d	27,5 ± 0,4 ^d	23,1 ± 0,3 ^d
Подолянка, CAS-79 0,01%	35,4 ± 0,4 ^b	33,7 ± 0,3 ^b	29,1 ± 0,4 ^b
Подолянка, CAS-79 0,02%	37,2 ± 0,3 ^c	34,8 ± 0,4 ^c	32,4 ± 0,3 ^c
Подолянка, CAS-79 0,04%	31,1 ± 0,4 ^d	28,4 ± 0,3 ^d	24,3 ± 0,4 ^d
Подолянка, CAS-67 0,01%	33,4 ± 0,3 ^a	30,7 ± 0,4 ^b	24,6 ± 0,3 ^a
Подолянка, CAS-67 0,02%	32,2 ± 0,4 ^b	27,3 ± 0,4 ^c	23,4 ± 0,4 ^b
Подолянка, CAS-67 0,04%	29,5 ± 0,3 ^c	25,6 ± 0,4 ^d	20,1 ± 0,4 ^c
Співанка	33,7 ± 0,3 ^a	32,6 ± 0,3 ^a	29,2 ± 0,4 ^a
Співанка, CAS-64 0,01%	35,5 ± 0,3 ^b	32,7 ± 0,4 ^b	29,4 ± 0,3 ^a
Співанка, CAS-64 0,02%	36,6 ± 0,3 ^c	33,5 ± 0,3 ^c	30,5 ± 0,3 ^b
Співанка, CAS-64 0,04%	31,3 ± 0,3 ^d	28,8 ± 0,4 ^d	24,3 ± 0,3 ^c
Співанка, CAS-79 0,01%	34,8 ± 0,3 ^b	33,7 ± 0,3 ^b	29,7 ± 0,3 ^a
Співанка, CAS-79 0,02%	36,4 ± 0,4 ^c	35,4 ± 0,4 ^c	32,5 ± 0,4 ^b
Співанка, CAS-79 0,04%	31,8 ± 0,3 ^d	30,8 ± 0,3 ^d	27,4 ± 0,3 ^c
Співанка, CAS-67 0,01%	33,5 ± 0,3 ^a	32,6 ± 0,4 ^a	29,1 ± 0,3 ^a
Співанка, CAS-67 0,02%	31,8 ± 0,3 ^b	30,5 ± 0,3 ^b	25,0 ± 0,3 ^b
Співанка, CAS-67 0,04%	29,4 ± 0,3 ^c	27,3 ± 0,4 ^c	20,9 ± 0,3 ^c

Примітка: різниця статистично достовірна за факторним аналізом ANOVA за концентраціями при $P_{0,05}$

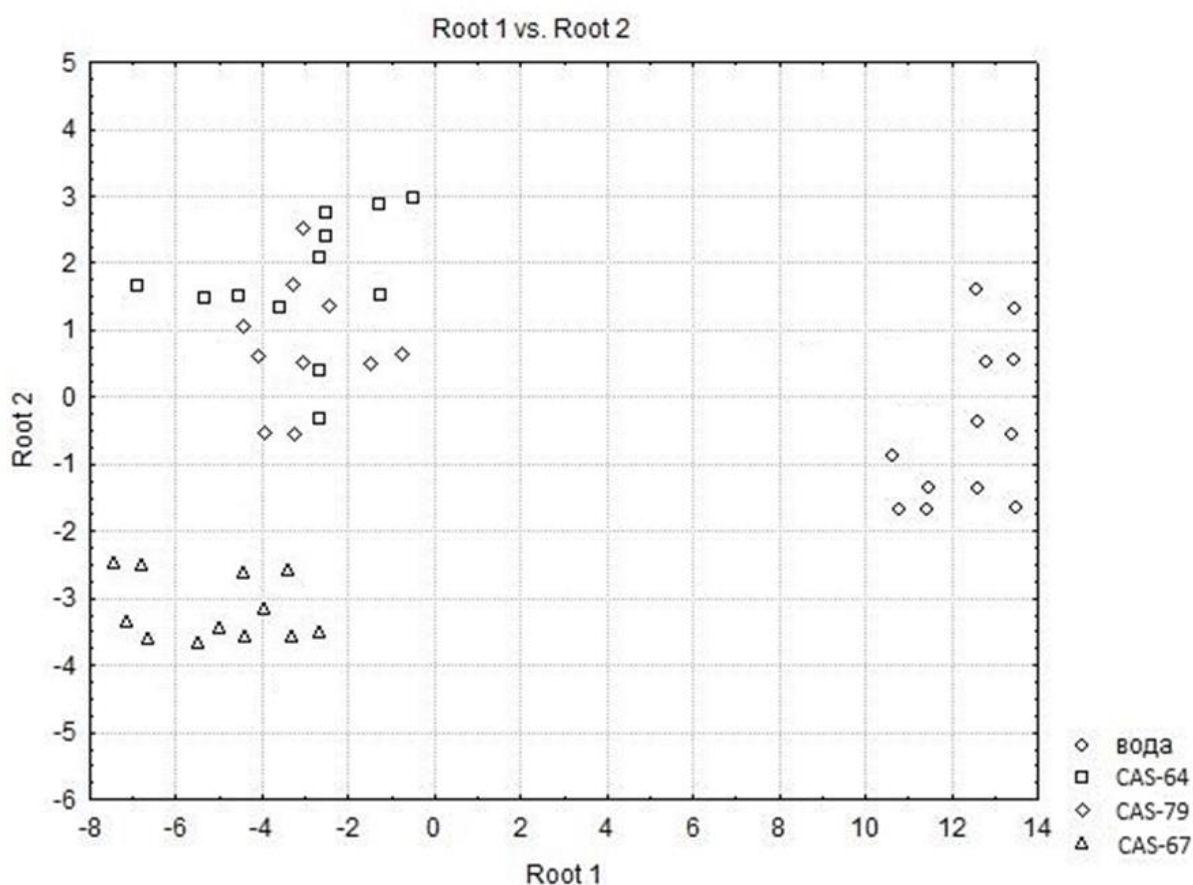


Рис. 1. Результати дискримінантного аналізу дії речовин

а CAS-79 0,02% і альтернативно CAS-64 0,02% як найбільш доцільні для практичного застосування в досліджених генотипах.

Висновки. CAS-79 у концентрації 0,02% є найбільш ефективним варіантом для обох сортів, забезпечуючи максимальне підвищення виживання та найкращу узгодженість показників перезимівлі. CAS-64 0,01–0,02% може застосовуватись як альтернативний, більш м'який варіант із помірним, але стабільним ефектом. CAS-67 не рекомендовано для передпосівної обробки з метою підвищення зимостійкості, оскільки за підвищених концентрацій він викликає виражене зниження виживання, особливо у сорту Співанка. Концентрацію 0,04% слід однозначно уникати для всіх трьох речовин як токсичний поріг, що призводить до різкого падіння виживання та онтогенетичних показників під час перезимівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ali S., Baloch A.M. Overview of Sustainable Plant Growth and Differentiation and the Role of Hormones in Controlling Growth and Development of Plants Under Various Stresses. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*. 2020. Vol. 11(2). P. 105–114.
2. Ejaz I., Pu X., Naseer M.A., Bohoussou Y.N.D., Liu Y., Farooq M., Zhang J., Zhang Y., Wang Z., Sun Z. Cold and Drought Stresses in Wheat: A Global Meta-analysis of 21st Century. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2023. Vol. 42(9). P. 5379–5395.
3. Jha U.C., Bohra A., Jha R. Breeding approaches and genomics technologies to increase crop yield under low-temperature stress. *Plant Cell Reports*. 2017. Vol. 36(1). P. 1–35.
4. Iqbal N., Khan M.I.R., Ferrante A., Trivellini A., Francini A., Khan N.A. Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with uniconazole in wheat. *Plant Growth Regulation*. 2014. Vol. 72(1). P. 25–34.
5. Khalil R., Tajti J., Hamow K.Á., Gondor K.O., Darko E., Elsayed N., Nagy Z., Szalai G., Janda T., Majláth I. How does moderate drought affect quantum yield and the regulation of sugar metabolism at low temperature in durum wheat (*Triticum durum* L.)? *Photosynthetica*. 2021. Vol. 59(2). P. 313–326.
6. Kim J., Kidokoro S., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. Regulatory networks in plant responses to drought and cold stress. *Plant Physiology*. 2024. Vol. 195(1). P. 170–189.
7. Korsukova A.V., Lyubushkina I.V., Zabanova N.S., Berezhnaya E.V., Polyakova E.A., Pobezhimova T.P., Kirichenko K.A., Dorofeev N.V., Dudareva L.V., Grabelnych O.I. Mechanisms of Increase of Winter Wheat Frost Resistance Under Tebuconazole Treatment at Early Stage of Growth: Role of Hormone- and Reactive Oxygen Species-Mediated Signaling Pathways. *Plants*. 2025. Vol. 14(3). P. 314.
8. Kosová K., Klíma M., Prášil I.T., Vítámvás P. COR/LEA Proteins as Indicators of Frost Tolerance in Triticeae: A Comparison of Controlled versus Field Conditions. *Plants (Basel, Switzerland)*. 2021. Vol. 10(4). P. 789.
9. Li J., Geng R., Kong X., Li L., Zhang Z., Liu R. Transcriptomic and physiological properties reveal the tolerance mechanism to difenoconazole toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2023. Vol. 255. P. 114787.

REFERENCES:

1. Ali S., Baloch A.M. (2020). Overview of Sustainable Plant Growth and Differentiation and the Role of Hormones in Controlling Growth and Development of Plants Under Various Stresses. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 11(2). P. 105–114.
2. Ejaz I., Pu X., Naseer M.A., Bohoussou Y.N.D., Liu Y., Farooq M., Zhang J., Zhang Y., Wang Z., Sun Z. (2023). Cold and Drought Stresses in Wheat: A Global Meta-analysis of 21st Century. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(9). P. 5379–5395.
3. Jha U.C., Bohra A., Jha R. (2017). Breeding approaches and genomics technologies to increase crop yield under low-temperature stress. *Plant Cell Reports*, 36(1). P. 1–35.
4. Iqbal N., Khan M.I.R., Ferrante A., Trivellini A., Francini A., Khan N.A. (2014). Ethylene role in plant growth, development and senescence: Interaction with uniconazole in wheat. *Plant Growth Regulation*, 72(1). P. 25–34.
5. Khalil R., Tajti J., Hamow K.Á., Gondor K.O., Darko E., Elsayed N., Nagy Z., Szalai G., Janda T., Majláth I. (2021). How does moderate drought affect quantum yield and the regulation of sugar metabolism at low temperature in durum wheat (*Triticum durum* L.)? *Photosynthetica*, 59(2). P. 313–326.
6. Kim J., Kidokoro S., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K. (2024). Regulatory networks in plant responses to drought and cold stress. *Plant Physiology*, 195(1). P. 170–189.
7. Korsukova A.V., Lyubushkina I.V., Zabanova N.S., Berezhnaya E.V., Polyakova E.A., Pobezhimova T.P., Kirichenko K.A., Dorofeev N.V., Dudareva L.V., Grabelnych O.I. (2025). Mechanisms of Increase of Winter Wheat Frost Resistance Under Tebuconazole Treatment at Early Stage of Growth: Role of Hormone- and Reactive Oxygen Species-Mediated Signaling Pathways. *Plants*, 14(3). 314.
8. Kosová K., Klíma M., Prášil I.T., Vítámvás P. (2021). COR/LEA Proteins as Indicators of Frost Tolerance in Triticeae: A Comparison of Controlled versus Field Conditions. *Plants (Basel, Switzerland)*, 10(4). 789.
9. Li J., Geng R., Kong X., Li L., Zhang Z., Liu R. (2023). Transcriptomic and physiological properties reveal the tolerance mechanism to difenoconazole toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 255. 114787.

Дерев'янюк Є.П., Назаренко М.М. Можливості нових регуляторів росту у покращенні онтогенезу пшениці озимої

Попри широке практичне застосування, реакція різних культур на конкретні молекули триазолів і їхні дози може істотно відрізнятися. Тому встановлення меж варіабельності відповіді у перспективних культур є необхідним для обґрунтування практичного впровадження та коректного формування рекомендацій. **Мета.** Метою дослідження було оцінити потенціал трьох нових речовин як регуляторів росту рослин з акцентом на їхню здатність підвищувати зимостійкість, визначити доцільність застосування цих нових сполук у майбутніх програмах рослинництва. **Методи:** Зерно пшениці м'якої (по 1000 насинин на варіант і контроль) передпосівно обробляли шляхом замочування у водних розчинах трьох

триазольних сполук: CAS-64 (калій [1,2,4]триазоло[1,5-с]хіназолін-2-тіол), CAS-79 (калій тетразола[1,5-с]хіназолін-5-тіол) та CAS-67 (5-(2-амінофеніл)-1H-1,2,4-триазол-3-тіолат) у концентраціях 0,01%, 0,02% і 0,04%. Тривалість замочування становила 24 год. Контролем була дистильована вода. Успішність перезимівлі оцінювали візуально та шляхом визначення вмісту розчинних цукрів у вузлі кушення в критичний зимовий період. **Результати.** Отримані дані свідчать, що формування схожості, стану посівів перед входом у зиму та підсумкового виживання озимої пшениці визначалося насамперед концентрацією застосованих триазольних сполук, тоді як сортова (генотипна) специфічність проявлялася переважно у ступені чутливості до підвищених доз та у величині позитивної відповіді. Загалом для обох сортів простежується типова для ріст-регуляторів дозозалежність: стимуляція за низьких-помірних концентрацій і депресія за надмірної дози. Сорт Співанка в відзначався більшою чутливістю до окремих чинників. Найкращим варіантом, був CAS-79 0,02%, який забезпечив найбільше виживання (приріст до 6,0% до контролю). Для CAS-64 у концентраціях 0,01–0,02% спостерігали стабільне, але менш виражене покращення. Найбільш ефективними для передпосівної обробки насіння виявилися CAS-64 і CAS-79 у концентрації 0,02%, які забезпечували статистично достовірне поліпшення показників перезимівлі озимої пшениці. Отримані фізіологічні зрушення узгоджуються з польовими показниками якості посіву та перезимівлі. Варіанти CAS-79 0,02% і CAS-64 0,02%, які забезпечували найвищі вуглеводні резерви у вузлі кушення, одночасно характеризувалися кращими значеннями схожості та виживання після зими. **Висновки.** CAS-79 у концентрації 0,02% є найбільш ефективним варіантом для обох сортів, забезпечуючи максимальне підвищення виживання та найкращу узгодженість показників перезимівлі. CAS-64 0,01–0,02% може застосовуватись як альтернативний, більш м'який варіант із помірним, але стабільним ефектом. CAS-67 не рекомендовано для передпосівної обробки з метою підвищення зимостійкості, оскільки за підвищених концентрацій він викликає виражене зниження виживання, особливо у сорту Співанка.

Ключові слова: пшениця озима, виживання, перезимівля, цукри.

Derevianko Ye.P., Nazarenko M.M. Potential of novel growth regulators to improve winter wheat ontogenesis

Despite their wide practical use, crop responses to specific triazole molecules and doses may differ substantially.

Therefore, defining the limits of response variability in promising crops is necessary to justify practical adoption and to formulate sound recommendations. **Purpose.** The study aimed to evaluate the potential of three new compounds as plant growth regulators, with emphasis on their ability to enhance winter hardiness, and to assess the feasibility of using these compounds in future crop production programs. **Methods:** Bread winter wheat grain (1,000 seeds per treatment and per control) was primed pre-sowing by soaking in aqueous solutions of three triazole-type substances: CAS-64 (potassium [1,2,4]triazolo[1,5-c]quinazoline-2-thiolate), CAS-79 (potassium tetrazolo[1,5-c]quinazoline-5-thiolate), and CAS-67 (5-(2-aminophenyl)-1H-1,2,4-triazole-3-thiolate), at concentrations of 0.01%, 0.02%, and 0.04%. Soaking lasted 24 h; distilled water served as the control. Overwintering success was assessed visually and by measuring soluble sugars in the tillering node during the critical winter period. **Results.** The formation of germination, crop status before winter, and final survival was determined primarily by the concentration of the applied triazole compounds, whereas varietal (genotypic) specificity was expressed mainly in the degree of sensitivity to increased doses and in the magnitude of the positive response. For both varieties, a typical dose–response pattern for growth regulators was observed: stimulation at low to moderate concentrations and depression at excessive doses. The variety Spivanka showed higher sensitivity to certain factors. The best option was CAS-79 at 0.02%, which ensured the highest survival (up to a 6.0% increase relative to the control). For CAS-64 at 0.01–0.02%, the improvement was stable but less pronounced. Overall, CAS-64 and CAS-79 at 0.02% were the most effective seed-priming treatments, providing a statistically significant enhancement of winter survival. These physiological shifts were consistent with field indicators of stand quality and overwintering. The CAS-79 0.02% and CAS-64 0.02% treatments, which produced the highest carbohydrate reserves in the tillering node, simultaneously showed better germination and post-winter survival. **Findings.** CAS-79 at 0.02% is the most effective option for both varieties, providing the greatest increase in survival and the best overall consistency of overwintering indicators. CAS-64 at 0.01–0.02% may be used as an alternative, milder option with a moderate but stable effect. CAS-67 is not recommended for pre-sowing treatment aimed at improving winter hardiness because higher concentrations markedly reduce survival, especially in Spivanka.

Key words: winter wheat, survival, overwintering, sugars.

Дата першого надходження статті до видання: 23.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 06.05.2026