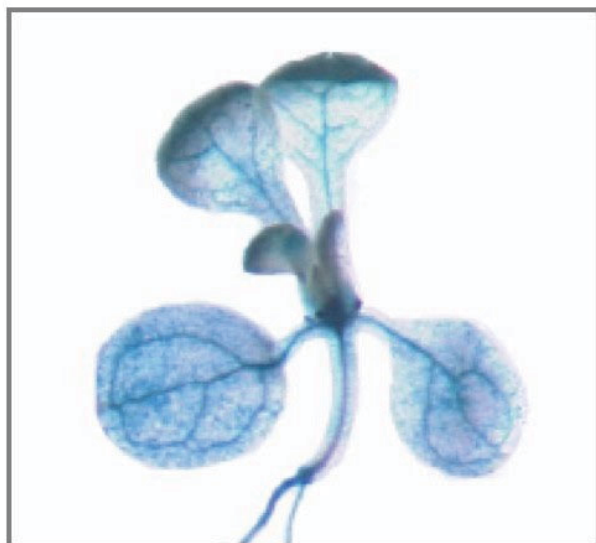


# ЕЛІСІТОРИ ЗАХИСНИХ РЕАКЦІЙ РОСЛИН

Не варто розглядати еліситори як панацею. Адже людство перебуває лише на початковому етапі розгадування механізмів захисту рослин. Проте еліситори допоможуть змінити традиційний підхід у розробленні захисних систем не лише у майбутньому, а навіть і сьогодні...

Тетяна Рожкова,  
науковий редактор,  
Agroexpert (Україна)



**Е**ліситори поступово починають поширюватись українськими полями, але під іншими назвами. Їх зазвичай називають регуляторами чи стимуляторами росту, біопрепаратами, хімічними імунізаторами тощо. І чомусь у рекламних проспектах не розкривають найголовнішого секрету — їхнього механізму дії. У захисті рослин навіть з'явився новий термін — фунгіцид для імунізації — препарат, який, потрапляючи до тканини рослин, призводить до змін їхнього метаболізму, що перешкоджає зараженню бактеріальними та грибовими хворобами або порушує перебіг патогенезу. Раніше вказували лише на їхню лікувальну дію, проте пізніше встановили і профілактичну. Сьогодні ці препарати відносять до системних фунгіцидів, а інколи їх називають системними псевдофунгіцидами.

Еліситори — це речовини, які індукують захисні реакції у рослин. Раніше їх називали індукторами стійкості. Вони з'являються у патосистемах із перших етапів взаємодії між патогеном і рослиною у результаті взаємного ферментативного впливу. Вже на ранніх стадіях розвитку збудників рослина одержує численні й різноманітні сигнали про наявність чужорідного організму і його спробу порушити цілісність клітин. У результаті впізнавання сигналів активуються сигнальні системи, які індукують розвиток набору активних механізмів стійкості рослини.

Еліситори належать до різних класів хімічних сполук. Більшість описаних є вуглеводами, пептидами, ліпідами, глікопротеїнами, гліколіпідами.

Існує дві основні групи еліситорів: абіогенні та біогенні.

## Абіогенні еліситори

До числа абіогенних еліситорів відносять речовини, які не беруть участь у процесах патогенезу, але викликають захисні відповіді рослин. Це, наприклад, іони важких металів, інгібітори окремих ланцюгів метаболізму, фенольні сполуки та деякі антибіотики, хінони, низка фунгіцидів, УФ-радіація. Наразі абіогенними еліситорами заявлені такі діючі речовини пестицидів: беноміл, стробілурини (азоксістробін, крезоксім — метил, трифлорксістробін, піраклостробін, пікоксістробін, флауксастробін), тебуконазол та ін. Так, іони важких металів викликають у рослин картоплі накопичення фітоалексинів, але їх утворюється дуже мало. Одна з можливих причин абіотичної індукції захисних реакцій полягає в тому, що абіотичні еліситори активізують ендогенні гідролази рослинних тканин — нуклеази, пептидази, глюконази й інші ферменти, які відповідають за деградацію біополімерів. Останні здійснюють функції зберігання, передачі та реалізації інформації. Руйнування біополімерів індукує захисні ефекти рослинної тканини.

Порівняно із біогенними абіогенні речовини індукують захисні реакції рослин у високих концентраціях. Інколи вони викликають у рослин низку побічних ефектів, які не відносяться до процесів патогенезу.

Через плутанину із термінами дуже складно розібратись у сучасних дослідженнях і відкриттях. Але під час підготовки матеріалу стало зрозуміло таку закономірність: обирають речовину, доводять, що її застосування призводить до індукції стійкості. І ось — новий елісітор! Проте, насправді, можливо заблукати у нетрях термінології. Навіщо ускладнювати життя, морочити всім голову: чи це абіогенний елісітор, чи фунгіцид, а може індуктор стійкості? Якщо проколоти цвяхом стебло, то у рослині також включаються імунні механізми, які задіюють різні біохімічні реакції. Так що, цвях також можна вважати абіогенним елісітором?

Сподіваємось, що згодом вчені наведуть лад у визначеннях, і у наших головах не буде виникати недоречних думок!

### Біогенні елісітори

Перспективнішими для подальшого розвитку захисту рослин є біогенні елісітори. Лише вони за своїм визначенням відповідають терміну «елісітор». Ці речовини — метаболіти паразитів та їхніх рослин-живителів, які беруть участь у патогенезі. Перший біогенний елісітор було відкрито у 1968 р. (Cruickshank та Perrin), і відтоді їх кількість щорічно збільшується. Ці речовини застосовують у дуже незначних та нешкідливих для рослин концентраціях.

Біогенні елісітори, своєю чергою, можуть бути ендогенними та екзогенними. Ендогенні утворюються в уражених тканинах, проникаючи до рослини, патогени ферментами руйнують віск та кутин, утворюються жирні кислоти. Останні окислюються ліпоксигеназами рослини і набувають якостей ендогенних елісіторів. Після проникнення через кутикулу патоген за допомогою пектолітичних ферментів руйнує пектини — з'являються олігогалактуроніди (табл. 1).

Деякі вчені виділяють ще й вторинні ендогенні елісітори, які утворюються у клітинах рослин за дії біогенних та абіогенних стресів: фітогормони етилен, абсцизову, жасмонову, саліцилову кислоту, а також поліпептид системін і деякі інші сполуки. Так, доведено важливу роль жасмонової кислоти у стійкості рослин до комах і патогенних мікроорганізмів. Екзогенний жасмонат призводить до синтезу цілого набору специфічних білків, до яких, наприклад, належать тіоніни. Вони локалізовані у клітинних стінках рослин, токсичні для грибів і бактерій та, ймовірно, беруть участь у захисних реакціях рослин проти фітопатогенів. Є припущення, що жасмонат є інтегральною частиною системи передачі сигналу, який



регулює у рослинах індукцію захисних генів. Роль саліцилової кислоти у стійкості рослин є складною і суперечливою, адже вона залежить від багатьох факторів (її концентрації, інтервалу між обробкою й інфікуванням та ін.), а іноді переходить у свою протилежність — у підвищення сприйнятливості до хвороби. Ця кислота регулює відкладення полісахаридів калози в отворах плазмодесм і таким чином перешкоджає ближньому транспорту вірусів через плазмодесми, тобто відкладення калози разом із реакцією надчутливості відмежовує заражений симпласт від здорового.

Рідкий препарат для передпосівної обробки насіннєвого матеріалу



Продукт, що містить хітозан рекомендують проти грибкових хвороб та для ристорегуляції

Таблиця 1. Еліситори імунних механізмів рослин

Еліситор	Джерело еліситора	Ферменти		Специфічність дії	Прояв механізму стійкості
		патогена	рослини		
Ендогенні еліситори					
Окислені жирні кислоти	Воск рослини	Ліпази	Ліпоксигенази	Неспецифічна	-
Окислені жирні кислоти	Кутикула	Кутіназа	-//-	-//-	-
Олігогалактуронід (10–20 мономерів)	Пектини рослини	Пектинази	-	-//-	-
Окислені жирні кислоти	Плазматична мембрана рослини	Ліпази	Ліпоксигенази	-//-	-
Екзогенні еліситори					
Олігомери хітину (4–8 мономерів)	Хітин гриба	-	Хітинази	-//-	-
Олігомери хітозану	Хітозан гриба	-	Хітозанази	-//-	-
β-1,3-глюкани	Глюкани гриба	-	β-1,3-глюканаза	-//-	-
β-1,3, β-1,6-гептаглюкозид	Клітинна стінка роду <i>Phytophthora</i>	-	Глюканази	Специфічна дія до бобових	Синтез фітоалексинів
Арахідонова кислота	Клітинні стінки <i>Phytophthora infestans</i>	-	Ліпоксигенази	Специфічна дія до картоплі	Синтез фітоалексинів
5, 8, 11, 14, 17-ейкозапентаєнова (ЕПК)	Клітинні стінки <i>Phytophthora infestans</i>	-	-//-	Специфічна дія до картоплі	Синтез фітоалексинів
Ергостерол	Плазматична мембрана гриба	-	-//-	Неспецифічна	-
Ксиланаза	Клітини гриба	-	-	-//-	-
Еліситіни	Рід <i>Phytophthora</i>	-	Глюканази	Специфічна дія до пасльонових	-
Флагелін	Компонент пілей бактерій	-	Немає даних	Неспецифічна	-
β-1,4-глюкозамін	Клітинні стінки міцелію <i>Fusarium solani f. pisi</i>	Немає даних	Немає даних	Специфічна дія до гороху	Синтез фітоалексинів
Глікопротеїн	Клітинні стінки міцелію <i>Puccinia graminis f. tritici</i>	Немає даних	Немає даних	Специфічна дія до злаків	Накопичення лігніну
Епоксістеаринова кислота	Уредініоспори <i>Puccinia graminis f. tritici</i>	Немає даних	Немає даних	Специфічна дія до злаків	Накопичення лігніну

Екзогенні еліситори виділені із патогенів або середовищ їхнього культивування. Основу клітинних стінок більшості грибів становлять хітин, хітозан і глюкани. Поверхневі клітини рослин у незначних кількостях містять ферменти (хітинази, хітозанази, глюканази), які частково руйнують клітинну стінку у перші години контакту. Через деякий час утворюються олігомери хітину, хітозану та інших полімерів патогенів, які слугують сигналами для посиленої активації синтезу

цих ферментів. Окрім полісахаридних похідних, гриби утворюють еліситори, які належать до інших хімічних груп: ліпомістні молекули (арахідонова, ейкозатетраєнова, ейкозапентаєнова жирні кислоти) та стерини (ергостерол).

### Препарати на основі біогенних еліситорів

Науковці написали безліч статей, а ми, своєю чергою, проаналізували асортимент препаратів на основі еліситорів. Навіть якщо врахувати всі не зо-

У ЄС хітозан зареєстрований як безпечна діюча речовина безпечних препаратів для рослинництва



Таблиця 1. Еліситори імунних механізмів рослин

Препарат	Еліситор	Додаткова речовина	Ефективність
Фітохїт	Хїтозан	Фїзіологічно активні речовини	Проти грибів і галових нематод
Цитохїт	Хїтозан	Хїтофос і цїторіновий фіторегулятор діфосет	Проти грибів, регулятор росту
Екогель	Хїтозан	Органічні (молочна кислота) кислоти, іони срібла	Проти грибів, бактерій та стресу рослин
Нарцис	Хїтозан	Янтарна та глютамінова кислоти, мікроелементи	Проти грибів, регулятор росту
Імуноцітофїт	Арахїдонова кислота (C <sub>20</sub> H <sub>31</sub> O <sub>2</sub> ) (етилловий ефір арахїдонової кислоти)	Етилові жирні кислоти і сечовина	Проти грибів та стресу рослин

всім зрозумілі препарати, яким приписують підвищення імунітету у рослин, їх не так уже й багато. Задумались чому. До того ж більшого поширення вони набули у приватному секторі, в овочівництві та плодівництві й садово-парковому господарстві. Не пускають чомусь ці речовини на безмежні поля України? Чи то аграріям не цікаво?

За даними О. К. Яблонської, надбавка врожаю за використання біогенних еліситорів становить від 10 до 30% залежно від умов року, сортів рослин і особливо інфекційного навантаження патогенів. Ці препарати застосовують для обробки ґрунту, замочування насіння й рослин, обприскування останніх у період вегетації.

Нині російські вчені підвищили ефективність препаратів на основі еліситорів шляхом додавання різних речовин (табл. 2).

Хїтозан широко застосовують для захисту рослин у світі. В ЄС він зареєстрований як діюча речовина декількох безпечних препаратів для рослинництва: Chito Plant (ChiProGmbH, Бремен, Німеччина), Biochit (Agritalia, Італія), Stemicol Plant Response Biotech, Іспанія). У Китаї виробляють та імпортують у різні країни індуктор стійкості U-lemei на основі хїтозану (Qingdao Jingling Ocean Technology Co., Ltd). У Південній Кореї виробник Kunroong Bio Co. Ltd. пропонує препарат Biofarm. У США хїтозан, як діючу речовину, використовують на більшості сільськогосподарських культур: зернових, овочевих, картоплі, цитрусових, плодкових, ягідних, декоративних і квіткових, бавовнику й винограді — для обробки



насіння та обприскування рослин. На його основі створені препарати, зареєстровані як біохімічні фунгіциди: Elexa, Greenland і PDB (Plant Defense Booster), (Safescience Products, Inc.), YEA (Yield Enhancing Agent), (DCV Inc.). Новий варіант препарату YEA на основі нанорозмірних часток хїтозану був зареєстрований у США у 2009 р. як нове покоління природних еліситорів. Один мілілітр цієї препаративної форми містить більше  $14,4 \times 10^{13}$  молекул низкомолекулярного хїтозану і в 600 разів ефективніший за звичайний (за даними С. Л. Тютерева, 2015 р.). ■

Обробка еліситорами індукує захисні реакції рослин