

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



Korišćenje otpornih sorti i hibrida smatra se najefikasnijom i ekološki najprihvatljivijom metodom za suzbijanje bolesti u poljoprivrednim usevima. Nažalost, često smo svedoci smanjenja otpornosti pojedinih genotipova kada se dugo gaje na određenim područjima. Trajanje održavanja nivoa otpornosti kod pojedinih genotipova (sorti, hibrida) usko je povezano sa mehanizmima koji grade njihov imunitet, kao i sa virulentnim potencijalom u populacijama odgovarajućih patogena. Poznavanje mehanizama koji grade imunitet kod biljaka od suštinskog je značaja kako za razvoj adekvatne oplemenjivačke strategije, tako i za sprovođenje mera za sprečavanje gubitka već postignute otpornosti.

Pojam "imunitet" potiče od latinske reči "*imunitas*", što znači slobodan ili nepovrediv. Zavisno od svoje specifičnosti, biljni imunitet se deli na nespecifični i specifični. Nespecifični imunitet je povezan sa apsolutnom,

potpunom otpornošću određene biljne vrste na fitopatogene, u čiji domaćin-raspon ona ne spada. Kao primer može se navesti prouzrokovач rđe pasulja *Uromyces appendiculatus*, na koju su sorte *Triticum aestivum* (obične ozime pšenice) potpuno otporne. Specifični imunitet je onaj u kome pojedini genotipovi date biljne vrste pokazuju otpornost na fitopatogene koji su sposobni da zaraze odgovarajuću vrstu. Prouzrokovач braon rđe pšenice *Puccinia triticina* zaraza *Triticum aestivum*, ali pojedine sorte poseduju različite nivoe otpornosti.

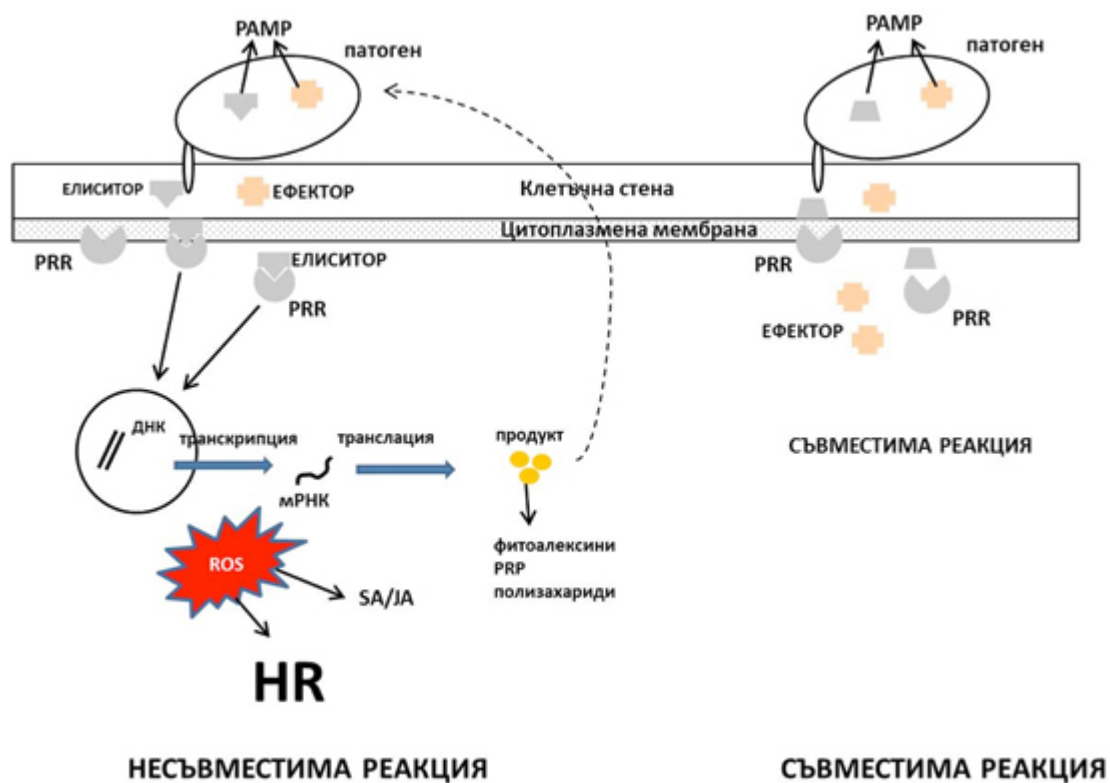
Prema poreklu, imunitet se može podeliti na urođeni ili nasledni i stečeni. Urođeni imunitet je povezan sa faktorima koji se nasleđuju u generacijama odgovarajuće sorte. Stečeni imunitet se pojavljuje ili nastaje u biljkama tokom njihovog ontogenetskog (individualnog) razvoja pod uticajem određenog patogena ili spoljašnjih uslova i ne nasleđuje se potomstvom. Najčešće nastaje nakon infekcije ili oboljenja biljaka, nakon čega one povećavaju svoju otpornost na ovog i druge patogene.

Prema mehanizminma formiranja, biljni imunitet se deli na pasivni i aktivni. Pasivni imunitet je povezan sa morfološkim ili anatomskim karakteristikama pojedinih sorti – prisustvo voštanog premaza, debljina kutikule i epidermisa, broj po jedinici površine i struktura stomi, arhitektura biljke, itd. Ove sortne karakteristike su konstantne bez obzira na prisustvo ili odsustvo uslova za tok patogeneze (proces infekcije i razvoj bolesti). Sveukupno, mehanizmi pasivnog imuniteta sprečavaju ili odlažu proces infekcije, što u drugom slučaju dovodi do manjeg broja razvojnih ciklusa patogena. Smanjenje broja ciklusa tokom vegetacione sezone od suštinskog je značaja za policiklične patogene (rđe, pepelnice, septorioze, itd.), kod kojih je razvoj epifitotija (epidemija) usko povezan sa njihovim ponovljenim umnožavanjem. Na primer, pasivni imunitet se može ilustrovati uticajem habitusa biljke običnog pasulja na pojavu truleži izazvane sa *Sclerotinia sclerotiorum*. Sorte sa uspravnim i rastresitim habitusom biljke su manje izložene napadu patogena, pošto stvaraju mikroklimu koja ne dozvoljava dugotrajno zadržavanje vlage tokom cvetanja, odnosno sprečavaju infekciju biljaka.

Aktivni imunitet je povezan sa odbrambenim mehanizminma koji se ispoljavaju tokom infekcije ili na različitim fazama patogeneze, a faktori koji određuju imunitet se nasleđuju potomstvom. Sorte čija se otpornost zasniva na aktivnom imunitetu poseduju specifične gene čija je aktivacija povezana sa receptorima (PRR) lociranim u plazma membrani ćelije i/ili citoplazmi (slika). Za njihovu ekspresiju neophodno je da patogen protiv koga pružaju zaštitu proizvodi molekularne supstance (PAMP), poznate kao elisitori (molekuli koje prepoznaju receptori). U slučajevima kada receptori specifičnih gena prepoznaju elisitore u napadnutoj ćeliji, nakupijaju se signalni molekuli, koji aktiviraju ekspresiju specifičnih gena. Kao rezultat, sintetišu se fitoaleksini i proteini povezani sa patogenima (PRP), koji imaju toksično dejstvo na patogen. Prepoznavanje patogena dovodi do nakupijanja u ćeliji reaktivnih kiseoničnih vrsta (ROS) kao što su superoksid anjoni (O_2^-) i vodonik peroksid (H_2O_2), što rezultira njenom programiranom smrću, poznatom kao hipersenzitivna reakcija (HR). Istovremeno, u

ćeliji se sintetišu biljni hormoni kao što su jasmoninska kiselina (JA) i salicilna kiselina (SA), koji se transportuju do susednih ćelija i prenose alarmni signal. Kao rezultat, susedne ćelije umiru, čime se blokira dalji razvoj patogena. Istovremeno, biljni hormoni koje proizvode umiruće ćelije, a pre svega SA, se transportuju kroz celu biljku i stimulišu aktivaciju opštih odbrambenih mehanizama, što dovodi do pojave takozvanog sistemskog stečenog imuniteta, koji obezbeđuje zaštitu cele biljke od patogena. Ako molekularne supstance koje proizvodi patogen (takođe poznate kao efektori) ne budu prepoznate od strane receptora, infekcija je nepovratna, odnosno primećuje se kompatibilna reakcija. Teorija [Harolda Henrija Flora](#) (1942), takođe poznata kao teorija "gen za gen", povezana je sa aktivnim imunitetom. Prema ovoj teoriji, za svaki gen otpornosti u populaciji određene biljne vrste postoji odgovarajući gen virulencije u odgovarajućoj patogenoj vrsti.

Zavisno od mehanizama koji određuju imunitet, biljna otpornost se deli u tri kategorije – tolerancija, vertikalna otpornost i horizontalna otpornost. Tolerancija je povezana sa sposobnošću pojedinih genotipova da podnesu visok stepen infekcije (sličan onom kod osetljivih sorti) a da to ne utiče na prinos ili kvalitet proizvoda.



Mehanizmi aktivnog imuniteta. PAMP – patogenom povezane molekularne supstance; PRR – patogenom povezani receptori; PRP – proteini povezani sa patogenima; ROS – reaktivne kiseonичne vrste; SA/JA – biljni hormoni; HR – hipersenzitivna reakcija

Vertikalna otpornost je povezana sa aktivnim imunitetom. Kontrolišu je specifični geni poznati kao "rase-specifični" geni i stoga se naziva i "rase-specifičnom" otpornošću. Pošto je ova otpornost kontrolisana jednim ili

nekoliko glavnih gena, često se naziva "monogenskom" ili "oligenskom". Prednost sorti sa vertikalnom otpornošću je što pokazuju potpunu otpornost na patogen protiv koga je usmerena. Glavni nedostatak, međutim, je što se ova otpornost ispoljava samo na određene delove populacija odgovarajućeg patogena, poznate kao "fiziološke rase". Još jedan suštinski nedostatak vertikalne otpornosti je selekциони pritisak koji vrši na populacije patogena. Primer je sve češća pojava braon rđe na široko gajenim stranim sortama pšenice u našoj zemlji. Kada su prvi put uvedene, njihova otpornost na ovu bolest bila je na visokom nivou. Njihova široka zastupljenost u poslednjim godinama dovela je do značajnih promena u populacijama patogena, zbog čega sada svedočimo teškim infekcijama. Razlozi za ovu pojavu povezani su sa promenom virulentnog potencijala patogena kao rezultat smanjenja površina zasejanih sortama koje su održavale tada postojeće populacije braon rđe u zemlji u vreme uvođenja novih sorti.

Zamena sortejalne strukture u našoj zemlji vršila je selekциони pritisak na populacije patogena, što je zauzvrat dovelo do širenja novih patotipova (jedinki sa različitom virulencijom koje pripadaju istoj rasi), nekarakterističnih za naše područje, koji prevazilaze otpornost novih sorti. Prisustvo novih patotipova u zemlji potvrđuje i činjenica da su u poslednjim godinama bugarske sorte pokazale veću otpornost na braon rđu. Glavna oplemenjivačka strategija usmerena na sprečavanje pojave novih rasa povezana je sa takozvanim "piramidalnim" grupisanjem gena u jednom genotipu, ili jednostavnije, razvojem sorti sa dva ili više rase-specifičnih gena. Ova strategija smanjuje verovatnoću da će u populacijama patogena nastati mutantni ili rekombinantni oblici sposobni da ih istovremeno prevaziđu.

Mehanizmi horizontalne otpornosti su povezani pre svega sa pasivnim imunitetom, iako brojna istraživanja potvrđuju učešće delimično nefunkcionalnih specifičnih gena. Pošto je ova otpornost usmerena protiv cele populacije patogena, poznata je i kao "rase-nespecifična" otpornost. Horizontalna otpornost ima poligensku prirodu i stoga se naziva i "poligenskom". Glavna prednost horizontalne otpornosti je što ne vrši selekциони pritisak na populacije patogena, i stoga se njen efekat održava duži vremenski period, odnosno patogenima je teško da je prevaziđu. Nažalost, sa oplemenjivačkog stanovišta, razvoj sorti sa horizontalnom otpornošću je dugotrajan i složen proces zbog njene poligenske prirode.

Bez sumnje, razvoj i korišćenje sorti/hibrida koji kombinuju mehanizme vertikalne i horizontalne otpornosti je najprikladnija mera za suzbijanje bolesti kod gajenih biljaka, pošto produžava period efikasnosti otpornosti. Nažalost, u većini slučajeva otpornost sorti uvedenih u praksu zasniva se na mehanizminna vertikalne otpornosti. Glavna mera za sprečavanje promena u virulentnom potencijalu patogenih populacija povezana je sa korišćenjem skupa sorti čija se otpornost zasniva na različitim rase-specifičnim genima. Široko gajenje sorti sa

istom genetskom osnovom u pogledu otpornosti neminovno dovodi do brzih promena u populacijama patogena i samim tim do epifitotičnog razvoja bolesti.