

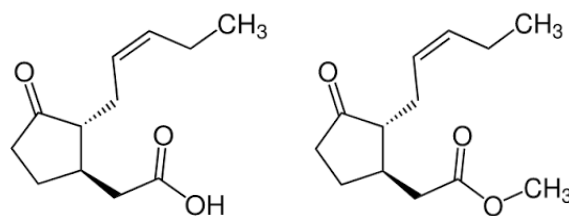
Kako biljke oglašavaju alarm zbog opasnosti?

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Biljni hormoni (fitohormoni), osim regulacije metabolizma, odnosno poticanja velikog broja fizioloških procesa (tzv. *fiziološki aktivne tvari* ili *regulatori; stimulatori* i *inhibitori rasta*), zaduženi su također za opažanje i signalizaciju stresnih uvjeta, npr. kod napada patogena, insekata, pojave suše, vrućine, hladnoće i dr., kako bi se biljke mogle pripremiti i ublažiti ili čak neutralizirati prijetnju. [Budućí da su abiotiski \(okolišni\) stresovi vjerojatno najveći faktor ograničenja proizvodnje hrane](#), poznavanje *fiziologije stresa*, mogućnosti reakcije biljaka, kao i provođenje preventivnih agrotehničkih mjera, važno je za veću učinkovitost i profitabilnost uzgoja bilja.

Mehanizmi otpornosti, odnosno tolerancije biljaka na stres, započinju *percepcijom*, slijedi *aktivacija gena* za proizvodnju specifičnih tvari koje se uključuju u zaštitu i popravak staničnih struktura. Otuda je prepoznavanje signala stresa ključno u indukciji tolerancije bilja na abiotiski stres. Nažalost, biljke koje su dulje vrijeme izložene stresu, odnosno nepovoljnim ili čak ekstremnim uvjetima vanjske sredine, redovito postižu niži prinos kao posljedicu *fiziološkog mehanizma adaptacije* (prilagodbe).

Brojna istraživanja pokazala su da važnu ulogu u signalizaciji različitih *abiotičkih stresova*, uključujući sušu, zaslanjenost tla, biljne ozljede i niske temperature, imaju *jasmonati* (JA; *Jasmonic acid*), oksidirani derivati



Jasmonska kiselina (JA)

Metil jasmonat

Slika 1. Kemijska struktura jasmonata

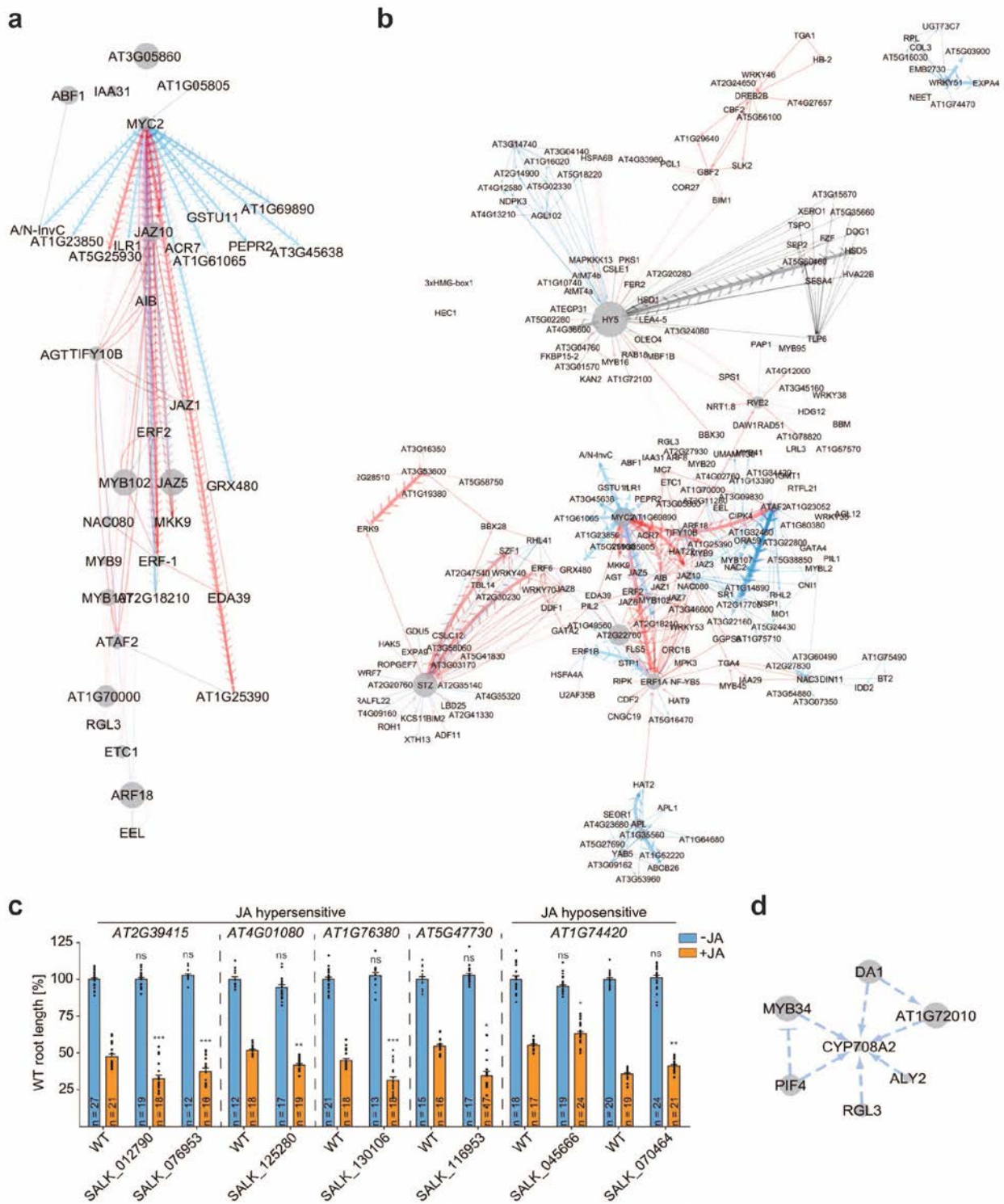
linolenske kiseline (Slika 1.). [Rezultati istraživanja koji su nedavno objavljeni](#) otkrivaju vrlo složenu komunikacijsku mrežu (Slika 2.) [Takva znanja zasigurno će pomoći selekcionarima u kreaciji kultivara otpornijih na ekstremne vanjske uvjete, a što je posebno važno u vremenu brzih klimatskih promjena](#). Informacije o okolišu i razumijevanju reakcije biljaka na vanjske uvjete omogućuje i primjenu adekvatne agrotehnike, odnosno podešavanje uvjeta za pravilan rast i razvoj biljaka.

U navedenom istraživanju korištena je biljka *Arabidopsis thaliana* iz porodice *kupusnjača (Brassicaceae)*. To je mala cvjetnica, kratke vegetacije, malog, ali dobro proučenog genoma te je stoga najčešće korištena kao *model biljka* za različita biološka, genetska i fiziološka istraživanja. Budući da se *jasmonska kiselina* nalazi u svim biljkama, saznanja dobivena ovim proučavanjima mogu se primijeniti na sve druge biljke, uključujući i poljoprivredne.

Jasmonska kiselina (JA) je posebno važna za obrambeni odgovor biljaka protiv gljivica i insekata. Stoga proučavanje reakcije biljaka na njenu pojavu daje odgovor koji su se geni aktivirali i/ili deaktivirali, koji proteini se proizvode i koji faktori kontroliraju ove dobro sinkronizirane stanične procese? Budući da su biljke najosjetljivije u ranim fazama rasta i razvoja na infekciju gljivicama i oštećenjima od insekata, prvih nekoliko dana nakon klijanja i nicanja, odnosno presađivanja često je presudno za uspješan uzgoj. Stoga su [u navedenom istraživanju](#) biljke stare tri dana bile izložene jasmonskoj kiselini i zatim su na temelju analize *DNK (Deoksiribonukleinska kiselina; genom)*, *proteina* i determiniranja točne lokacije *gena regulatora* koji pokreću njihovu sintezu. Ti podaci su, nakon složene računalne analize, omogućili identifikaciju gena koji su važni za reakciju biljke na JA, kao i za staničnu veoma složenu komunikaciju s drugim putovima biljnih hormona. Utvrđeno je da su najvažnija dva gena (*MYC2* i *MYC3*) koji kodiraju proteine s funkcijom *faktora transkripcije* (FT; prepisivanje nasljednih uputstava za sintezu bjelančevina), jer oni reguliraju, u ovom slučaju, aktivnost tisuće drugih gena.

[Biljni hormoni](#) su strukturno nepovezani, mali signalni molekuli koje igraju ključnu ulogu u širokom rasponu osnovnih fizioloških procesa biljaka, uključujući rast, razvoj i reakcije na poticaje okoline. Sintezom hormona

u biljkama pokreće se kaskada [transkripcijskoj reprogramiranju](#) kojom se modificiraju neke stanične funkcije i ponašanje biljaka. Kaskadu pokreće jedan ili obitelj *receptora visokog afiniteta*, nakon čega slijedi



Slika 2. [\(a\) Genska regulatorna mreža *ChIP/DAP*- i *MYC2* podmreža](#), [\(b\) validacija aktivacije susjednih gena](#), [\(c\) grafički prikaz inhibicije rasta korijena izazvanog JA](#), [\(d\) podmreža *CYP708A2*](#)

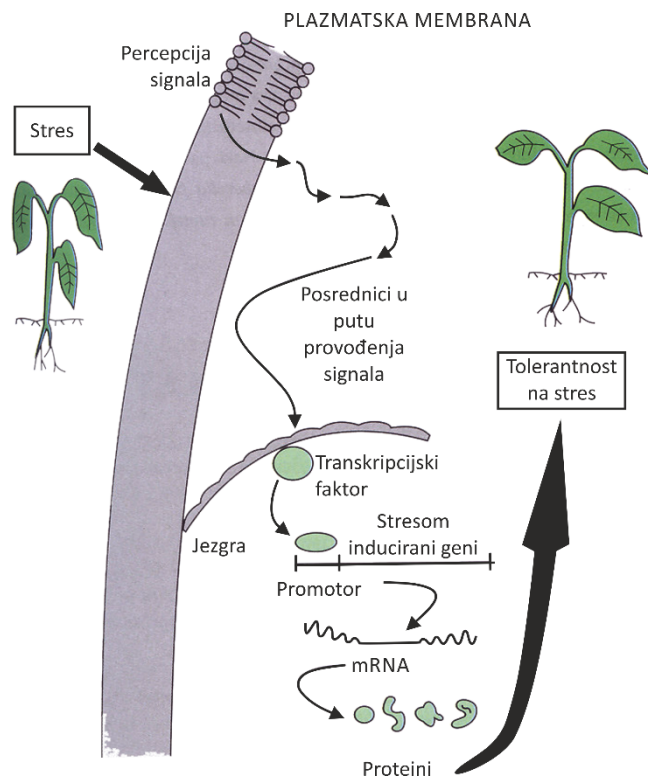
transdukcija (prijenos) signala kroz interakcije protein-protein, post translacijsko modificiranje događanja i regulaciju aktivnosti transkripcijskog faktora (TF) što u konačnici pokreće promjene u *ekspresiji gena* (proces kojim se informacija iz gena prepisuje i prevodi u funkcionalni genski produkt).

U prošlosti su *MYC geni* (obitelj *gena regulatora* koji kodiraju faktore transkripcije) i drugi transkripcijski faktori proučavani pojedinačno u odnosu na povezanost s funkcijom sljedećih gena. Takva metoda je inherentno spora, jer postoji puno gena i puno međusobnih veza te je razumljivo kako je sofisticirano

dešifriranje svih genskih mreža i podmreža puno brža metoda koja izravno pomaže razumijevanju arhitekture cijelog sustava (Slika 2.). [Biljni receptori su manje više poznati, ali budući da biljke nemaju nervni sustav, prijenos signala \(transdukcija\) je bitno drukčiji nego kod ljudi i životinja](#) (Slika 3.).

Novija istraživanja pokazuju da se u stresnim uvjetima biljke često brane [alelopatijom](#), odnosno generiraju alelopatske tvari (npr. kiseline, *cinamičku* i *hidroksicinamičnu kiselinu*, *salicilnu kiselinu*, *terpene*, *fenole*, *amine*, *kumarine*, *juglone*, *leptospermonu* i dr.) i ispuštaju ih različitih dijelova (korijena, stabla, lišća, sjemenki i dr.). Namjera im je tako spriječiti susjedne biljke da koriste resurse ekosustava (svjetlost, voda, hraniva), ali i spriječiti patogene i štetočine te tako povećati preživljavanje u nepovoljnim uvjetima.

[Reakcija biljaka na uvjete okoliša događa se na svim razinama njene organizacije](#) pa tako njihov odgovor na stres uključuje promjene u membranskim sustavima, modifikaciju stanične stijenke te promjene u staničnom ciklusu i diobi stanica. Zapravo, biljke mijenjaju metabolizam na različite načine, uključujući proizvodnju *kompatibilnih otopljenih tvari* (npr. *prolin*, *rafinoza*, *glicin betaina*) koji su u stanju stabilizirati proteine i vitalne stanične strukture i/ili održavati osmotsku



Slika 3. [Opća shema mehanizma biljne tolerantnosti na stres](#)

vrijednost protoplazme, odnosno turgora u granicama funkcioniranja metabolizma, spriječiti štetu od reaktivnih kisikovih radikala te ponovno uspostaviti ravnotežu staničnog *redoks potencijala*. Također, sinteza *poliamina* (PA, male alifatske, pozitivno nabijene molekule, najčešće *putrescin*, odnosno njegov derivat *spermidin*) umanjuje negativne efekte suše, saliniteta tla i hladnoće pa je visoka razina PA u pozitivnoj korelaciji s tolerancijom na stres. Kao zaštitne molekule javlja se još niz različitih spojeva, npr. *glicin betain* (GB; kvartenerni amonijev spoj) za koji se smatra da štiti FS II, različiti *ugljikohidrati*, posebice *fruktani*, *disaharidi*, *škrob*, *trehaloza* i *rafinoza*, zatim *polioli* (*manitol* i *sorbitol*), dehidrini i dr.

U Osijeku 05. travnja 2020. god.

Izvori:

- <http://sciencedaily.com/releases/2020/03/200313155308.htm>
- <https://www.researchgate.net/publication/339921438> *Integrated multi-omics framework of the plant response to jasmonic acid*
- https://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba/Ekofiziologija_bilja.pdf