

# ФІТОГОРМОНИ ТА ФІТОГОРМОНАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ РОСЛИН



*Марія Ярошко, Німецький аграрний центр, за матеріалами семінару К. Бреммер, др. Х.Шонбергера, спеціалістів N.U. Agrar GmbH, Німеччина*

Під час свого росту та розвитку культурні рослини зазнають впливу низки різноманітних факторів. При цьому узагальнено ці фактори впливу можна розподілити на зовнішні, або екзогенні, та внутрішні, або ендогенні. Слід зауважити, що багато природних факторів не піддаються господарському впливу. Так, на зовнішні фактори, такі як температура навколишнього середовища, перебіг яровизації, тривалість світлового дня та, наприклад, інтенсивність сонячного опромінювання, людина вплинути не може. Однак на значний перелік внутрішніх факторів, до яких належать генотип рослин, забезпеченість їх поживними речовинами, побудова посівів та інші, господар може за бажанням вагомо впливати. До однієї з груп факторів внутрішньої регуляції розвитку та росту рослин належать фітогормони.



Фітогормони можна розглядати як «хімічних по- сильних». В невеликих концентраціях у рослинах вони регулюють організовану роботу клітин та органів. Фітогормони є сильними біостимуляторами, тобто вони здатні підвищувати імунітет рослин, сприяти укоріненню, підвищувати схожість та покращувати проростання, знижувати негативну дію несприятливих факторів зовнішнього середовища, таких як похолодання або посуха, пришвидшувати досягання плодів. При цьому, на відміну від ферментів, що також

у невеличких концентраціях здатні виконувати роль каталізаторів біохімічних процесів у клітинах, для різних фітогормонів важливим є як їх абсолютний об'єм – вирішальний фактор для росту рослини, так і їх співвідношення, яке відповідає за диференціацію рослинних тканин та органів. Загалом регулюванню з боку фітогормонів піддаються такі процеси як проростання рослини, утворення та диференціація органів, проходження відповідних стадій розвитку, пригнічення або стимулювання апікальної домінанти, перерозподіл асимілятів, старіння рослини та дозрівання плоду, період спокою зародка перед проростанням тощо. Різні фітогормони мають відповідний спосіб хімічної дії, утворюються в різних місцях у рослині, а також характеризуються різним механізмом перенесення їх по рослинному організму.

## ЦИТОКІНІНИ

Важливими рослинними фітогормонами є цитокініни (СУТ). Основними місцями їх синтезу є кінчики коріння, насіння на момент його проростання та перед дозріванням. Цитокініни також утворюються під час біосинтезу протеїну меристеми. По рослині вони переносяться не полярно. Основною функцією цитокінінів є стимуляція поділу клітин, утворення органів для накопичення асимілятів «sink» – зерно, синтез білків, затримка старіння, регуляція роботи стоми, переривання стану спокою рослини, а також активація поглинання води та калію. Цитокініни беруть участь у багатьох фізіологічних процесах в рослині, морфогенезі пагону та кореня, дозріванні хлоропластів, лінійному рості клітини, утворенні додаткових

бруньок та старінні. Підвищенню рівня цитокінінів у рослині сприяє утворення великої кількості маленьких корінців, підвищення інтенсивності сонячного опроміювання, великий вміст азоту у ґрунті, а також такий елемент як марганець завдяки його важливості для абсцизової кислоти, що виступає антагоністом цитокінінів. Затримують дію цитокінінів спекотна погода і надлишок вуглекислого газу, порушення водного балансу та нестача поживних речовин.

## АУКСИНИ

Дуже важливими для доброго росту коріння та утворення бокових коренів у достатньому об'ємі є ауксини (AUX). Основними місцями їх синтезу є рослині ембріони, меристема, молоді листочки, пилкок, а також основна накопичувальна тканина. Ауксини здійснюють вирішальний вплив на розтягнення клітин та еластичність клітинних стінок. Вони регулюють апікальну домінанту, а також транслокацію інших гормонів та асимілятів. Сприяють підвищенню рівня ауксинів перш за все високі нічні температури та такі елементи як цинк і фосфор, а також глибоке відкладання насіння при посіві. Гальмує дію ауксину висока інтенсивність світлового опроміювання, а також такий елемент як марганець, який є складовою ферменту ауксинооксидази. Регулюють рівень ауксинів також великі обсяги нітратів та певні регулятори росту. Слід зауважити, що високий рівень ауксинів при глибокому відкладанні насіння нібито й сприяє їх проростанню, але через значні витрати запасів поживних речовин із зерна, яких рослині повинно вистачити до стадії трьох листків, перш ніж вона перейде на самозабезпечення за рахунок кореневої системи, вони закінчуються значно раніше, що призводить до голодування і навіть загибелі паростків.

Співвідношення ауксинів та цитокінінів є ключовим чинником поділу клітин і диференціювання рослиної тканини. Так, наприклад, при співвідношенні в рослині цитокінінів та ауксинів 1:10 розвиваються як лист, так і коріння. Коли співвідношення змінюється на користь цитокінінів (3:1) – рослина утворює тільки листя; на користь ауксинів (1:120) – в рослині розвиваються тільки корені. Цитокініни виявляють велику схожість з ауксинами, проте існують і істотні відмінності. Головне, у цитокінінів зовсім інше місце синтезу. Якщо ауксини синтезуються в апексі пагона, то цитокініни – біохімічний «маркер» кінчика кореня. Так, якщо з якихось причин кінчики коріння відмирають або ріст коріння пригальмовується, що часто трапляється у разі заморозків чи посухи, рослина практично позбавлена можливості підвищити природним шляхом рівень цитокінінів, які необхідні для закладання пагонів та колоска, утворення ендосперму у зерні та затримки процесу старіння. До того ж ауксини транспортуються по рослині зверху вниз, а цитокініни – навпаки. Поведінка рослини щодо регуляції її розвитку добре узгоджується з функцією ауксинів і цитокінінів як «гормонів благополуччя» пагонів і коренів відповідно. Нестача ауксинів сприймається клітинами як недостатність розвитку пагонів і стає сигналом для їх утворення. У диференційованих пагонах відбувається синтез ауксинів і баланс гормонів відновлюється. Аналогічний механізм спрацьовує при нестачі цитокінінів – рослина переходить до посиленого формування коріння.

### ЕКЛАТ 750, в. г.

(тифенсульфурон-метил, 250 г/кг + римсульфурон, 500 г/кг)  
Системний післясходовий селективний гербіцид для боротьби з однорічними та багаторічними дводольними та злаковими бур'янами в посівах кукурудзи.

### РИМАКС Д 762, в. г.

(трибенурон-метил, 102,5 г/кг + дикамба, 659 г/кг)  
Системний післясходовий гербіцид для боротьби з дводольними бур'янами. Використовується на озимій пшениці, озимому ячменю, ярій пшениці, ярому ячменю, житі.

### РИМАКС Плюс 750, в. г.

(трибенурон-метил 500 г/кг + амідосульфурон 250 г/кг)  
Системний післясходовий гербіцид для ячменю ярого та пшениці озимої проти однорічних та багаторічних дводольних бур'янів, в т.ч. стійких до 2,4 Д.

### САМУМ 150, в. р.

(дикват дибромід, 150 г/л)  
Універсальний десикант контактної дії для підсушування насіння соняшнику. Контактно-системний гербіцид суцільної дії для знищення бур'янів.

### СУПЕРКЛІН 480, в. р.

(ізопропіламінна сіль гліфосату, 480 г/л,  
у кислотному еквіваленті 360 г/л)

### ТОПЛАНЦ 240, к. е. + ПАР Стаф

(клетодим, 240 г/л)

Системний післясходовий грамніцид для боротьби з однорічними і багаторічними злаковими бур'янами на посівах цукрових буряків, соняшнику, гороху, ріпаку, сої, цибулі, льону.

### ЦЕФЕЙ 642, в. г.

(римсульфурон, 32,5 г/кг + дикамба, 609 г/кг)  
Системний післясходовий гербіцид для боротьби з однорічними та багаторічними злаковими та дводольними бур'янами в посівах кукурудзи.

### СУПЕРКІЛ 440, к. е.

(циперметрин, 40 г/л + хлорпірифос, 400 г/л)

### ГОЛДАЗІМ 500, к. с.

(карбендазім, 500 г/л)  
Післясходовий контактний фунгіцид та протрувач насіння зернових, цукрового буряку та соняшнику.

### ПАТРОЛЬ 770, з. п.

(гідроокис міді, 770 г/кг)  
Контактний фунгіцид, що має профілактичну бактерицидну дію проти широкого спектру збудників хвороб.

### ДЖЕРСІ 120, т. к. с.

(тебуконазол, 120 г/л)  
Економічно вигідний системний протруйник для обробки насіння зернових культур.

## ГІБЕРЕЛІНИ

Надзвичайно важливими для активації багатьох рослинних ферментів є гібереліни (GA). За своєю хімічною природою це дітерпенові поліциклічні кислоти, які відносяться до карбонових кислот. Основними місцями утворення цих фітогормонів є меристематичні тканини насіння, коренева меристема, меристема пагона, а також молоді листки. Гібереліни є активаторами так званих «початкових ефектів» у рослині – проростання зерна, вихід у трубку, утворення зерен, впливають на розтягнення клітин та проникність клітинної стінки, сприяють росту та розвитку. До того ж вони сильніше стимулюють ріст рослини, ніж ауксини, що при нестачі даних фітогормонів може призвести до утворення карликових форм, а при надлишку – до переростання рослин. Підвищенню рівня гіберелінів у рослині сприяють такі фактори: проходження яровизації – обов'язкової умови для переходу рослин до генеративного розвитку, довгий світловий день, такі поживні речовини як азот та цинк, а також достатньо теплі денні та нічні температури. Перешкоджають дії гіберелінів значні перепади погодних умов (холод та спека), короткий світловий день, а також такий фітогормон як етилен. Оскільки гібереліни сприяють значному пришвидшенню утворення зеленої маси рослин, то їх високий рівень повинен забезпечуватися відповідним надходженням поживних речовин. Найвищий рівень гіберелінів спостерігається на момент проростання та під час виходу у трубку.

## АБСЦИЗОВА КИСЛОТА

Абсцизова кислота (ABA) – це класичний стресовий гормон. Вона утворюється у пагоні, старіючих листках, під час дозрівання плодів та взагалі у рослині, яка на даний момент страждає від стресу. Абсцизова кислота регулює старіння рослини, а саме опадання листків, перехід до стану спокою. Її рівень зростає під впливом таких стресових факторів як спека, холод або посуха, а також такого фітогормону як етилен. Протидіють абсцизовій кислоті цитокініни та марганець. При підготовці рослин до зими абсцизова кислота зумовлює гальмування росту, призупиняє поділ клітин камбію та зупиняє первинний та вторинний ріст. Абсцизова кислота також утворюється у корінні рослин у відповідь на зниження водного потенціалу. Потім, потрапляючи до листків, вона зумовлює зміну клітин стоми та її закриття, що є захисною реакцією, яка знижує транспірацію та попереджає подальшу втрату вологи через листя. Загалом абсцизова кислота діє антагоністично по відношенню до всіх інших фітогормонів, що стимулюють ріст, і є таким чином природним інгібітором росту. Завдяки активації механізмів пристосування до несприятливих умов та через гальмування росту та розвитку абсцизову кислоту слід вважати життєво необхідною для рослини, коли йдеться про вплив на неї біотичного та абіотичного стресу.

## ЕТИЛЕН

Етилен (ETH) утворюється повсюди у рослині під час її старіння або дозрівання. Він синтезується переважним чином із амінокислоти метіоніну, що частково стимулюється ауксином. Етилен затримує розтягнен-

ня клітин та зменшує проникність клітинної стінки, підвищуючи таким чином морозостійкість, а також регулює процес старіння рослини, опадання листя та дозрівання плодів. Зростанню рівня етилену сприяють абсцизова кислота, ауксини, холод, спека, посушливі умови, поранення та пошкодження рослин. Протидіють цьому цитокініни як фітогормони молодості, певні фунгіциди (що містять стробілурін), а також такі поживні елементи як азот, марганець, мідь та залізо. Ефект від дії етилену може застосовуватися навіть для забезпечення дозрівання вже зібраного врожаю. Це зумовлюється його здатністю викликати збільшення своєї концентрації самовільно у присутності та за індукцією власного невеличкого об'єму. Окрім того, етилен є сполукою «тривожного сигналу», наприклад при ураженні рослини шкідниками або травмуванні. Відповідно він разом із іншими речовинами бере участь у відмежуванні ураженої ділянки, а також утворенні рослинних отрут. В газоподібній формі етилен здійснює попереджувальний вплив і на сусідні рослини або їх частини, зумовлюючи в них запуск підготовчого процесу до можливого пошкодження. Великі обсяги етилену, що утворюються у рослині, яка не встигла достатньою мірою перенести асиміляти з місця їх утворення (листя) до місця накопичення (зерна), можуть зумовити недостатнє наливання зерна та досягання напівпустих зерен. Відповідне мікроелементне підживлення рослин під час страждання їх від стресу – дія абсцизової кислоти – зумовлює краще перенесення стресових умов, попереджає різке зростання рівня етилену та подовжує процес досягання для покращення врожайності.

## ВЗАЄМОДІЯ ФІТОГОРМОНІВ У РОСЛИНІ

Відповідним чином можна охарактеризувати антагоністичний вплив різних фітогормонів на проходження певних процесів у рослинному організмі. Наприклад, гібереліни сприяють проростанню. В пивоварній промисловості доведеним є той факт, що при обробці зерен ячменю гібереліном спостерігається пришвидшення проростання для отримання високоякісного солоду. Обробка позитивно впливає на швидкість росту та рівномірність розвитку паростків. Затримує процес проростання абсцизова кислота. Взагалі абсцизову кислоту як гормон стресу та етилен як індуктор старіння рослин відносять до групи фітогормонів, які затримують розвиток рослини. В свою чергу цитокініни, ауксини та гібереліни його стимулюють. Цитокініни – це основні індуктори поділу клітин, синтезу білків та прояву ефекту «озеленіння» (омолодження) рослин, а ауксини забезпечують подовження клітин, регулюють ріст коріння, утворення бокових коренів та визначають довжину кореневої системи, а, відповідно, і укорінення рослини. Що ж до закладання листя, то тут цитокініни сприяють утворенню листових зачатків, а от ауксини стримують цей процес. Закладанню та росту листя, пагонів та колоса також перешкоджає абсцизова кислота. Вплинути на цей процес можна, наприклад, за допомогою цитокінінів або гальмування дії ABA (азолі, стробілурін, азот). Але чи завжди це буде доцільним – залишати рослину беззахисною перед стресовими умовами? Коли стресові періоди надійно обмежені у часі, такі дії можуть дати бажаний результат підвищення продуктивності, але перед дов-

готривалим стресом це може знизити шанси рослини на виживання. Вагома зміна фітогормонального рівня відбувається у рослині при переходах її по стадіях розвитку. Так, заміна куштиння на вихід у трубку зумовлюється впливом гіберелінів з ауксинами, в той час як цитокініни гальмують цей процес. Гібереліни є «внутрішнім годинником» рослини, саме вони індукують перехід рослини по стадіях розвитку і надають їй інформацію про потребу здійснення наступного кроку. Багато регуляторів росту гальмують дію ауксину, що пригнічує апікальну домінанту, той самий ефект здатні викликати і цитокініни. Завдяки дії ауксину зернові, які полягають до цвітіння, як правило, знов піднімаються за рахунок вирівнювання верхнього міжвузля. Коли ж мова йде про формування врожайності, важливу роль тут відіграють декілька гормонів, а саме їх взаємодія. Важливу роль в успішному поділі клітин і формуванні зерна відіграють цитокініни. Для того щоб рослина переносила асиміляти з листя до органів накопичення, потрібний ауксин, а от для кінцевого досягання не обійтися без абсцизової кислоти та етилену. Але кожному гормону для найбільш бажаної дії на формування врожайності необхідна певна тривалість дії. Зазвичай найперший пік вмісту фітогормонів припадає саме на перші кілька тижнів після цвітіння – спостерігається високий рівень цитокінінів. Приблизно з другого по п'ятий тиждень спостерігається найвищий рівень гіберелінів – індуктор зміни стадії розвитку, на четвертий-п'ятий – пік вмісту ауксину, який змінюється високим рівнем абсцизової кислоти на момент досягання. Порушення балансу такої фітогормональної регуляції може призвести до недостатнього формування органів врожайності (наприклад, замале насіння, мало ендосперму), недостатнього перенесення асимілятів до органів накопичення (зелена солома та вже жовті стиглі колоски), неякісного врожаю через занадто швидке досягання (неякісний протеїн тощо) або надмірне уповільнення наливання зерна і досягання, коли ці фази проходять у дуже несприятливих погодних умовах.

Існує також класифікація сортів, наприклад пшениці, за фітогормональним типом утворення врожайності. Так, цитокінінові сорти формують найбільшу врожайність за рахунок високої щільності посівів та великої ваги тисячі насінин (сорти Подолянка та Краснодарська). Ауксинові сорти формують найвищу врожайність за рахунок утворення одного великого колоска на головному пагоні (сорт Актор). Гіберелінові сорти характеризуються великою щільністю зерен у колоску (сорт Кубус). Але існують також і змішані типи сортів без певного визначеного генетичного акценту. Їх характеризують як компенсаторні типи, які можуть вирівнювати врожайність за рахунок збільшення щільності, ваги тисячі насінин, утворення одного міцного або кількох колосків з доброю щільністю зерен у них (сорт Канцлер). Тому в рамках своєї господарської діяльності сільгоспвиробники можуть регулювати ріст та розвиток рослин через втручання у фітогормональну регуляцію, на неї орієнтуються під час своєї дії більшість хімічних препаратів рослинництва – регуляторів росту, засобів захисту рослин тощо. Але робити це необхідно обдумано та обережно, бо, незважаючи на нібито невеличкі об'єми діючих речовин, фітогормони можуть повністю змінити напрям розвитку рослини, дезорієнтувати її або навіть призвести до її загибелі. 🌱

## Рідкі мікродобрива КОДА:

### КОДА Фол 14-6-5 в. р.

Добриво для позакореневого підживлення рослин, містить повний спектр макро- та мікроелементів, а також стимулятор росту ААТС.

### КОДА Фол N 33 в. р.

Азотне добриво, що містить мікроелементи, хелатизовані лігносульфунатами, застосовується як активна добавка азоту на початкових стадіях розвитку сільськогосподарських культур та в активній стадії росту рослин.

### КОДА Фол 7-21-7 в. р.

Добриво для позакореневого підживлення рослин з високим вмістом фосфору та повним спектром мікроелементів.

### КОДА Комплекс в. р.

Рідкий комплекс мікроелементів в суміші із біостимуляторами (амінокислотами) та мікроелементами, що хелатизовані лігносульфунатами.

### КОДА Zn-L в. р.

Хелатизований лігносульфунатами комплекс цинку, спеціально рекомендований для попередження та поповнення нестачі цинку.

### КОДА Бор в. р.

Добриво з концентрацією бору (140 г/л), рекомендоване для попередження та поповнення нестачі бору, необхідного для запилення і утворення зав'язі.