

Едни от най-важните вътрешни фактори, регулиращи интензивността на растежа, неговото засилване или забавяне, образуването на репродуктивни органи и нарастването на плодовете, са природните фитохормони. Хормоните са вещества, които се синтезират в много малки количества в една част на растението и се транспортират до друга, където активизират процесите на растежа и на органогенезата (предизвикват отговор). Растенията образуват редица хормони, които контролират различни елементи на растежа: удължаване на стъблото, покой на пъпките и семената, цъфтеж, формиране, нарастване и зреене на плодовете, реакция към светлината и земното притегляне.

Фитохормоните регулират растежа, клетъчното делене и пропускливостта на мембраните, растежните движения и дразнимостта. Ето защо те носят названието „растежни регулатори“. Растителните хормони осигуряват функционалната цялост на растенията и спомагат за адекватната им връзка с условията на растежната среда.

При растенията растежните вещества се намират в големи количества в младите листа, пъпки и в стъблените върхове или там се образуват само предшествениците им, които се транспортират към основата на стъблото и към корените, където преминават във физиологично активна форма.

Способността на фитохормоните да регулират растежа се определя от различната чувствителност на отделните органи на растенията към действието им.

Според характера на действието си върху растежа природните растежни регулатори се делят на две основни групи: стимулатори и инхибитори. Растежът се контролира от количественото съотношение между тези две групи вещества. В зависимост от концентрацията им и от чувствителността на отделните органи едни и същи растежни вещества могат да имат както стимулиращ, така и потискащ ефект върху растежа.

Природни стимулатори на растежа

В тъканите на растенията се срещат следните растителни фитохормони: ауксини (А),

гиберилини (Г) и цитокинини (Ц).

Ауксини: хетероауксин, индолил -3 -оцетна киселина (ИОК) и около 20 други съединения, които се синтезират в почти всички тъкани, но предимно в апикалните меристеми, в нарастващите листа, цветове, плодове и семена. Източник на А са запасните тъкани на семената, цветният пращец и колеоптила при житните растения. Тези вещества са производни на ароматните аминокиселини и бързо се инактивират при силна светлина и при свързване с белтъци. Придвигват се от листата по флоема активно – с разход на метаболитна енергия – в полярна посока през мембраните и клетъчните стени на паренхимните и камбиални клетки, а така също и базипетално (към основата на стъблото) – със скорост 5-15 mm/h, акропетално (към върха на короната) и напречно - много по-бавно. При недостиг на кислород и неблагоприятни температури, както и под действието на токсични агенти движението им се блокира.

В ниски концентрации А стимулират растежа и инициират деленето на клетките, както и диферинцирането на ксилема и флоема, регулират растежните движения, ускоряват коренообразуването при вегетативното размножаване на резници, контролират превръщането на завръза в плод, нарастването на плодовете, притока на хранителни вещества към активно растящите органи на растенията. Ауксините поддържат растежа на върхната пъпка и потискат развитието на страничните пъпки (апикално доминиране), забавят опадането на листата.

Най-чувствителни към А са корените на дървесните растения, следвани от страничните пъпки, главната ос на стъблото и върхните пъпки. Това определя апикалното доминиране и формата на короната. Бързорастящите млади дървета имат значително по-висока продукция на ауксини. Нарастването на камбиалната активност от върха към основата на стъблото се определя от движението на ауксините в това направление.

Една и съща концентрация на ауксини може да стимулира растежа на стъблото и същевременно да потиска нарастването на корените и на страничните пъпки. Количеството на ауксините, което потиска удължаването на корените, може да стимулира образуването на нови корени при пресаждане на дървета. Във високи концентрации тези фитохормони потискат растежните процеси. Оптимални концентрации за корените и стъблата са  $10^{-5}$  –  $10^{-6}$ , а за листата и пъпките –  $10^{-8}$  –  $10^{-10}$ .

Ауксините предизвикват бърза реакция от страна на клетките – чрез промяна в пропускливостта на мембраните и бавна реакция – чрез активиране и потискане на определени гени, отговарящи за растежните процеси.

Гиберилини: дитерпеноиди, включващи 4 изопренови остатъка. Открити са в екстракти от всички части на висшите растения (стъбла, корени, листа, цветни пъпки и семена). Синтезират се в пластидите на клетките на интензивно растящите органи. Гиберилините се движат по флоемата и ксилемата, движат се предимно по младите растящи тъкани (връхната част на стъблото, корена и незавършилите растежа си листа).

Гиберилините стимулират удължаването на клетките и ускоряват деленето им, контролират мобилизирането на резервните вещества в семената, регулират растежа на плодовете и предизвикват прекъсване на покоя. Ефектът им върху тъканите зависи от интензивността и спектралния състав на светлината.

Гиберилините повлияват пропускливостта на мембраните, структурирането на ендоплазмената мрежа, синтеза на ДНК и белтъците, в това число и ензимите.

Цитокинини: аденин, кинетин (6-фурфориламинопурин), зеатин и др.- общо 28 вида производни на пуринните биологично активни вещества. Съдържат се в растящите коренови връхчета, ксилемния сок, зреещите плодове и покълнаващите семена. Движат се по флоемата и ксилемата.

Цитокинините стимулират клетъчното делене, синтеза на нуклеинови киселини и на белтъци; ускоряват удължаването на клетките и органогенезата, залагането и развитието на генеративните органи; регулират апикалното доминиране, прекъсват покоя, стимулират развитието на грудковите бактерии, позеленяването на листата и развитието на ултраструктурата на хлоропластите, забавят стареенето на листата.

Цитокинините увеличават броя на рибозомите, стимулират синтеза на РНК и на ензимите, регулират пропускливостта на мембраните.

### Природни инхибитори на растежа

Растежните инхибитори са биологично активни вещества, които най-общо забавят растежа и ускоряват стареенето. Те се придвижват слабо и имат локално действие върху тъканите при натрупване във високи концентрации. Първичната им синтеза се извършва в хлоропластите. Натрупват се в зрелите плодове, в старите органи, корени, грудки, а също така и в стъблените и коренови върхове.

Природните инхибитори временно задържат растежа, регулират покоя, ускоряват листопада, забавят удължаването на клетките, потискат синтезата и активността на хидролитичните ензими. Те намаляват съдържанието на фитохормоните, като потискат синтеза и ускоряват разграждането им.

Естествени инхибитори на растежа при растенията са абсцисиева киселина (АБК), етилен и фенолни съединения.

### Абсцисиева киселина (АБК)

АБК е сесквитерпеноид и се синтезира от мевалоновата киселина. Тя се образува чрез циклизация и модификация на фарнезилпирофосфата или чрез катаболитни превръщания на каротиноида виолоксантин. Среща се в свободно и в свързано състояние обикновено като естер с глюкозата.

АБК се съдържа във всички растителни органи – корен, стъбло, пъпки, плодове и семена. Биосинтеза на АБК протича в хлоропластите, откъдето дифундира в цитоплазмата и през плазмодезмите се предава от клетка в клетка. Тя се движи по флоемата и ксилемата.

АБК потиска растежа на корени и леторасли, регулира настъпването на покоя на пъпките и семената, апикалното доминиране, регулира процесите на стареенето на листата, като ускорява пожълтяването им чрез усиляване на деленето на клетките в отделителния слой и активността на разграждане на ензими, потиска покълването на

семената. АБК повишава приспособителните свойства на растенията и затова е наречена „хормон на стреса“. Наблюдавано е и стимулиращо действие на АБК върху растежа на корени и плодове при някои видове растения.

АБК влияе върху проницаемостта на мембраните, регулира разпределението на  $K^+$ , блокира синтеза на белтъците, на ензимите и на РНК.

Етилен: газообразно вещество, производно на аминокиселината метионин, синтезира се в стъблените връхчета, в цветовете, листата и плодовете. Място на синтеза му е външната клетъчна мембрана. Движи се по междуклетъчните пространства.

Етиленът забавя растежа на клетките и удължаването им, като потиска деленето и синтеза на нуклеинови киселини, предизвиква епинастии, потиска апикалното доминиране и радиалния транспорт на ауксините, ускорява окислението им и повяхването на цветовете, както и съзряването и опадването на листата и плодовете.

Етиленът проявява своя ефект върху растежните процеси чрез промяна в пропускливостта на мембраните и ускоряване на процесите на разграждане.

Фенолни съединения: голяма група вещества с разнообразна структура (бензоена киселина, салицилова киселина, кумарова киселина, кумарин, кафеена киселина, галова киселина, ферулова киселина и пр.), които участват в много физиологични процеси. Първичната синтеза на фенолните инхибитори става в хлоропластите. Фенолни съединения са открити и в различни органи, като семена, леторасли, стъбла, корени, цветни органи, плодове и пъпки в покой. Тези вещества участват в преноса на електрони в хлоропластите и митохондриите, както и в редица синтетични процеси и в лигнификацията на клетъчните стени. Те не се транспортират между отделните части на растението и упражняват физиологичното си действие в местата, където се синтезират. Ефектът им се проявява при значително по-високи концентрации от тези на растежните стимулатори. Клетката може да ги изолира от цитоплазмата чрез натрупването им във вакуолата под формата на комплекси със захари и други метаболити.

Фенолните съединения активират или инхибират ензимите, участващи в биосинтезата

на ауксините, с които имат общ представител.

Механизъм на взаимодействие между природните стимулатори и инхибитори

Отделните растежни регулатори упражняват ефекта си върху определени клетки-„мишени“ : стъблените клетки – за ауксините и гиберилините, паренхимните клетки на листата – за цитокинините, клетките от зоната на отделителния слой – за АБК и етилена. Фитохормоните и растежните инхибитори се свързват с мембранни *белтъци - рецептори* , които са проводници на ефекта им.

Системата „*фитохормони– инхибитори*“ действа координирано чрез взаимни изменения в концентрациите и промяна на съотношенията в активността им през различните фази на разитие. При удължаването на клетките преобладават ауксините, а при стареенето на листата преобладава АБК.

Растежните хормони са индуктори на нови реакции и синтези (влияние върху генетичния апарат) и регулатори на нормалния ход на растежните процеси (влияние върху скоростта на протичащи и без тяхната намеса процеси).

Взаимовръзката между растежните регулатори и инхибитори се изразява чрез:

- *антагонизъм* (АБК – ауксини – при регулиране на растежа);
- *синергизъм* (ауксини – цитокинини – при индукцията на клетъчното делене).

Тези взаимоотношения се реализират чрез взаимно влияние върху синтезата, транспорта и разграждането или инактивацията на хормоните – ауксинът стимулира образуването на етилен, на цитокинини и на гиберилини , докато АБК потиска синтезата на етилен. Цитокинините усилват синтезата на индолил-оцетната киселина, намаляват нивото на свободната АБК и активират гиберилините.

### Синтетични растежни регулатори

Това са голяма група вещества с различен строеж и свойства, които представляват аналози на природните фитохормони. Синтетичните регулатори се делят на две основни групи: синтетични стимулатори и синтетични инхибитори.

Синтетични стимулатори – към тази група се отнасят:

- *синтетичните ауксини* - имат по-висока физиологична активност и по-многообразен механизъм на действие от природните ауксини, което е предпоставка за използването им в различни отрасли на растениевъдството. Тук спадат производни на карбоновите киселини, които се прилагат за прореждане на цветовете и на плодовете при плодните дървета, за удължаване на покоя на кореноплодите, срещу опадането на цитрусовите плодове, като хербицид срещу някои плевели и за повишаване добива на семената:

*Арилкарбонови киселини* – 2, 3, 6-трихлорбензоена киселина и 2, 4, 6-трихлорбензоена киселина.

*Арилалкилкарбонови киселини* – нафтилоцетна киселина.

*Арилоксиалкилкарбонови киселини* – 2,4-дихлорфеноксиоцетна киселина и 2, 4, 5-трихлорфеноксиоцетна киселина.

*Хетероциклични карбонови киселини* – индолилоцетна киселина.

Нафтилоцетната киселина (НОК) се използва като калиева сол за прореждане на цветовете и на плодовете на ябълката в доза 7 – 8 g на декари при маслините в доза до 50 g на декар. Метиловият естер на НОК се използва за удължаване на периода на покой при картофите.

С широко приложение е 2, 4-дихлорфеноксиоцетната киселина (2, 4-Д), която е от арилоксиалкилкарбоновите киселини. Използва се масово като хербицид срещу голям брой плевели – видовете мъртва коприва, див синап, див мак, ралица, къклица, дива ряпа и т.н. Може да се използва и като средство срещу опадването на цитрусовите плодове. 2, 4- Д е компонент на восъчна емулсия, с която се обработват плодовете на лимона преди транспортиране или преди продължително съхраняване. С него се увеличава добивът на семена от семепроизводствени посеви на люцерна.

- *синтетични гиберилини* – получени в промишлени условия микробиални продукти, съдържащи предимно ГА

3.

Гиберилиновите препарати са прилагани за получаване на безсеменни плодове (в лозарството и при производството на домати), за прекратяване на покоя на семената и пъпките (при дървесните видове).

Синтетични инхибитори – разнообразни по химичен състав вещества:

- *етрел* – химичната основа е 2 – хлоретилофосфоновата киселина.

Етрелът способства за лесното отделяне на плодовете от плодната дръжка, затова намира приложение в овощарството. Може да се използва като средство за ускоряване на зреенето на плодовете. Целесъобразно е използването му в хибридно семепроизводство при култури от сем. Тиквови, тъй като има способността да изменя съотношението между женските и мъжките цветове.

Използването на етрела в селското стопанство се обуславя от фактите, че лесно се разгражда от растенията и не се натрупва в токсични количества в растителните тъкани.

- *ретарданти* – вещества с различна химична природа, които потискат растежа на



стъблото, ускоряват удължаването на корените, синтеза на пигменти в листата и развитието на репродуктивните органи, удължават покоя на резниците, а така също повишават устойчивостта на растенията към неблагоприятните условия и болести. Действието им се изразява чрез промяна в активността на гените, отговорни за синтеза на растежните активатори и на фенолните инхибитори. Тук спадат производни на малеиновата и янтарната киселина, както и някои хлориди.

Хлорхолинхлорид (ССС, 2-хлоретил-триметиламониев хлорид) е с широко приложение в селското стопанство. Механизмът му на действие е свързан с промени в матричната активност на ДНК. СССР стимулира растежа на кореновата система и спомага за повишаването на сухоустойчивостта, повишава функционалната активност на корените, свързана със засилване на активното поглъщане на вода от почвата. СССР повишава устойчивостта на растенията към болести.

Алар – ретардант, съдържащ N, N-диметилхидразид на янтарната киселина. Прилага се най-вече в овощарството, като третирането на дърветата с препаратата води до значително потискане на растежа на летораслите и до формиране на по-голям брой цветни пъпки за следващия вегетационен период.

Хидразид на малеиновата киселина (ХМК) – използва се за предберитбена обработка при зеленчуци, картофи, кореноплодните и луковичните растения за потискане на прорастването и подобряването на съхраняемостта на резервните им стопански ценни органи. Използва се при отглеждането и на тютюн.

Глифосин [N, N-бис-(фосфонометил)-глицин] – физиологичната му активност се проявява най-силно при захарната тръстика, като предберидбеното третиране с глифосин активизира оттока на фотоасимилантите от листата в стъблото и захарите там се увеличават с 10 – 15 %.