

УДК 581.142:581.143:631.811.98

**МОРФО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОРОСТКІВ *ZEA MAYS* L.
ЗА ДІЇ САЛІЦИЛОВОЇ КИСЛОТИ І ФІТОПАТОГЕНУ****О. Гарайда, М. Кобилецька, О. Терек**

Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: oljagarajda@rambler.ru

Досліджено енергію проростання та схожість насіння, морфометричні параметри і вміст пероксиду водню в органах проростків кукурудзи за дії саліцилової кислоти (СК) й фітопатогену (ФП). З'ясовано, що СК підвищує енергію проростання та схожість насіння. Стимуляція росту проростків *Zea mays* L. супроводжується підвищенням вмісту пероксиду водню за дії СК, ФП та їхнього сумісного впливу.

Ключові слова: *Zea mays* L., саліцилова кислота, фітопатоген, стійкість рослин, морфометричні параметри, пероксид водню.

Проблема стійкості рослин до стресів різної природи займає одне із центральних місць у сучасній фітофізіології [14]. Інфікування рослин патогенними організмами є поширеним біотичним стресом. Перше місце за кількістю захворювань займають фітопатогенні гриби, які спричинюють численні хвороби рослин: розвивається ураження кореневої системи загалом або загнивання окремого кореня, розвиток на них пухлин. Гриби роду *Fusarium* sp. широко розповсюджені у природі та є збудниками різноманітних рослинних захворювань [2].

Використання хімічних засобів захисту рослин, незважаючи на їхню ефективність, призводить до забруднення навколишнього середовища, нагромадження у рослинах небезпечних для здоров'я людини і тварин доз хімічних речовин, порушення екологічної рівноваги у біосфері. Тому ведеться пошук альтернативних, екологічно безпечних засобів захисту, які базуються на підвищенні природної стійкості рослин до хвороб [10].

СК можна розглядати як перспективну для практичного застосування сполуку з метою захисту рослинних організмів від широкого спектру стресових факторів довкілля [16]. Здатність СК підвищувати стійкість рослин до стресорів різної природи пов'язують, насамперед, із її здатністю індукувати нагромадження активних форм кисню (АФК) [7].

Із джерел літератури відомо, що посилення утворення АФК – це універсальна неспецифічна реакція рослинних організмів у відповідь на різноманітні біотичні й абіотичні впливи [6, 11].

У зв'язку із викладеним метою нашої роботи було дослідити вплив екзогенної СК, ФП та їхньої сумісної дії на енергію проростання, схожість насіння кукурудзи, морфометричні параметри і вміст пероксиду водню у проростків *Zea mays* L.

Досліди проводили на проростках кукурудзи (*Zea mays* L.) сорту Закарпатська жовта зубоподібна. Знезаражене у слабкому розчині KMnO_4 насіння замочували у 50,0 μM розчині СК протягом 3 год. Після цього насіння переносили у чашки Петрі на вологий фільтрувальний папір. Частина насіння під час проростання інфікували *Fusarium* sp. Інфіковане та неінфіковане насіння пророщували у термостаті при температурі $+24^\circ\text{C}$ протягом трьох діб. За контроль слугували проростки, насіння яких не інфікували та не

обробляли СК. На другу добу визначали енергію проростання (ДСТУ 4138), на третю – схожість насіння кукурудзи. На четверту добу визначали вміст пероксиду водню [17] і вимірювали довжину коренів і пагонів досліджуваних проростків. Повторність незалежних дослідів трикратна. Результати опрацьовувалися статистично з визначенням середнього арифметичного зі стандартною похибкою ($M \pm m$).

Дослідження впливу СК на енергію проростання насіння кукурудзи показали, що регулятор росту підвищував енергію проростання досліджуваного насіння на 2,3% порівняно з контролем (рис. 1, А). Цей показник був нижчим на 5,5% у насіння, яке інфікували *Fusarium* sp. Енергія проростання інфікованого насіння, попередньо обробленого СК, була вищою на 12,1% щодо контролю та на 16,9% – щодо інфікованого насіння, не замоченого у СК.

Результати наших досліджень свідчать, що найвища схожість насіння спостерігається за дії регулятора росту (на 14,5%), а найнижча – в інфікованого насіння (на 64,3%) порівняно з контролем (рис. 1, Б).

Нами виявлено, що схожість насіння кукурудзи, попередньо обробленого СК, після інфікування *Fusarium* sp. нижча на 23,0% щодо контролю, проте вища на 53,7% порівняно з інфікованим насінням. Отже, передобробка насіння кукурудзи СК підвищує енергію проростання та схожість після інфікування *Fusarium* sp.

Видимую реакцією рослин на різні несприятливі чинники навколишнього середовища є гальмування їхнього росту. Це свідчить, що інгібування росту – неспецифічна реакція-відповідь рослин на стрес-фактори. Ростова реакція рослин – це наслідок відповідних змін у гормональній системі [9].

Результати наших досліджень щодо впливу СК на морфометричні параметри проростків кукурудзи показали, що регулятор росту у концентрації 50,0 μ M стимулює ріст коренів і пагонів досліджуваних проростків (див. таблицю). Такий ефект СК, ймовірно, пов'язаний зі зміною фітогормонального балансу в рослинному організмі.

Слід зазначити, що ріст органів проростків *Zea mays* L., насіння яких інфікували ФП, був значно нижчий порівняно з контролем. Важливо відзначити, що довжина коренів і висота пагонів проростків кукурудзи, насіння яких обробляли СК й інфікували ФП, була більшою, ніж у проростків, насіння яких не замочували у СК. Таким чином, СК проявляє стимулюючу дію на ріст органів проростків кукурудзи.

Відомо, що за спектром фізіологічної дії фітогормони поліфункціональні, тобто вони беруть участь у регуляції низки фізіологічних процесів у рослині. Водночас вони характеризуються і високою специфічністю дії, а в цілому організмі важливим є їхнє співвідношення. Слід зазначити, що у рослинному організмі для запуску – припинення усіх морфогенетичних і фізіологічних програм використовуються одні й ті ж фітогормони, лише у різних співвідношеннях [14].

СК проявляє різну дію на ростові параметри проростків залежно від концентрації та способу обробки. У попередніх дослідженнях ми виявили інгібування росту проростків кукурудзи, які росли на середовищі із вмістом СК різних концентрацій [1, 5]. Така

Довжина коренів і висота пагонів 4-добових проростків кукурудзи *Zea mays* L.
за дії СК та ФП (мм; $M \pm m$; n=50)

	Контроль	СК	ФП	СК+ФП
Корінь	64,5 \pm 1,3	71,7 \pm 1,0	30,0 \pm 2,1	54,8 \pm 1,1
Пагін	24,8 \pm 0,7	27,9 \pm 0,3	14,6 \pm 0,2	30,5 \pm 0,6

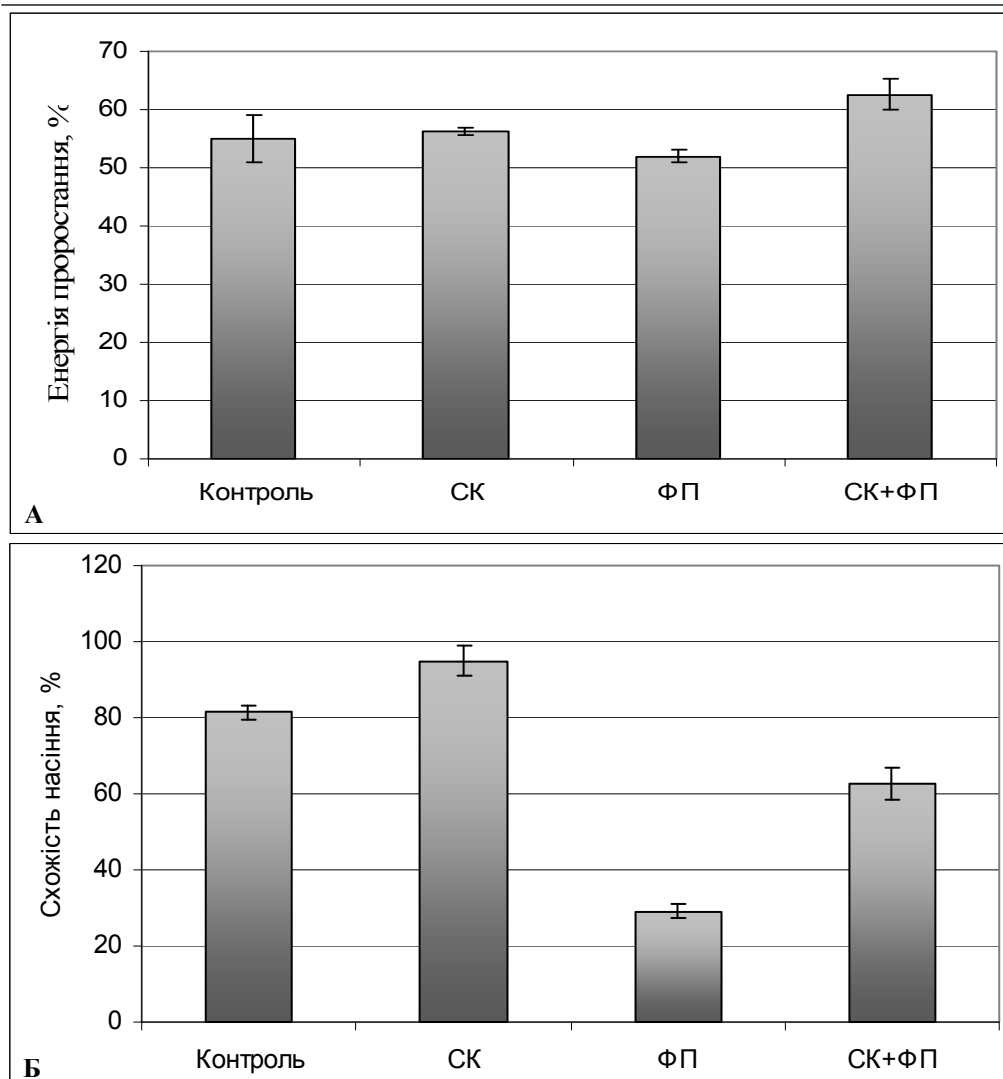


Рис. 1. Вплив СК та ФП на енергію проростання (А) і схожість (Б) насіння кукурудзи *Zea mays* L.

дія СК на ріст рослин кукурудзи може бути пов'язана з впливом регулятора росту на вміст фітогормонів. Гальмуванню росту сприяє зниження рівня гормонів-стимуляторів і зростання інгібіторів росту, насамперед АБК.

Відомо, що нагромадження АФК, до яких належить H_2O_2 , вважається однією з ключових реакцій рослинних клітин на дію стресових факторів [4]. АФК можуть викликати пригнічення розвитку патогена в інфікованій клітині та локальну загибель клітин рослини-живителя у разі гіперчутливої реакції, здатні "вмикати" метаболічні сигнальні мережі, які закінчуються експресією генів захисних білків і ферментів синтезу фітоалексинів і, як наслідок, руйнувати патогенні мікроорганізми та віруси, а також індукувати розвиток системної набутої стійкості у рослин [8, 18, 29].

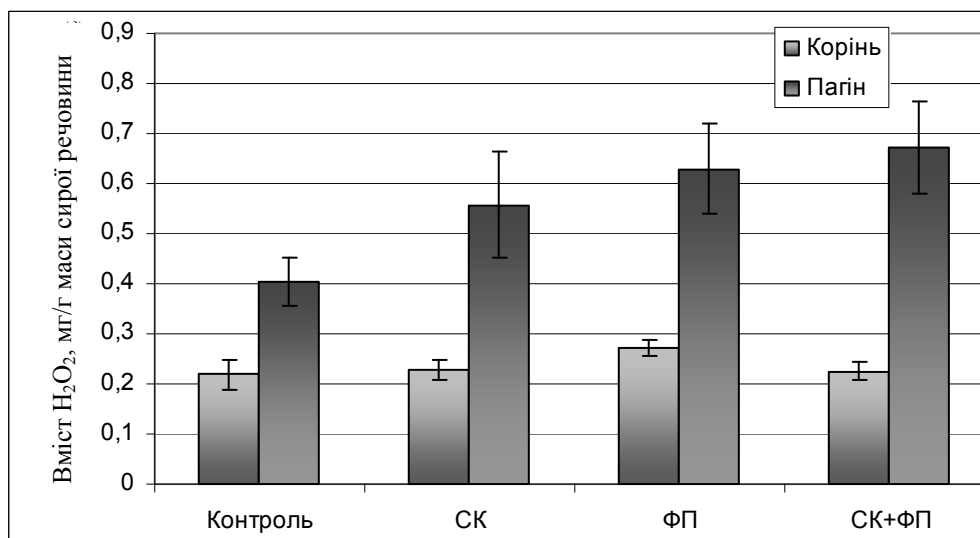


Рис. 2. Вплив СК та ФП на вміст перексиду водню в органах 4-добових проростків кукурудзи *Zea mays* L.

На рис. 2 показано вплив СК, *Fusarium* sp. та їхньої сумісної дії на вміст перексиду водню в органах проростків рослин кукурудзи.

Виявлено, що попередня обробка насіння кукурудзи регулятором росту призводить до збільшення вмісту перексиду водню у пагонах та несуттєво впливає на вміст цієї сполуки у коренях досліджуваних проростків порівняно з контролем. Найвищий вміст H₂O₂ виявлено у пагонах інфікованих проростків *Zea mays* L. і за сумісної дії СК та *Fusarium* sp. Вміст перексиду водню у коренях досліджуваних проростків майже не змінювався за дії СК, ФП та їхнього сумісного впливу.

Отже, попередня обробка насіння кукурудзи СК викликає порушення в антиоксидантній системі проростків *Zea mays* L., що призводить до нагромадження перексиду водню.

АФК виконують сигнальні функції [6, 12], беруть безпосередню участь у захисті рослин від патогенів. H₂O₂, окислюючи залишки тирозину (при цьому утворюються вільні радикали залишків тирозину) у білках клітинної стінки, викликає їхню зшивку з утворенням дитирозинових містків. АФК спричиняють перехресну зшивку залишків фенольних сполук, які входять до складу лігніну. Усе це значно збільшує міцність клітинної стінки, створюючи фізичний бар'єр для патогена [3, 13].

Таким чином, обробка насіння кукурудзи СК у концентрації 50 μM протягом трьох годин підвищує енергію проростання, схожість насіння *Zea mays* L. і стимулює ріст органів досліджуваних проростків, зокрема, знімаючи негативну дію ФП. Вміст перексиду водню зростає у пагонах проростків кукурудзи за дії СК, що є необхідною умовою виникнення реакції гіперчутливості.

1. Гарайда О. М., Качмар Б. Б., Кобилецька М. С., Терек О. І. Ростові параметри та активність пероксидази проростків *Zea mays* L. за різної обробки саліциловою кислотою // Наук. вісн. Чернів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 416. С. 244–248.

2. Грузевський О. А., Протченко П. З., Стороженко В. Б. Мікробне забруднення рослинної лікарської сировини фітопатогенними мікроорганізмами // Одеський мед. журн. 2005. № 2 (88). С. 107–110.
3. Дмитриев А. П. Сигнальные системы иммунитета растений // Цитология и генетика. 2002. Т. 36. № 3. С. 58–65.
4. Ильинская Л. И., Переход Е. А., Чаленко Г. И. и др. Активность липоксигеназы в растениях с индуцированной устойчивостью // Физиология растений. 2000. Т. 47. № 4. С. 516–523.
5. Качмар Б. Б., Гарайда О. М., Кобилецька М. С., Терек О. І. Вплив саліцилової кислоти на ріст та активність оксидаз у рослин // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2007. Вип. 44. С. 164–169.
6. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в экстремальных условиях / Под ред. Е.Л. Кордюм. К.: Наук. думка, 2003. 277 с.
7. Колупаев Ю. С. Возможна роль супероксиддисмутази у саліцилатіндукованому нагромадженні пероксидів у колеоптилях *Triticum aestivum* L. // Укр. ботан. журн. 2007. Т. 64. № 2. С. 270–277.
8. Кузнецов В. В., Ракитник В. Ю., Саданов Н. Г. и др. Участвуют ли полиамины в дистанционной передаче стрессорного сигнала у растений // Физиология растений. 2002. Т. 49. № 1. С. 136–147.
9. Кулаева О. Н. Как регулируется жизнь растений // Сорос. образов. журн. 1995. № 1. С. 20–27.
10. Поляковський С., Кравчук Ж., Дмитрієв О. Механізми дії індукторів стійкості у рослин на прикладі взаємодії в системі *Botrytis cinerea* – *Allium cepa* // Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти: Тези доп. III Міжнар. конф. Львів, 2007. С. 176.
11. Рябушкина Н. А. Синергизм действия метаболитов в ответных реакциях растений на стрессовые факторы // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 4. С. 614–621.
12. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля // Физиология и биохимия культ. растений. 2004. Т. 36. № 1. С. 3–14.
13. Тарчевский И. А. Сигнальные системы клеток растений. М: Наука, 2002. 294 с.
14. Терек О. І. Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля // Журн. агробіології та екології. 2004. Т. 1. № 1–2. С. 41–56.
15. Agarwal S., Shaheen R. Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stresses in leaves of *Momordica charantia* // Braz. J. Plant Physiol. 2007. Vol. 19. N 2. P. 356–362.
16. Clarke J., Volko S., Ledford H. et al. Roles of salicylic acid, jasmonic acid and ethylene in cpr-induced resistance in *Arabidopsis* // Plant Cell. 2000. Vol. 12. P. 2175–2190.
17. Di Toppi L., Lambardi M., Pazzagli L. et al. Response to cadmium in carrot *in vitro* plants and cell suspension cultures // Plant Science. 1999. Vol. 137. P. 119–129.
18. Foyer C. H., Noctor G. Redox sensing and signaling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria // Physiol. Plant. 2003. Vol. 119. P. 355–364.
19. Gratão P. L., Polle A., Lea P. J., Azevedo R. A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier // Funct. Plant Biol. 2005. Vol. 32. P. 481–494.

MORPHO-BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *ZEA MAYS* L. PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF SALICYLIC ACID AND PHYTOPATHOGEN**O. Harayda, M. Kobyletska, O. Terek**

*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: oljagarajda@rambler.ru*

The influence of salicylic acid and phytopathogen on the germination of *Zea mays* L. seeds, morphometrical parameters and content of hydrogen peroxide in maize plant organs was investigated. Salicylic acid raised the germination of maize seeds and stimulated the growth of *Zea mays* L. organs. It was shown that hydrogen peroxide content increased under the influence of salicylic acid and phytopathogen in maize plant organs.

Key words: *Zea mays* L., salicylic acid, phytopathogen, plants resistance, morphometrical parameters, hydrogen peroxide.

МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОСТКОВ *ZEA MAYS* L. ПОД ВЛИЯНИЕМ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ФИТОПАТОГЕНА**О. Гарайда, М. Кобылецкая, О. Терек**

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина
e-mail: oljagarajda@rambler.ru*

Исследовали энергию прорастания и всхожесть семян, морфометрические параметры и содержание перекиси водорода в органах ростков кукурузы под влиянием салициловой кислоты (СК) и фитопатогена. Оказалось, что СК повышает энергию прорастания и всхожесть семян. Стимуляция роста ростков *Zea mays* L. сопровождается повышением содержания перекиси водорода в их органах под влиянием СК, фитопатогена и их совместного действия.

Ключевые слова: *Zea mays* L., салициловая кислота, фитопатоген, устойчивость растений, морфометрические параметры, перекись водорода.

Стаття надійшла до редколегії 14.04.09

Прийнята до друку 12.05.09