

УДК 581.143.6:581.2:635.64

¹Ю. В. КОЛОМІЄЦЬ, ¹І. П. ГРИГОРЮК, ²Л. М. БУЦЕНКО¹Національний університет біоресурсів та природокористування України
вул. Героїв Оброни, 13, Київ, 03041²Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143

РОЛЬ ПРИРОДНИХ ІНДУКТОРІВ У ФОРМУВАННІ СТІЙКОСТІ РОСЛИН ТОМАТІВ ДО ЗБУДНИКІВ БАКТЕРІАЛЬНИХ ХВОРОБ

Доведено доцільність застосування СК як природного індуктора стійкості рослин томатів до збудників бактеріальних хвороб. Показано, що обробка СК підсилювала антиоксидантну активність фенолів в листках рослин томатів за дії фітотоксичних сполук збудників.

Ключові слова: антиоксидантна активність, сорти томатів, бактеріальний стрес

Вступ. До однієї із стратегій захисту рослин від збудників бактеріальних хвороб відноситься застосування індукторів захисних реакцій біо- та абіогенної природи. Ці сполуки індують різні біохімічні реакції в рослинах, що призводять до активації генів, реакцій захисту та формування у рослин стійкості до збудників. Стійкість проявляється в локалізації патогена в процесі ураження, блокуванні його подальшого проникнення, поширення та розмноження в рослинах.

Одним із потенційних способів активації механізмів захисту рослин проти збудників бактеріальних хвороб є індукування системної набутої стійкості (СНС) [10]. Класична форма СНС може бути спричинена полісахаридами патогенів і рослин, ліпополісахаридами, флагеліном, токсинами, вірулентними, авірулентними і непатогенними мікроорганізмами. СНС індукується штучно за допомогою хімічних речовин, які є доступними для рослин продуктами проміжних реакцій імунної відповіді. Такими речовинами можуть виступати саліцилова кислота (СК), метиловий ефір СК, 2,6-дихлор-ізонікотинова кислота, жасмонова кислота (ЖАК), метиловий ефір ЖАК, похідні бензотіадізолу, DL- β -аміномасляна та шавлева кислоти [6].

Найбільш важливу роль в системі захисних реакцій за ураження фітопатогенами відіграє СК, яка синтезується самою рослиною, і за її обробки. Синтез СК і утворення її кон'югатів є ключовими елементами в реалізації одного з головних механізмів стійкості рослин до патогенів – реакції надчутливості (РНЧ), тобто швидкої локальної загибелі інфікованих рослинних клітин разом з патогеном, що в кінцевому рахунку забезпечує стійкість всієї рослини [4].

На першому етапі РНЧ клітини рослин розпізнають продукти *avr*-генів патогена, до яких відносяться білки, пептиди, ліпіди і полісахаридні фрагменти клітинних стінок збудника. Після взаємодії продуктів *avr*-генів патогена з рецепторами рослинної клітини запускається каскад процесів, результатом яких є синтез сполук, токсичних для патогена і рослинної клітини. Ці процеси супроводжуються окиснювальним вибухом, за якого відбувається утворення великої кількості пероксид водню, що є причиною активації синтезу СК і ЖК. Підвищення вмісту СК підсилює реакцію РНЧ, оскільки саліцилат є інгібітором ферменту каталази, яка розщеплює пероксид водню. Тобто пероксид водню, активуючи синтез СК, сприяє ще більшому накопиченню активних форм кисню і таким чином викликає посилення РНЧ-реакції [1]. За екзогенної обробки СК і її аналогами підвищується стійкість рослин до патогенів і активується синтез специфічних для РНЧ-реакції патогенез-індукованих білків, які розділяються на групи за своїми функціями.

Передбачається, що взаємодія АФК і антиоксидантів (АО) є важливою складовою сигналіngu, що регулює експресію генів і забезпечує адаптивну гнучкість організму. Серед неферментативних АО можуть бути присутні прості феноли і хінони, фенолкарбонові кислоти, їх похідні, флавоноїди, катехіни та лейкоантоціани. Фенольні сполуки виконують фізіологічні функції, беруть участь в регуляції росту клітин, формуванні клітинних стінок, процесах

дихання та фотосинтезі рослин [6]. Крім того, вони інгібують ріст і розмноження багатьох патогенних мікроорганізмів. СК індукує стійкість до збудників хвороб, зумовлює підвищення продуктивності рослин, а її композиції знаходять широке застосування в овочівництві. З огляду на це, метою даної роботи було дослідження впливу СК на компоненти антиоксидантної системи у рослин сортів томатів в умовах бактеріального стресу, який спричинений збудниками бактеріальної крапчастості *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, чорної бактеріальної плямистості *Xanthomonas vesicatoria* та бактеріального раку *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктами досліджень слугували культивовані *in vitro* рослини-регенеранти 14 детермінантних сортів томатів української селекції. Сорти Флора, Клондайк, Елеонора, Оберіг, Атласний, Зореслав, Господар, Кіммерієць, Дама, Легінь, Любимий, Талан, Фландрія та Кумач мали різну стійкість до збудників бактеріальних хвороб.

Рослини-регенеранти томатів культивували на модифікованому живильному середовищі Мурашіге-Скуга, яке доповнене 0,4 мг/л 6-бензил-амінопурину, з додаванням саліцилової кислоти в концентрації 1 мг/л. У дослідах, які моделювали вплив стресового чинника, до основного живильного середовища додавали 4,0 % інактивованих клітин (титром 20×10^9 кл/мл) (ІК) виділених нами штами *X. vesicatoria* ІЗ-30, *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 та *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38, які прогрівали при температурі 100 °С протягом 2,5 год.

Розчинні поліфеноли визначали за методом Folin Ciocalteu в модифікації Singleton Rossi. Визначення суми флавоноїдів здійснювали спектрофотометричним методом і одночасно аналізували калібрувальну криву за кверцетином. Катехіни вимірювали спектрофотометричним методом за допомогою 9 N H₂SO₄ та 1 % ваніліну з утворенням стабільних комплексів. Антиоксидантну активність фенолів встановлювали за модифікованим методом, Блуа та Бранд-Вільямсом з оцінки антиоксидантної активності сполук та екстрактів [7].

Результати досліджень та їх обговорення

Раніше нами було встановлено, що обробка СК в концентрації 1 мг/л стимулювала ріст рослин томатів та проявляла захисний ефект за дії фітотоксичних метаболітів збудників бактеріальних хвороб [11]. Не дивлячись на те, що наведено значну кількість фактичних даних про участь СК у розвитку стійкості до біо- та абіотичних стресів [4], її екзогенний вплив на основні компоненти антиоксидантної системи рослин вивчено недостатньо. Вивчення дії СК на синтез фенольних сполук проводили із застосуванням рослин-регенерантів сортів томатів в культурі *in vitro*, що дозволило звести до мінімуму вплив чинників навколишнього середовища.

В контролі для листків рослин-регенерантів досліджуваних сортів томатів був характерний вміст фенолів на рівні 5,41 – 6,95 мг/л. Нами виявлено, що за дії 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 відбувалося підвищення кількості фенольних сполук в листках рослин сортів томата від 23,05 до 57,70 %, *X. vesicatoria* ІЗ-30 – 23,92 – 59,51 %, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38 – 24,78 – 56,56 % (табл. 1).

Обробка рослин СК підсилювала процеси біосинтезу фенольних сполук в клітинах за дії фітотоксичних сполук збудників бактеріальної крапчастості в 2,49 – 2,82 рази, чорної бактеріальної плямистості – 1,24 – 2,80 рази та бактеріального раку рослин томата – 2,57 – 2,64 рази. Найбільш високим вмістом фенолів серед усіх досліджуваних сортів характеризувалися сорти Оберіг, Фландрія та Атласний, які характеризувалися підвищеною стійкістю до збудників бактеріальних хвороб. За даними Wag A. R. [12], було проведено серію експериментів з нутом (*Cicer arietinum* L.) для оцінки біохімічної відповіді рослин на діапазон концентрацій СК (1, 1,5 і 2 мг/л). Авторами відмічено, що рослини дуже швидко реагували на СК при 1,5 мг/л і показали більш високе накопичення фенолів, H₂O₂ і білків, індукцію активності пероксидази та поліфенолоксидази.

Таблиця 1

Вміст фенолів в листках рослин-регенерантів сортів томатів за дії саліцилової кислоти і фітотоксичних метаболітів збудників

Сорти	Вміст фенолів, мг/л						
	Конт- роль	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> ІЗ-28		<i>X. vesicatoria</i> ІЗ-30		<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ІЗ-38	
		ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л
Клондайк	6,95	9,32	16,68	9,43	16,58	9,25	16,72
Зореслав	6,88	9,50	16,86	9,82	16,78	9,60	16,50
Фландрія	6,00	9,11	17,29	9,24	17,11	9,15	16,20
Легінь	6,38	9,41	16,40	9,29	16,20	9,49	16,31
Оберіг	6,10	9,62	17,19	9,73	17,06	9,55	16,12
Атласний	6,93	9,04	17,41	9,16	17,31	9,07	16,23
Господар	6,37	9,16	16,90	9,21	16,54	9,30	16,43
Кіммерієць	6,81	9,27	16,64	9,38	16,16	9,49	16,45
Флора	5,41	7,74	14,92	7,78	14,60	7,82	14,55
Елеонора	5,77	7,10	14,39	7,15	15,02	7,20	14,86
Дама	5,42	7,50	14,65	7,58	14,43	7,40	14,31
Любимий	5,56	7,86	15,23	7,92	14,73	7,43	14,90
Талан	5,75	7,84	15,43	7,88	14,96	7,60	15,29
Кумач	5,48	7,95	14,72	8,06	14,68	7,82	14,54
НІР ₀₅	0,28	0,38	0,48	0,54	0,37	0,32	0,44

Вміст катехінів в лисках рослин-регенерантів сортів томатів в контрольному варіанті варіював в незначних межах від 3,45 до 4,99 мг/л. В умовах індукованого бактеріального стресу нами встановлено незначні зміни рівня катехінів у рослин-регенерантів досліджуваних сортів томатів (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст катехінів в листках рослин-регенерантів сортів томатів за дії саліцилової кислоти і фітотоксичних метаболітів збудників

Сорти	Вміст катехінів, мг/л						
	Конт- роль	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> ІЗ-28		<i>X. vesicatoria</i> ІЗ-30		<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ІЗ-38	
		ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л
Клондайк	4,24	4,59	28,49	4,45	28,40	4,66	28,32
Зореслав	4,16	4,96	28,80	4,78	28,75	5,08	28,86
Фландрія	4,92	5,16	29,22	5,06	29,28	4,98	29,18
Легінь	4,37	4,70	28,78	4,56	28,85	4,75	28,91
Оберіг	4,99	5,29	29,04	5,04	28,90	5,14	29,15
Атласний	4,79	5,05	29,11	5,12	29,18	5,21	30,02
Господар	4,59	4,98	28,53	4,70	28,60	4,82	28,65
Кіммерієць	4,62	4,90	28,61	4,72	28,54	4,86	28,68
Флора	3,45	3,75	25,98	3,62	25,80	3,70	25,92
Елеонора	3,57	3,86	25,88	3,71	25,80	3,80	25,93
Дама	3,70	4,02	26,19	3,82	26,08	3,95	26,23
Любимий	3,66	3,72	26,41	3,78	26,35	3,87	26,47
Талан	3,88	4,08	27,14	3,94	27,02	4,00	27,20
Кумач	3,65	3,83	26,08	3,74	26,00	3,79	26,18
НІР ₀₅	0,24	0,31	0,44	0,47	0,58	0,38	0,35

В листках сортів томатів, оброблених 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28, вміст катехінів становив 3,72 – 5,29 мг/л. За додавання до живильного середовища 4,0 % ІК *X.*

vesicatoria ІЗ-30 також спостерігалася тенденція до збільшення кількості катехінів, вміст яких складав 3,62 – 5,12 мг/л. Збільшення вмісту катехінів до 3,70 – 5,21 мг/л ми встановили і за дії фітотоксичних метаболітів збудника бактеріального раку *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38.

Обробка рослин-регенерантів СК в концентрації 1 мг/л індукувала накопичення вмісту розчинних катехінів за умов бактеріального стресу. Під дією 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 + 1 мг/л СК вміст катехінів збільшувався в 5,94 – 7,53 рази, 4,0 % ІК *X. vesicatoria* ІЗ-30 + 1 мг/л СК – 5,95 – 7,47 рази, 4,0 % ІК *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38 + 1 мг/л СК – 5,93 – 7,51 рази. В листках рослин-регенерантів сортів томатів максимальні значення вмісту катехінів становили 28,32 – 30,02 мг/мл для сортів з підвищеною стійкістю до збудників бактеріальних хвороб за умов додавання 1 мг/л СК.

Наступним важливим компонентом антиоксидантної системи є флавоноїди. Припускають, що ступінь стійкості рослин до дії фітотоксичних метаболітів залежить від їхнього вмісту, оскільки вони регулюють окисно-відновні процеси, стабілізують клітинні мембрани, модулюють активність ферментів і рецепторів в стресових умовах [5]. Наші дослідження показали, що базовий рівень флавоноїдів в сортах томатів коливався в незначних межах від 3,12 до 4,50 мг/л (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст флавоноїдів в листках рослин-регенерантів сортів томатів за дії саліцилової кислоти і фітотоксичних метаболітів збудників

Сорти	Вміст флавоноїдів, мг/л						
	Конт-роль	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> ІЗ-28		<i>X. vesicatoria</i> ІЗ-30		<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ІЗ-38	
		ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л
Клондайк	4,26	4,44	6,45	4,40	6,58	4,48	6,50
Зореслав	4,22	4,38	6,22	4,32	6,30	4,44	6,38
Фландрія	4,50	4,72	7,09	4,68	7,25	4,75	7,17
Легінь	4,33	4,50	6,43	4,45	6,43	4,74	6,50
Оберіг	4,45	4,67	7,04	4,72	7,12	4,78	7,24
Атласний	4,40	4,62	6,99	4,67	7,09	4,71	7,11
Господар	4,18	4,38	6,20	4,34	6,27	4,43	6,35
Кіммерієць	4,04	4,24	6,09	4,33	6,27	4,37	6,16
Флора	3,12	3,27	4,92	3,22	4,83	3,30	4,72
Елеонора	3,54	3,66	5,14	3,61	4,91	3,69	5,04
Дама	3,24	3,34	5,20	3,30	5,13	3,42	5,02
Любимий	3,48	3,58	5,08	3,53	5,00	3,61	4,95
Талан	3,72	3,87	5,52	3,83	5,43	3,90	5,37
Кумач	3,65	3,77	5,35	3,71	5,23	3,82	5,15
НІР ₀₅	0,38	0,28	0,45	0,31	0,52	0,44	0,63

Так, додавання в середовище 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28 призвело до підвищення вмісту флавоноїдів на 2,87 – 5,00 %, що свідчить про розвиток окисного стресу в рослинах. Незначне збільшення вмісту флавоноїдів на 1,43 – 6,07 % ми спостерігали і за дії 4,0 % ІК *X. vesicatoria* ІЗ-30. Внесення в середовище 4,0 % ІК *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38 викликало підвищення вмісту флавоноїдів на 3,73 – 7,42 %. Разом з тим, обробка СК і дія фітотоксичних метаболітів патогенів призводила майже до двократного підвищення вмісту флавоноїдів щодо контролю (табл. 3). В літературі є дані про вплив СК на захисні реакції інфікованих *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary пробіркових рослин картоплі. Виявлено, що після обробки СК відбувається накопичення фенольних сполук і активація пероксидази в місцях локалізації патогена, що є причиною формування стійкості [3].

Дія фітотоксичних метаболітів збудників бактеріальних хвороб на структуру мембран клітин пов'язана з розвитком окисного стресу, який обумовлений посиленням утворення АФК.

Ключову роль в регуляції кількості АФК в клітинах відіграє антиоксидантна система захисту, основна функція якої полягає в уповільненні і запобіганні окисненню внутрішньоклітинних органічних речовин, здійсненні протекторної дії щодо біологічних структур і детоксикації вторинних метаболітів [9].

Досліджувані сорти томатів ми розділили на дві групи за антиоксидантною активністю фенолів. Це пов'язано з рівнем генерації АФК у даних сортів томата, які відрізняються ступенем стійкості проти фітопатогенних бактерій. В першу групу з високою активністю 4,91 – 5,45 мкМ-екв ввійшли 8 сортів томатів, зокрема Клондайк, Зореслав, Фландрія, Легінь, Оберіг, Атласний, Господар і Кіммерієць. В другу групу з меншою антиоксидантною активністю фенолів 4,14 – 4,36 мкМ-екв ввійшли 6 сортів томатів, а саме Флора, Елеонора, Дама, Любимий, Талан і Кумач.

Показано, що антиоксидантна активність фенолів в листках рослин-регенерантів сортів томата на середовищі з 4,0 % ІК *P. syringae* pv. *tomato* ІЗ-28, *X. vesicatoria* ІЗ-30 і *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІЗ-38 підвищувалася. Так, для першої групи сортів томатів антиоксидантна активність була на рівні 10,57 – 11,36 мкМ-екв, для другої групи – 8,12 – 8,61 мкМ-екв (табл. 4).

Таблиця 4

Антиоксидантна активність фенолів в листках рослин-регенерантів сортів томатів за умов бактеріального стресу

Сорти	Антиоксидантна активність фенолів, мкМ-екв						
	Конт- роль	<i>P. syringae</i> pv. <i>tomato</i> ІЗ-28		<i>X. vesicatoria</i> ІЗ-30		<i>C. michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ІЗ-38	
		ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л	ІК 4,0%	ІК 4,0% + СК 1,0 мг/л
Клондайк	5,10	10,60	12,55	10,81	12,71	10,93	12,85
Зореслав	5,45	10,95	12,93	11,00	13,08	10,90	13,15
Фландрія	5,24	11,00	13,25	11,08	13,43	10,84	13,52
Легінь	5,41	10,82	13,00	10,93	13,12	10,99	13,22
Оберіг	5,34	11,21	13,44	11,15	13,38	11,36	13,54
Атласний	5,15	11,08	13,36	11,21	13,51	11,17	13,42
Господар	5,07	10,57	12,32	10,72	12,68	10,65	12,47
Кіммерієць	4,91	10,68	12,18	10,73	12,33	10,81	12,41
Флора	4,08	8,12	10,02	8,27	10,08	8,20	9,93
Елеонора	4,25	8,30	10,12	8,46	10,02	8,38	9,97
Дама	4,14	8,20	10,08	8,39	10,00	8,27	10,17
Любимий	4,18	8,32	9,86	8,40	9,67	8,46	9,80
Талан	4,36	8,47	9,92	8,40	9,73	8,54	9,82
Кумач	4,21	8,41	9,35	8,53	9,42	8,61	9,50
НІР ₀₅	0,27	0,43	0,35	0,34	0,37	0,53	0,65

Після обробки рослин томатів СК спостерігали очікуване підвищення антиоксидантної активності фенолів. Зокрема, за сумісної дії СК і фітотоксичних метаболітів збудників бактеріальних хвороб в листках рослин-регенерантів антиоксидантна активність фенолів у сортів першої групи підвищувалася на 7,25 – 8,36 мкМ-екв порівняно з контролем, другої групи – 5,14 – 6,00 мкМ-екв. Виявлені нами зміни активності анти-оксидантних процесів у сортах томатів за попередньої обробки їх СК узгоджуються з літературними даними і мають важливе значення для преадаптації рослин до дії бактеріального стресу [2].

В цілому порівняння показників вмісту компонентів і активності антиоксидантної системи свідчить про можливість використання СК як природного індуктора підвищення стійкості рослин томатів до фітотоксичних метаболітів збудників бактеріальних хвороб. При цьому реакція на дію фітотоксичних метаболітів, як і на попередню обробку саліциловою кислотою, виявляється сортоспецифічною.

Висновки

Таким чином, встановлено, що СК підвищує стійкість рослин томатів за дії фітотоксичних метаболітів збудників бактеріальних хвороб, що проявляється у збільшенні інтенсивності синтезу фенольних сполук. При цьому рівень фенольних сполук залежить від активності антиоксидантної системи, зокрема, накопичення катехінів і флавоноїдів. Судячи за зростанням вмісту фенольних сполук та активності антиоксидантної системи в відповідь на дію СК, рослини томатів з підвищеною стійкістю володіли кращою здатністю адаптуватися до впливу бактеріального стресу. Вони мали більш високий базовий рівень фенолів, катехінів, флавоноїдів і активності антиоксидантної системи.

1. *Белых Ю. В.* Влияние салициловой кислоты на антиоксидантную и прооксидантную активность в растительных клетках / Ю. В. Белых, Н. В. Кириллова, А. И. Спасенков // Вестник Санкт-Петербургского университета. — 2009. — Вып. 2. — С. 145—151.
2. *Васюкова Н. И.* Индуцированная устойчивость растений и салициловая кислота / Н. И. Васюкова, О. Л. Озерецковская // Прикладная биохимия и микробиология. — 2007. — 43, № 4. — С. 405—411.
3. *Влияние салициловой и жасмоновой кислот на компоненты про-/антиоксидантной системы в растениях картофеля при фитофторозе* / [Максимов И. В., Сорокань А. В., Черепанова Е. А. та ін.] // Физиология растений. — 2011. — Т. 58, № 2. — С. 243—251.
4. *Карпун Н. Н.* Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета у растений при биогенном стрессе / Н. Н. Карпун, Э. Б. Янушевская, Е. В. Михайлова // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — 50, № 5. — С. 540—549.
5. *Макаренко О. А.* Физиологические функции флавоноидов в растениях / О. А. Макаренко, А. П. Левицкий // Физиология и биохимия культ. растений. — 2013. — Т. 45, № 2. — С. 100—112.
6. *Поликсенова В. Д.* Индуцированная устойчивость растений к патогенам и абиотическим стрессовым факторам / В. Д. Поликсенова // Вестник БГУ. — 2009. — № 1. — С. 48—60.
7. *Починок Х. Н.* Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. — К.: Наук. думка, 1976. — 333 с.
8. *Роль фенольных соединений в растениях* / [Л. Д. Прусакова, В. И. Кефели, С. Л. Белопухов та ін.] // Агрохимия. — 2008. — № 7. — С. 80—90.
9. *Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений* / В. Д. Креславский, Д. А. Лось, С. И. Аллахвердиев, В. В. Кузнецов // Физиология растений. — 2012. — 59, № 2. — С. 163—178.
10. *Шафикова Т. Н.* Молекулярно-генетические аспекты иммунитета растений к фитопатогенным бактериям и грибам / Т. Н. Шафикова, Ю. В. Омеличкина // Физиология растений. — 2015 — Т. 62, № 5. — С. 611—627.
11. *Kolomiets J. V.* Effect of salicylic acid on the components of antioxidant system of tomato plants in terms of bacterial stress / J. V. Kolomiets, I. P. Grygoryuk, L. M. Butsenko // East European Scientific Journal. — 2016. — № 11 (15). — P. 10—15.
12. *Role of salicylic acid in induction of plant defense system in chickpea (Cicer arietinum L.)* / A. R. War, M. G. Paulraj, M. Y. War, Ignacimuthu S. // Plant Signal Behav. — 2011. — Vol. 6 (11). — P. 1787—1792.

Ю. В. Коломиєц, І. А. Григорюк, Л. М. Буценко

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Институт микробиологии и вирусологии имени Д. К. Заболотного НАН Украины

**РОЛЬ ПРИРОДНЫХ ИНДУКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
ТОМАТОВ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ БОЛЕЗНЕЙ**

Доказана целесообразность применения СК как природного индуктора устойчивости растений томатов к возбудителям бактериальных болезней. Показано, что обработка СК повышала антиоксидантную активность фенолов в листьях растений томатов за действия фитотоксичных соединений возбудителей.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, сорта томатов, бактериальный стресс

J. V. Kolomiets, I. P. Grygoryuk, L. M. Butsenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NAS of Ukraine

THE ROLE OF NATURAL INDUCTORS IN THE FORMATION OF RESISTANCE OF TOMATO PLANTS AGAINST PATHOGENS OF BACTERIAL DISEASES

The problem of plant resistance against bacteriosis pathogens is one of the most important in modern horticulture. In this regard, compounds increasing the stability of plant varieties by mobilizing their natural defense mechanisms are increasingly used, in particular salicylic acid (SA). The aim of this work was to study the influence of SA on the components of the antioxidant system in plants-regenerants of tomato varieties in the conditions of bacterial stress caused by bacterial cancer *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, bacterial black spotting *Xanthomonas vesicatoria* and bacterial speck *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. The objects of research were in vitro cultivated plants-regenerants of tomato varieties with different resistance to bacteriosis pathogens. Soluble polyphenols were determined by Folin Ciocalteu method in Singleton Rossi modification. The determination of flavonoid sum was performed with the help of spectrophotometric method with simultaneous analysis of a standard curve for quercetin. Catechins were measured by spectrophotometric using 9 N H₂SO₄ and 1% vanillin with formation of stable complexes. Antioxidant activity of phenols was established with the help of the modified method by Blois and Brand-Williams according to the assessment of antioxidant compounds and extracts. Under the action of 4,0 % of IC *P. syringae* pv. *tomato* IS-28, *X. vesicatoria* IS-30, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* IS-38 it increased the number of phenolic compounds in the leaves of tomato varieties from 23,05 to 59,51 %. Treatment of plants-regenerants with SA at concentrations of 1 mg/l, induced intensification of accumulation of soluble phenols, catechins and flavonoids under bacterial stress. In the leaves of plants-regenerants of tomato varieties the maximum value of content of phenols was 14,54 – 17,41 mg/ml, of catechins – 25,80 – 30,02, and of flavonoids – 3,22 – 7,24 mg/ml in terms of adding 1 mg/l of SA. It is shown that the antioxidant activity of phenols in the leaves of plants-regenerants of tomato varieties of the first group in control was 4,91 – 5,45 mcIU-equiv in the medium with 4,0% IC *P. syringae* pv. *tomato* IS-28, *X. vesicatoria* IS-30, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* IS-38 – 10,57 – 11,21 mcIU-equiv. It is shown that the antioxidant activity of phenols in the leaves of plants-regenerants of tomato varieties of the second group in control was 4,08 – 4,36 mcIU-equiv in the medium with 4,0% IC *P. syringae* pv. *tomato* IS-28, *X. vesicatoria* IS-30, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* IS-38 – 8,12 – 10,17 mcIU-equiv. In the leaves of plants-regenerants in terms of joint activity of SA and phytotoxic metabolites of *P. syringae* pv. *tomato* IS-28, *X. vesicatoria* IS-30, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* IS-38 the antioxidant activity of phenols in first group of tomato varieties increased by 7,25 – 8,36 mcIU-equiv when compared to the control, second group – 5,14 – 6,00 mcIU-equiv.

It was proved application practicability salicylic acid as a natural inducer of the resistance of tomato plants to pathogens of bacterial diseases. It was shown that treatment plants with SA strengthened biosynthesis of phenolic compounds in the cells under the influence of phytotoxic compounds of tomato plant bacterial cancer, bacterial black spotting and bacterial speck pathogen.

Key words: tomato varieties, bacterial stress, antioxidant activity

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 27.09.2017