

Imunitet biljaka na bolesti

Автор(и): проф. д-р Иван Киряков, Добруджански земеделски институт – гр. Генерал Тошево, ССА

Дата: 02.05.2025 Брой: 5/2025



Korištenje otpornih sorti i hibrida smatra se najučinkovitijom i ekološki najprihvatljivijom metodom za suzbijanje bolesti u poljoprivrednim usjevima. Nažalost, često smo svjedoci smanjenja otpornosti pojedinih genotipova kada se dulje vrijeme uzgajaju na određenim područjima. Trajanje održavanja razine otpornosti pojedinih genotipova (sorti, hibrida) usko je povezano s mehanizminna koji grade njihov imunitet, kao i s virulentnim potencijalom u populacijama odgovarajućih patogena. Poznavanje mehanizama koji grade imunitet u biljaka od iznimne je važnosti kako za razvoj odgovarajuće oplemenjivačke strategije, tako i za provedbu mjera za sprječavanje gubitka već postignute otpornosti.

Pojam "imunitet" potječe od latinske riječi "*imunitas*", što znači slobodan ili nepovrediv. Ovisno o svojoj specifičnosti, biljni se imunitet dijeli na nespecifični i specifični. Nespecifični imunitet povezan je s apsolutnom,

potpunom otpornošću određene biljne vrste na fitopatogene, unutar čijeg raspona domaćina ona ne spada. Kao primjer može se navesti uzročnik hrđe graha *Uromyces appendiculatus*, na kojem su sorte *Triticum aestivum* (obična ozima pšenica) potpuno otporne. Specifični imunitet je onaj u kojem pojedini genotipovi određene biljne vrste pokazuju otpornost na fitopatogene koji su sposobni zaraziti odgovarajuću vrstu. Uzročnik smeđe hrđe pšenice *Puccinia triticina* zarazi *Triticum aestivum*, ali pojedine sorte posjeduju različite razine otpornosti.

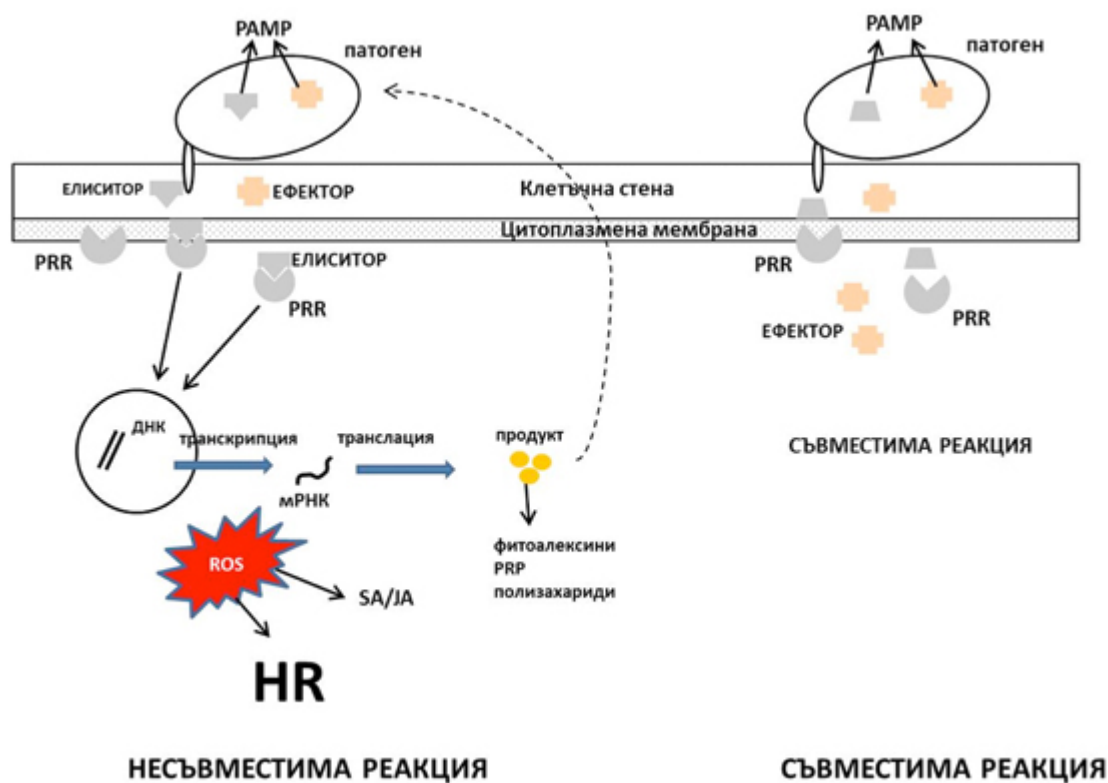
Prema podrijetlu, imunitet se može podijeliti na urođeni ili nasljedni i stečeni. Urođeni imunitet povezan je s čimbenicima koji se nasljeđuju u generacijama odgovarajuće sorte. Stečeni imunitet pojavljuje se ili nastaje u biljkama tijekom njihova ontogenetskog (individualnog) razvoja pod utjecajem određenog patogena ili vanjskih uvjeta i ne nasljeđuje se potomstvom. Najčešće nastaje nakon infekcije ili bolesti u biljkama, nakon čega one povećavaju svoju otpornost na ovog i druge patogene.

Prema mehanizminna nastanka, biljni se imunitet dijeli na pasivni i aktivni. Pasivni imunitet povezan je s morfološkim ili anatomskim karakteristikama pojedinih sorti – prisutnošću voštanog premaza, debljinom kutikule i epidermisa, brojem po jedinici površine i strukturom puči, arhitekturom biljke itd. Ove sortne karakteristike su konstantne bez obzira na prisutnost ili odsutnost uvjeta za tijek patogeneze (proces infekcije i razvoj bolesti). Sveukupno, mehanizmi pasivnog imuniteta sprječavaju ili odgađaju proces infekcije, što u drugom slučaju dovodi do manjeg broja razvojnih ciklusa patogena. Smanjenje broja ciklusa tijekom vegetacijske sezone od iznimne je važnosti za policikličke patogene (hrđe, pepelnice, septorioze itd.), kod kojih je razvoj epifitotija (epidemija) usko povezan s njihovim ponovljenim razmnožavanjem. Na primjer, pasivni imunitet može se ilustrirati utjecajem habitusa graha na pojavu truleži sklerocije uzrokovane s *Sclerotinia sclerotiorum*. Sorte s uspravnim i rastresitim habitusom manje su izraženo napadnute od strane patogena, budući da stvaraju mikroklimu koja ne dopušta dugotrajno zadržavanje vlage tijekom cvatnje, odnosno sprječavaju infekciju biljaka.

Aktivni imunitet povezan je s obrambenim mehanizminna koji se očituju tijekom infekcije ili u različitim fazama patogeneze, a čimbenici koji određuju imunitet nasljeđuju se potomstvom. Sorte čija se otpornost temelji na aktivnom imunitetu posjeduju specifične gene čija je aktivacija povezana s receptorima (PRR) smještenima u staničnoj plazma membrani i/ili citoplazmi (slika). Za njihovu ekspresiju potrebno je da patogen protiv kojeg pružaju zaštitu proizvodi molekularne tvari (PAMP), poznate kao elicitori (molekule koje receptori prepoznaju). U slučajevima kada receptori specifičnih gena prepoznaju elicitore u napadnutoj stanici, nakupljaju se signalne molekule koje aktiviraju ekspresiju specifičnih gena. Kao rezultat, sintetiziraju se fitoaleksini i proteini povezani s patogenima (PRP), koji imaju toksični učinak na patogen. Prepoznavanje patogena dovodi do nakupljanja u stanici reaktivnih kisikovih vrsta (ROS) kao što su superoksidni anioni (O_2^-) i vodikov peroksid (H_2O_2), što rezultira njenom programiranom smrću, poznatom kao preosjetljiva reakcija (HR). Istovremeno se u stanici

sintetiziraju biljni hormoni kao što su jasmoninska kiselina (JA) i salicilna kiselina (SA), koji se transportiraju u susjedne stanice i prenose alarmni signal. Kao rezultat, susjedne stanice umiru, čime se blokira daljnji razvoj patogena. Istodobno, biljni hormoni koje proizvode umiruće stanice, a prije svega SA, transportiraju se po cijeloj biljci i stimuliraju aktivaciju općih obrambenih mehanizama, što dovodi do pojave takozvanog stečenog sistemskog imuniteta, koji osigurava zaštitu cijele biljke od patogena. Ako molekularne tvari koje proizvodi patogen (također poznate kao efektori) ne prepoznaju receptori, infekcija je nepovratna, odnosno opaža se kompatibilna reakcija. Teorija [Harolda Henryja Flora](#) (1942.), također poznata kao teorija "gen za gen", povezana je s aktivnim imunitetom. Prema ovoj teoriji, za svaki gen otpornosti u populaciji određene biljne vrste postoji odgovarajući gen virulencije u odgovarajućoj patogenoj vrsti.

Ovisno o mehanizmu koji određuju imunitet, biljna se otpornost dijeli u tri kategorije – tolerancija, vertikalna otpornost i horizontalna otpornost. Tolerancija je povezana sa sposobnošću pojedinih genotipova da podnesu visok stupanj infekcije (sličan onom kod osjetljivih sorti) a da to ne utječe na prinos ili kvalitetu proizvoda.



Mehanizmi aktivnog imuniteta. PAMP – molekularne tvari povezane s patogenom; PRR – receptori povezani s patogenom; PRP – proteini povezani s patogenom; ROS – reaktivne kisikove vrste; SA/JA – biljni hormoni; HR – preosjetljiva reakcija

Vertikalna otpornost povezana je s aktivnim imunitetom. Njome upravljaju specifični geni poznati kao "rasno-specifični" geni i stoga se također naziva "rasno-specifična" otpornost. Budući da je ovu otpornost kontrolira

jedan ili nekoliko glavnih gena, često se naziva "monogenskom" ili "oligenskom". Prednost sorti s vertikalnom otpornošću je u tome što pokazuju potpunu otpornost na patogen protiv kojeg je usmjerena. Glavni nedostatak, međutim, je što se ta otpornost izražava samo na određene dijelove populacija odgovarajućeg patogena, poznate kao "fiziološke rase". Još jedan bitan nedostatak vertikalne otpornosti je selektivni pritisak koji ona vrši na populacije patogena. Primjer je sve češća pojava smeđe hrđe na široko uzgajanim stranim sortama pšenice u našoj zemlji. Kada su prvi put uvedene, njihova je otpornost na ovu bolest bila na visokoj razini. Njihova raširena proizvodnja posljednjih godina dovela je do značajnih promjena u populacijama patogena, zbog čega sada svjedočimo teškim infekcijama. Razlozi za ovu pojavu povezani su s promjenom virulentnog potencijala patogena kao rezultat smanjenja površina zasađenih sortama koje su održavale tada postojeće populacije smeđe hrđe u zemlji u vrijeme uvođenja novih sorti.

Zamjena sorte strukture u našoj zemlji vršila je selektivni pritisak na populacije patogena, što je zauzvrat dovelo do širenja novih patotipova (jedinki s različitom virulencijom koje pripadaju istoj rasi), nekarakterističnih za naš teritorij, koji nadilaze otpornost novih sorti. Prisutnost novih patotipova u zemlji također je potvrđena činjenicom da su posljednjih godina bugarske sorte pokazale veću otpornost na smeđu hrđu. Glavna oplemenjivačka strategija usmjerena na sprječavanje pojave novih rasa povezana je s takozvanim "piramidalnim" gomilanjem gena u jednom genotipu, ili jednostavnije, razvojem sorti s dva ili više rasno-specifičnih gena. Ova strategija smanjuje vjerojatnost da će u populacijama patogena nastati mutanti ili rekombinantni oblici sposobni da ih istovremeno nadjačaju.

Mehanizmi horizontalne otpornosti povezani su prvenstveno s pasivnim imunitetom, iako brojna istraživanja potvrđuju sudjelovanje djelomično nefunkcionalnih specifičnih gena. Budući da je ova otpornost usmjerena protiv cijele populacije patogena, također je poznata kao "rasno-nespecifična" otpornost. Horizontalna otpornost ima poligensku prirodu i stoga se također naziva "poligenskom". Glavna prednost horizontalne otpornosti je u tome što ne vrši selektivni pritisak na populacije patogena, te stoga njezina učinkovitost ostaje zadržana dulje vrijeme, odnosno patogenima je teško da je nadjačaju. Nažalost, s oplemenjivačkog stajališta, razvoj sorti s horizontalnom otpornošću dugotrajan je i složen proces zbog njezine poligenske prirode.

Nedvojbeno, razvoj i korištenje sorti/hibrida koji kombiniraju mehanizme vertikalne i horizontalne otpornosti najprikladnija je mjera za suzbijanje bolesti u kultiviranim biljkama, budući da produžuje razdoblje učinkovitosti otpornosti. Nažalost, u većini slučajeva otpornost sorti uvedenih u praksu temelji se na mehanizminna vertikalne otpornosti. Glavna mjera za sprječavanje promjena u virulentnom potencijalu patogenih populacija povezana je s korištenjem skupa sorti čija se otpornost temelji na različitim rasno-specifičnim genima. Raširena proizvodnja

sorti s istom genetskom osnovom u pogledu otpornosti neizbježno dovodi do brzih promjena u populacijama patogena i posljedično do epifitotičkog razvoja bolesti.