

Novi izazovi u oplemenjivanju voćaka

Vladislav Ognjanov¹, Petar D. Mišić², Dragan Nikolić³,
Nenad Magazin¹

¹*Poljoprivredni fakultet, Novi Sad*

E-mail: vognjanov@polj.ns.ac.yu

²*Akademija inženjerskih nauka Srbije i Crne Gore, Beograd*

³*Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd*

Sadržaj: Generalni, najvažniji izazov oplemenjivačkog rada je stvaranje novih sorti koje će prihvatiti tržište i koje donose profit proizvođačima. Selekcioni su uspešno ispunjavali ove najviše ciljeve do sada i nema sumnje da će nastaviti da to rade i ubuduće.

Današnji oplemenjivački programi su interdisciplinarni. Kompleksnost, dinamičan razvoj i interdisciplinarna interakcija zahtevaju nove prilaze, inventivne i dobro obučene kadrove, savremene metode i opremljenost laboratorija. Najvažnije oblasti saradnje predstavljaju baze podataka, genetika, fitopatologija, entomologija, fiziologija, ekologija, molekularna biologija, mehanizacija proizvodnje, kvalitet ploda i senzorsko ocenjivanje. Oplemenjivači moraju biti svesni modernih zahteva tržišta i potrošača. Kompleksnost ciljeva vrlo često vodi ka specijalizaciji pojedinih oplemenjivačkih programa i dinamičkoj interakciji komplementarnih programa. Odnos oplemenjivača prema genetički modificovanim organizmima ide od negativnog do pozitivnog. Stalan izazov pred naučnim radnicima je spoznaja novih metoda i tehnologija kako bi unapredili efikasnost svojih oplemenjivačkih programa.

Ključne reči: Oplemenjivanje voćaka, sadašnjost, budućnost.

Uvod

Najlepšu definiciju oplemenjivanja biljaka dao je N.I. Vavilov kada je rekao: „Oplemenjivanje biljaka je evolucija u rukama čoveka“. Danas je oplemenjivanje trka sa vremenom i prirodom. Trudimo se da ostvarimo selekzione ciljeve za koje bi u spontanoj hibridizaciji bile potrebne hiljade godina. Trudimo se da prevaziđemo neke koezistencijalne odnose koje voćnjak oduvek čine kompleksnom biocenozom, ili da spojimo delove germplazme udaljenih vrsta prirodnim putem nesjedinive.

Zahvaljujući progresu u oplemenjivanju voćaka danas se pruža prilika za genetičko unapređenje kod svih voćnih vrsta. Pristupi i putevi unapređenja kroz opleme-

njivački rad još uvek vode kroz (a) selekciju iz prirodnih populacija, (b) hibridizaciju, (c) mutaciono oplemenjivanje i (d) nekonvencionalne metode oplemenjivanja, ali su se pristupi značajno promenili u poslednjih nekoliko godina pre svega zahvaljujući dostignućima i saznanjima u oblasti molekularne biologije. Svedoci smo eksplozije novih ideja, saznanja i tehnika u poslednjoj deceniji, a kao rezultat se javlja bolje razumevanje gena i mehanizama nasleđivanja. One su pojačale našu sposobnost da realizujemo željene kombinacije gena kroz konvencionalno oplemenjivanje hibridizacijom, selekcijom na bazi markera i transgenim tehnologijama.

Generalni ciljevi se ne menjaju takvom dinamikom. Svaki korak koji nas približava savršenstvu je rezultat progressa ideja i događaja od značaja za genetičko usavršavanje. Nova sorta mora da bude različita od postojećih, ali bolja u pogledu rodnosti, prepoznatljivosti, hranljivosti, otpornosti i superiornosti kvaliteta.

Selekcija iz prirodnih populacija

Oplemenjivanje jabučastih, koštičavih i jezgrastih voćnih vrsta u svetu i kod nas je najlepši primer korišćenja bogatstva prirodnih i veštačkih populacija, a odvija se kroz 4 faze: (1) identifikacija superiornih genotipova; (2) klonsko umnožavanje najboljih selekcija; (3) optimiziranje pomotehnike kako bi se u potpunosti realizovao njihov genetički potencijal na prinos i kvalitet ploda; (4) hibridizacija u kojoj se najbolji genotipovi koriste kao roditelji. Balkansko poluostrvo je sekundarni centar divergentnosti voćaka, kao što su: *Malus domestica*, *Malus sylvestris*, *Pyrus communis*, *Prunus cerasifera*, *P. spinosa*, *P. insititia*, *P. persica*, *P. fruticosa*, *P. cerasus*, *P. avium*, *P. amygdaliformis* (Ognjanov, 2003; Ognjanov et al., 1994, 2000; Ognjanov i Cerović, 2003), *P. armeniaca*, *P. amygdalus*, *P. nana* (Korać et al., 1996; Cerović et al., 2004a, 2004b), *Juglans regia*, *Corilus colurna*, *Corilus avellana*, *Castanea sativa*, *Rubus idaeus* (Mišić i Tešović, 1973), *Ribes grossularia*, *Fragaria vesca*, *F. veschata*, *F. viridis*, *Cornus mas* (Mišić, 2002; Mratinić i Kojić, 1998; Ognjanov, 2003), *Olea europea* (Lazović, 1999) i *Punica granatum*.

Za karakterizaciju biodiverziteta kod nas se koriste internacionalni deskriptori, a u svetu sve više molekularni markeri. Deo genetičkog diverziteta naših autohtonih sorti jabuke i kruške, pre svega kao donora otpornosti prema parazitima, se ugrađuje u nove sorte ne samo kod nas nego su oslonac poznatih svetskih oplemenjivačkih programa u Evropi i SAD. Izučavanje genetičkog diverziteta populacija koštičavih voćnih vrsta ukazalo je na prisustvo jedinstvenih, ili vrlo retkih svojstava koje bitno mogu da unaprede ekonomski najvažnije karakteristike sorti i podloga (Ognjanov et al., 2004). Milutinović i Nikolić (1994) ispitujući 52 genotipa džanarike (*Prunus cerasifera*) utvrdili su veliku genetičku varijabilnost u klijavosti semena, porastu, bujnosti i uniformnosti dobijenih sejanaca. Raznolikost prirodne populacije oraha i leske u Srbiji i Crnoj Gori je inspiracija i nepresušni izvor novih ideja i svetski vrednih sorti. Najbolje selekcije su umnožene i stavljene u kolekcione zasade gde se izučavaju. Kao i u najsavremenijim programima oplemenjivanja oraha, tako i kod nas, najznačajniji selekcionni ciljevi su kombinovanje lateralne rodnosti, obrazovanja ploda u racemoznim cvastima, visokog kvaliteta ploda, kasnog cvetanja i otpornosti prema prouzročivačima bolesti. Kod nas ipak izostaje poslednji metodološki korak tj. nema planske hibridizacije, a u svetu ona već daje informacije o naslednim osnovama agronomski značajnih svojstava i omogućava stvaranje boljih sorata.

Hibridizacija

Evolucija u oplemenjivačkim ciljevima. Kvalitet i hranljiva vrednost ploda više nisu definisani samo snovima i željama oplemenjivača već praćenjem potrošačkih očekivanja i zahteva tržišta od nacionalnog do globalnog nivoa. Razvoj globalnog proizvodnog sistema se zasniva na gajenju malog broja sorti i internacionalizaciji tržišta. Glavni oplemenjivački ciljevi, kad su plodovi za svežu potrošnju u pitanju, su uvek bili povezani sa kvalitetom ploda (atraktivnost, veličina, oblik, obojenost, ukus, miris, aroma, čvrstina, hrskavost i sočnost, sposobnost čuvanja, transportabilnost). Uprkos napretku, potrošači u Evropi nisu potpuno zadovoljni kvalitetom plodova. Novi oplemenjivački ciljevi moraju uzeti u obzir potrebe proizvođača, potrošača i trgovinske mreže. Na kvalitet najviše utiču ukus, miris i aroma, čvrstina, hrskavost i sočnost. Preciznost i mogućnost primene instrumentalne karakterizacije se ocenjuje u poređenju sa senzornom ocenom (Harker et al., 2002). Kvalitet kao kompleksno svojstvo se svakim danom sve više raščlanjuje do detalja kao što su prisustvo antioksidanata, biološki aktivnih materija ili povećanog sadržaja vitamina C i A. Ističe se značaj jedinstvenih osobina kao što su crvena boja mesa ploda, potpuna rđasta prevlaka pokožice ploda, tanjirast oblik ploda ili prepoznatljiv ukus, koje značajno uvećavaju mogućnosti marketinga. Vršiti se stalno praćenje konkretnih potrošačkih očekivanja i zahteva tržišta od nacionalnog do globalnog nivoa, kao i razdvajanje selekcionih ciljeva kada je u pitanju plod za stonu upotrebu i preradu. Da bi oplemenjivači sagledali moguću dobit od selekcije i oplemenjivački rad načinili izvesnijim popotrebno je da poznaju heritabilnost kvantitativnih svojstava. Rakonjac et al. (1994) proučavajući varijabilnost i heritabilnost nekih osobina ploda trešnje utvrdili su visoke vrednosti koeficijenta heritabilnosti od 58,0 - 84,7% što je od velikog značaja u predviđanju kakvo potomstvo će dati roditelji u sledećoj generaciji.

Veliki broj novih sorti koštičavih voćaka je stvoren. Ali korišćenje malog broja roditelja doveo je do drastičnog smanjenja genetičke divergentnosti. Novo svojstvo je najčešće rezultat kumulacije aditivnih gena. Kod breskve skoro 30 monogenih svojstava je determinisano i locirano na genskoj mapi vrsta roda *Prunus* (Arus et al., 1999). Kasno cvetanje je identifikovano kod badema, a determinisano je jednim major genom nađenim kod sorte Tardy Non Pareil. Otpornost prema više prouzrokovaca bolesti determinisana je sa jednim ili više gena kod ove grupe voćnih vrsta. Otpornost prema virusu šarke kod sorte kajsije Stark Early Orange je dominantno svojstvo determinisano sa najmanje 3 gena.

Jedino kod breskve među koštičavim voćkama postoji dovoljno dugačak raspon vremena zrenja što zadovoljava tržišne zahteve. Kod kajsije taj period je znatno kraći, ali neki genotipovi ekstremno kasnog vremena zrenja nađeni su i u našim lokalnim populacijama sa vremenom sazrevanja oko 1. septembra. Coneva (2003) navodi veliku varijabilnost dobijenu u kanadskom oplemenjivačkom programu sa rasponom vremena zrenja od 19 dana pre Mađarske najbolje do 56 dana posle iste sorte. U istoj hibridnoj populaciji najkasnije vreme cvetanja je bilo 9 dana posle Mađarske najbolje. Superiorno potomstvo izdvojeno je i kad su produktivnost i osobine ploda u pitanju - atraktivnost, veličina ploda, odnos šećer/kiseline, aroma, čvrstina mezokarpa. Kod vremena cvetanja nisu postignute gornje granice jer neke Češke sorte kasnije cvetaju od NS rodne i do 7 dana. Možda će se tim standardima približiti neke od novijih NS selekcija selekcionisanih iz prirodne populacije koje su normalno rodile posle poznog proletnog mraza 2002. god.

Mnogo detaljnija istraživanja atributa koji determinišu trajašnost plodova posle berbe je neophodno izvršiti. Marić (2004) je proučavala genom jabuke i odredila poziciju gena, koji kodiraju ACC sintetazu (*ACS-1* i *ACS-2*) i ACC oksidazu (*a,b,c,d* i *n*). Ovi enzimi su bitni za biosintezu etilena, od čijeg prisustva zavisi dužina čuvanja plodova zimskih sorti jabuke. Rezultati omogućavaju i ranu selekciju sejanaca jabuke, čiji se plodovi dugo čuvaju, kao i odabiranje pozitivnih genotipova među postojećim sortama jabuke, koji mogu u hibridizaciji da posluže kao roditelji za stvaranje sorata sa ovim dragocnim genima. Itai et al. (1999) su identifikovali 1-aminocyclopropane-carboxic acid synthase gen koji kontroliše produkciju etilena u plodovima tokom sazrevanja kod sorti japanske kruške i sugeriše da RFLP analiza različitih ACC sintetaza gena bi bila korisna za predviđanje maksimalne produkcije etilena. Tateishi et al. (2001) su klonirali cDNA koja kodira beta-galaktozidazu kod plodova japanske kruške čija je ekspresija vezana za procese omekšavanja plodova. Nukleotidni i aminokiselinski sastav kruške ima u 98% identične sekvence sa beta-galaktozidazom kod jabuke.

Prepoznatljivost uvećava mogućnost marketinga a u tom smislu su vrlo značajna jedinstvena i vrlo vredna svojstva kao što su rdasta boja pokožice ploda, prepoznatljiv ukus, tanjirast oblik ploda, tip cveta, vreme cvetanja i vreme zrenja. Najnoviji oplemenjivački rezultati ukazuju da sve to nije nedostižno. Kao primer mogu se navesti nove krupnoplodne selekcije vinogradarske breskve, breskve i nektarine pljosnatog oblika ploda, breskve i nektarine crvenog mezokarpa, stubaste jabuke crvenog mesa ploda, ukrasne i patuljste forme jabuke, kruške, trešnje, višnje i kajsije. Hibridizacija maline u toku poslednjih decenija daje poseban naglasak stvaranju sorata, koje će blagodareći svojim biološkim osobinama omogućiti masovnu proizvodnju kvalitetnih plodova van sezone (u toku jeseni i zime) prvenstveno u zaštićenom prostoru.

Diverzifikacija proizvoda od voća je neophodnost. Plodovi za industrijsku preradu imaju svoje specifične zahteve koje moraju ispuniti, pa danas kvalitetna sirovina za preradu ne može biti deo proizvodnje za stonu upotrebu van klase, ili onaj koji sticajem okolnosti nije realizovan kao sveže voće. Oplemenjivačke ciljeve definiše i diverzifikacija proizvoda sa specifičnim zahtevima koje određuje konzervirani proizvod: kompot - čvrst mezokarp, kaše - odsustvo antocijanina crvene boje, džem - visok sadržaj pektinskih materija itd. Svako navedeno svojstvo ima posebnu vrednost ako je kombinovano sa otpornošću prema potamnjivanju mesa ploda.

Mnogi autori (Fideghelli, 2003) ističu značaj svojstava koja određuju arhitekturu voćke koja doprinosi regularnoj rodnosti. Arhitektura je pre svega određena tipom rasta i rasporedom grana i lišća na stablu, bujnošću, obrazovanjem cvetnih pupoljaka, kompatibilnošću plemke i podloge. Ističe se sve veća važnost ovih osobina u oplemenjivačkom radu, ali otežavajuća okolnost je nepoznavanje njihovog načina nasleđivanja i međusobne interakcije kod fenotipske ekspresije. Čak ni segregaciju jednostavnih osobina, kao što je stubast tip rasta, žalosne forme, spur i kompaktni tip rasta, nije upotpunosti moguće planirati izborom roditeljskih parova na osnovu koncepta gena. Nove mogućnosti se pojavljuju pre svega u oplemenjivanju ukrasnih formi koje se koriste u pejzažnoj arhitekturi i na okućnicama. Raznolikost vegetativnih formi, anatomskih struktura i boje cvetova u velikoj meri nalaze primenu u oplemenjivanju. Inspiracije se pre svega nalaze u bogatstvu formi divljih vrsta.

Otpornost prema biotičkom i abiotičkom stresu. Kod jabučastih voćnih vrsta najopasnije bolesti su i dalje čađava krastavost, pepelnica i bakteriozna plamenjača. Sve više se obraća pažnja na poligene izvore otpornosti, često iz starih autohtonih sorti ili germplazme sa različitim stepenom poljske otpornosti. Najlepši primer evropske saradnje u ovom pravcu je DARE kooperativni program – Durable Apple Resistance in Europe. Informacije o ovom projektu se nalaze na sajtu www.inra.fr/Internet/Projects/Dare/index.htm. Ovaj projekat kao i više radova u poslednjih nekoliko godina ističu pitanje definisanja strategije oplemenjivanja na otpornost prema prouzrokovateljima bolesti i štetočinama. Korišćenje rasno specifičnih major gena dovodi do promene prevalentnosti rase i oslanjanje na njih neophodno treba da prate hemijski tretmani u periodima najintenzivnije produkcije askospora i konidiospora. U velikoj meri pomaže i prskanje ureom u periodu otpadanja lista i posle otpadanja lista kako bi se pospešilo truljenje otpalog lišća. To i dalje znači smanjenje prskanja za 80%, ali ističe potrebu za definisanjem novog specifičnog agrotehničkog koncepta. Primer smanjenja otpornosti je pojava infekcije čađave krastavosti prouzrokovane novim rasama na sortama jabuke u Nemačkoj koje nose gen Vf (poreklom iz *Malus floribunda* klon 821), ali i na drugim lokalitetima i to na poznatim sortama kao što su Topaz, Rebella i Prima. U isto vreme na nekim sortama kao što su Reka (Vr), Reglindis (Va), Renora (Vf), Relinda (Vf), Reanda (Vf) i Rewena (Vf) nisu primećeni simptomi. Objašnjenje ovih razlika pre svega treba tražiti u domenu istraživanja molekularne biologije što bi dalo doprinos redefinisaju postojeće strategije oplemenjivanja prema biotičkom stresu konvencionalnim metodama. Novi izvori otpornosti iz divljih vrsta *M. hupehensis*, *M. sargentii*, *M. coronaria*, *M. fusca*, *M. florentina* i *M. trilobata* mogu biti važan oslonac. U tom slučaju susrećemo se sa problemima poliploidije, apomiksisa, lošeg kvaliteta ploda i potrebe velikog broja povratnih ukrštanja. Mnogo bi lakše bilo ako bi se donori otpornosti našli u sakupljenoj germplazmi *M. sieversii* u Centralnoj Aziji čije ocenjivanje se odvija u Nemačkoj, Francuskoj i SAD (Fisher i Fisher, 2003). Promena prevalentnosti i pojava novih rasa parazita je odavno pretnja uspešnom radu u ovoj oblasti. Razvitak molekularnih markera za većinu determinisanih gena olakšava piramidizaciju većeg broja gena u jednom genotipu. Oslanjanje na horizontalnu otpornost, koja je rasno nespecifična, ne daje očekivane rezultate i obezbeđuje sigurnost samo oko ih prate major geni. Kao izvori otpornosti poligeneskog karaktera najviše se koriste stare lokalne sorte jabuka, ali njihov stepen otpornosti ne zadovoljava u potpunosti u godinama sa ekstremno visokim stepenom zaraze. Nivo genetičke otpornosti u njihovim potomstvima takođe nije zadovoljavajući i u mnogome zavisi od opštih i posebnih kombinacionih svojstava pojedinačnog donora. To znači da treba uraditi veliki broj ukrštanja da bi se dobila uspešna hibridna kombinacija. Jedna od novih nedoumica u oplemenjivanju je da li eliminacija parazita aktivnom genetičkom otpornošću otvara prostor da neki paraziti od minornog značaja postaju problem.

Neke od Vf otpornih sorti jabuke pokazuju i zavidan stepen otpornosti prema prouzrokovaju pepelnice: Prima i Rubinola dok su Ariwa i Rewena samo tolerantne, ali ni molekularnim metodama nije se moglo utvrditi prisustvo nekog od dobro poznatih gena Pl1 i Pl2. Interesantna je detekcija otpornosti prema vaši *Dysaphis plantaginea* kod sorte Saturn i Florina i tolerantnosti kod sorte Beaujade.

Epitet blaga Balkanskog poluostrva sigurno mogu da nose sorte krušaka Karamanka i Jeribasma koje su vrlo otporne prema kruškinoj buvi (*Psilla pyri*) i prouzrokovaju bakteriozne plamenjače (*Erwinia amylovora*) (Bell, 2003). Jedino se Karamanka koristi u hibridizaciji jer je Jeribasma triploidna.

Najvažnije gljivične bolesti breskve su pepelnica i monilija na plodu, a najsigurniji izvor otpornosti je nađen kod slatkog badema (*Prunus amygdalus f. Dulcis*). Kolika je oplemenjivačka vrednost vinogradarske breskve PŽ 1, visoko tolerantne prema pepelnici, sa vrlo krupnim plodovima najvišeg kvaliteta, će se tek videti jer se kao donor otpornosti koristi ne samo kod nas već i u Italiji. Kod koštičavih vrsta voćaka otpornost prema virusu šarke šljive je sve aktuelnija. Determinisana je kompleksnom naslednom osnovom sa jednim ili više major gena i nekim minor genima. Na primer, otpornost prema prouzrokovaču šarke kod sorte kajsije Stark Early Orange je dominantno svojstvo, kontrolisano sa najmanje tri gena (Guillet-Ballanger i Audergon, 2001). Isti autori su identifikovali i neke minor gene u determinaciji ovog svojstva. Blažek et al. (2003) navode nekoliko starih lokalnih čeških sorti šljive otpornih prema ovoj virozi, ali kvalitet njihovih plodova ne zadovoljava standarde komercijalnog gajenja.

Faktori adaptabilnosti, da bi se ostvario normalan porast, diferencijacija cvetnih pupoljaka, cvetanje, razvitak ploda i sazrevanje, su prilagođenost fotoperiodu, intenzitetu insolacije, potrebnom broju časova sa niskim temperaturama i toplotnim stepenima, tipu zemljišta, temperaturi i otpornosti prema velikom vlaženju zemljišta (Sherman i Beckman, 2003). Ovi parametri su od važnosti kako pri stvaranju novih sorti tako i podloga. Otpornost prema niskim zimskim temperaturama i kasnim prolećim mrazovima je retka. Kod kajsije se kao izvori otpornosti koriste divlje vrste *Prunus sibirica* i *Prunus mandshurica* i neke autohtone sorte iz Turske (Murav'ev et al., 2000). Major gen za kasno cvetanje kod badema je identifikovan kod sorte Tardy Non Pareil (Socias i Company et al., 1999). Ovo svojstvo u kombinaciji sa autogamijom i visokim kvalitetom ploda su glavni selekcionni ciljevi kod badema.

Međuvrsna hibridizacija. Davnašnja želja da se ukrsti jabuka i kruška ponovo postaje aktuelna. Banno et al. (2003) uspevaju da u *in vitro* uslovima odgaje više hibrida jabuke Fuji ukrštene sa kruškom Oharabeni (*Pyrus pirifolia* x *P. communis*) sa ciljem unošenja gena za otpornost prema prouzrokoivačima ekonomski najvažnijih bolesti.

Zahvaljujući međuvrsnoj hibridizaciji u okviru roda *Prunus*, podrod *Amygdalus*, veliki broj vrlo interesantnih novih kombinacija svojstava je dobijeno. One predstavljaju jedinstven početni materijal za poboljšanje nekih vrlo vrednih svojstava. Selekcije iz prvog povratnog ukrštanja badema sa *Prunus mira*, *P. persica* i *P. webbii* su visoko samooplodne. Iz sličnih ukrštanja dobijeni su hibridi breskve otporni na pepelnicu, a ekspresija gena je stabilna i u drugoj i trećoj povratnoj generaciji. Značajno poboljšanje kvaliteta jezgre badema, mereno sadržajem oleinske kiseline, dobijeno je u povratnim ukrštanjima hibrida badema i breskve sa bademom. U povratnim ukrštanjima badema i breskve sa breskvom dobijeni su hibridi znatno čvršćeg mezokarpa, dugačkog perioda zrenja i trajašnosti ploda posle berbe (Gradziel, 2003). Međuvrsna hibridizacija je omogućila stvaranje velikog broja sorti tipa japanske šljive. *Prunus salicina* je ukrštana sa više diploidnih vrsta kao što su *P. cerasifera*, *P. angustifolia*, *P. mumsoniana* ili *P. americana*. Najintenzivniji rad u ovoj oblasti se odvija pri stvaranju novih podloga za vrste roda *Prunus*. Podloga Ferciana Ishtara je hibrid (*P. cerasifera* x *P. salicina*) x (*P. cerasifera* x *P. persica*) (Renaud et al., 1988).

Selekcija novih podloga voćaka. Nove podloge danas moraju da regulišu: (1) bujnost, morfološke i fiziološke karakteristike krune voćaka u toku stadijuma mladosti (juvenilnog) i zrelosti (adultnog); (2) rano stupanje u plodonošenje i redovnu rodnost, veličinu ploda i kvalitet po merilima savremenog tržišta, redukciju rezidbe i troškova berbe; (3) obezbede tolerantnost/rezistentnost prema zemljišnim parazitima i (4) tolerantnost prema nepovoljnim abiotičkim činiocima. S' obzirom da se ovi ciljevi sve vi-

še ostvaruju korišćenjem međuvrsne i međurodovske hibridizacije, problem kompatibilnosti i adaptabilnosti prema datim pedo-klimatskim uslovima je sve aktuelniji.

Na nesreću, približavanje savremenim ciljevima je vrlo sporo i skupo metoda- ma konvencionalnog oplemenjivanja. Mnogi programi se gase jer se dugogodišnji oplemenjivački programi više ne finansiraju državnim budžetskim sredstvima, a proizvođači i rasadničari ne žele da pokrivaju tako visoke troškove. Procenjuje se da je za dobijanje jedne nove podloge za jabuku konvencionalnim metodama potrebno 30 godina. Novi prilazi koji se oslanjaju na metode molekularne biologije dobijaju sve veću pažnju i značaj. Selekcija korišćenjem genskih markera ima pun smisao, ali testiranje novih podloga u uslovima intenzivnog voćarenja nema zamenu. Potrebno je iznalaženje novih izvora genetičke varijabilnosti kako bi savremeni selekcionni ciljevi bili ostvarljivi.

Kod jabuke najznačajniji dugoročni ciljevi kod podloga bujnosti kao što su M27 i M9 su da se poveća krupnoća ploda, poboljša otpornost prema suši, ostvari bolje ukorenjavanje, poveća otpornost prema niskim zimskim temperaturama, *Phytophthora* spp. i *Erwinia amylovora*. Danas najveći i najuspešniji program stvaranja novih podloga za jabuku je u SAD, Cornell University, gde je stvorena Geneva serija podloga slabije i jače bujnih od M26 (Robinson, 2003). Kod kruške se radi na poboljšanju ukorenjavanja, otpornosti prema suši i niskim temperaturama, povećanju krupnoće plodova i otpornosti prema *Erwinia amylovora*.

Najveći broj novih podloga za krušku sposobnih da kontrolišu bujnost pripada- ju *Pyrus communis*. Za razliku od dunje, znatno su otpornije prema suši, visokim let- njim temperaturama i hlороzi izazvanoj visokom količinom fiziološki aktivnog kalci- juma u zemljištu, ali prorode kasnije, plodovi su sitniji sa više kamenastih ćelija, niži je i prinos, a teško se vegetativno razmnožavaju. Najnoviji rezultat je podloga QR708'36, stvorena u HRI - Engleska, srednje bujnosti, okalemljene sorte na njoj ra- no prorode i vrlo su rodne, a podloga može i da se vegetativno razmnožava.

Danas se testiraju i mnoge podloge za breskvu, šljivu, kajsiju, trešnju i badem čija je bujnost do 50% manja od standarda. Kod trešnje i višnje značajnu ulogu ima *P. fruticosa* gde se i naši naponi mogu svrstati. I pored napora da se za koštičave vo- ćne vrste više upotrebljavaju vegetativne podloge, još uvek se u svetu više koriste ge- nerativne podloge, izuzimajući GF677 za karbonatna zemljišta. Generativne podloge se više koriste u rasadničkoj proizvodnji koštičavih voćaka, jer je proizvodnja sejana- ca po pravilu laka i jeftina, a na taj način se ne širi ili se teže širi virus šarke šljive (Plum pox potyvirus, PPV). Međutim, generativne podloge su zbog polnog razmno- žavanja često neujednačene bujnosti, a pokatkad i nepodudarne (inkompatibilne) sa okalemljenim sortama.

Mutaciono oplemenjivanje

Spontane mutacije koje se odnose na boju pokožice i oblik ploda su česte kod jabuke i breskve (Mišić i Tešović, 1970). Danas skoro isključivo gajimo klonove stan- dardnih sorti. Klonskom selekcijom oblačinske višnje Nikolić et al. (1996) izdvojili su nekoliko klonova krupnijeg ploda i veće količine rastvorljivih suvih materija. Ula- žu se veliki naponi da bi se razjasnilo zbog čega su neke sorte podložnije mutacijama kao i da se iznađu pouzdani parametri za genetičku karakterizaciju mutanata, pre sve- ga od značaja za patentiranje genetičke inovacije. Aktivacija i sputavanje transpozona je mogući uzrok mutacija boje ploda i spur tipa rasta (Tignon et al., 2001). Informa- cije o prisutnosti i aktivaciji retranspozona doprinela bi našim saznanjima o ekspre-

siji gena i mogućnosti razlikovanja mutanata. Pre dvadeset godina indukovane mutacije su smatrane obećavajuće, ali vrlo malo pozitivnih rezultata je dobijeno kod vrsta koje pripadaju rodu *Prunus* pre svega zbog nedostatka stabilnosti i pitanja himera kod mutanata i transgenih linija.

Nekonvencionalne metode oplemenjivanja

Kultura tkiva i genetički inženjering. Genetičke transformacije su alternativa konvencionalnom oplemenjivanju sa mogućnošću poboljšanja postojećih sorti u kratkom periodu kroz specifične promene kao što su otpornost prema parazitima i štetočinama ili poboljšanje kvaliteta ploda. Detaljna genetička istraživanja kompleksnih svojstava su neophodna kako bi bila bolje genetički okarakterisana i primenljiva kroz transgene tehnologije. Pregled dostignuća kod jabuke u ovoj oblasti objavili su James et al. (2003) ističući sortu Gala i njene mutante kao najviše korišćene. Transformacija sa *sam-k* genom modifikuje produkciju etilena u toku sazrevanja, polygalacturonase (PG) smanjuje omekšavanje mesa ploda, a attacin gen povećava otpornost prema uzročniku bakteriozne plamenjače. Napori da se klonira Vf gen otežava i značajna uloga gena modifikatora sa aditivnim delovanjem od kojih u mnogome zavisi njegova ekspresija. Ti geni mogu biti prisutni čak i u neotpornim sortama. Kao dokaz tome može se navesti sorta Reka koja je otporna u svim lokalitetima i kod koje, bez razlike na prisustvo samo Vf gena, nikada nisu primećeni simptomi čadave krastavosti. Povećanoj otpornosti prema parazitima doprineo je i transfer antimicrobial peptide gena (AI-AMP) i endochitinase gena. Transgena kajsija i šljiva su dobijene kada je korišćen gen belančevinastog omotača virusa šarke šljive (PPV). Ekspresija gena u poljskim uslovima je stabilna, a svojstvo se nasleđuje u potomstvu.

Metode kulture tkiva mogu dati svoj doprinos kroz iskorišćavanje somaklonalne varijabilnosti, primenu hemijskih mutagena, selektivnih agenasa i primene molekularnih markera u njihovoj identifikaciji. Ali konkretni pomaci ka nekoj novoj sorti su još uvek nedostižni. Kod više izdvojenih mutanata *in vitro* sa otpornošću prema parazitima heritabilnost novog svojstva bila je niska.

Primena metoda molekularne biologije. Molekularna biologija treba da nastavi da doprinosi oplemenjivanju voćaka kroz bolje razumevanje strukture genoma, ekspresije transgena i njihovog načina nasleđivanja u hibridnom potomstvu, mogućnosti sputavanja ekspresije nepoželjnih, ili pojačavanja ekspresije poželjnih gena. Najpotpuniji pregled primene molekularnih markera u oplemenjivanju voćaka dali su Tartarini i Sansavini (2003). Izoenzimi su bili prvi markeri za identifikaciju sorti (Gašić et al., 2000, 2001). Sledeći korak bio je uvođenje DNK markera kao što su RFLP, koji su skupi i kompleksni, RAPDS, AFLPs i SCAR pa sve do SNPs što omogućava detekciju polimorfizma na nukleotidnom nivou. Oni danas pružaju mogućnost selekcije, pre svega, na kvalitativna svojstva, ali i kvantitativna svojstva gde je heritabilnost mala. Jedan od prvih praktičnih rezultata su QTLs analize koje identifikuju vezana kvantitativna svojstva što u velikoj meri može da poveća efikasnost selekcije. Ciljevi Evropskog programa na stvaranju novih podloga za vrste roda *Prunus* je MAS (Marker-assisted selection) karakterizacija vrlo važnih agronomskih svojstava sa kompleksnom naslednom osnovom kao što je otpornost prema nematodama i hlороzi, adaptabilnost prema uslovima suše i ekscesne vlažnosti zemljišta, kompatibilnost i sposobnost ožiljavanja (Dirlewanger et al., 2003).

Internacionalna saradnja

Najlepši primer internacionalne saradnje tj. okupljanja velikog broja istraživača oko zajedničkog cilja je DARE (Durable Apple Resistance in Europe) program na principima „multi-sit“ istraživanja. Ali takvi primeri postaju sve ređi. Da bi se zadržao sadašnji vrlo visok nivo oplemenjivačkog rada sve veći značaj ima saradnja između oplemenjivačkih programa, posebno ako se nastavi sa smanjenjem finansijskih sredstava za dugoročne oplemenjivačke programe. Danas postoji velika potreba za razmenom germplazme, prajmera, promotora, transgena kao i za potpunu ocenu vrednosti elitnih hibrida u različitim ekološkim uslovima pre nego što se priznaju za novu sortu.

Kontrola intelektualne svojine i marketing sorti po klub principima, kao kod sorte Pink Lady, postavlja pitanje vlasništva i potencijalnih barijera naučnoj saradnji. Primena novih tehnologija donosi i nova pitanja kao što su ko je vlasnik genetički transformisane sorte, selektivnog markera, gena čija ekspresija ima agronomski značaj, promotora itd. Sve je više tajnih dogovora koji dodatno ograničavaju razmenu germplazme. Nisu retki pokušaji transformacije vodećih sorti, unošenjem gena iz germplazme jabuke, kako bi se prevazišla ograničenja koja postavljaju legalni putevi komercijalizacije.

Nove sorte voćaka

U periodu od 1997. do 2004. godine u svetu je stvoreno i priznato više stotina sorata voćaka, a u Srbiji i Crnoj Gori samo deset. To su sorte šljive Mildora, Timoćanka i Boranka, breskve Groćanka, kajsijske NS-4, NS-6, Novosadska kasnocvetna i Novosadska rodna, kupina Čačanska bestrna i crna ribizla Čačanska crna.

Nažalost, rezultati rada na oplemenjivanju voćaka u Srbiji i Crnoj Gori zbog sve slabije podrške društva gube svoj nekadašnji obim i značaj za unapređenje voćarstva. Voćarstvo naše države neće moći da održi korak sa svetom i sve će više zaostajati ako se u programe oplemenjivanja voćaka ne bude više ulagalo.

Zaključak

Oplemenjivanje voćaka prošlo je dugačak put od selekcije iz prirodnih populacija i spontanijih sejanaca do genetskih transformacija i molekularnih markera. To se posebno odnosi na metode oplemenjivanja. Većina danas gajenih sorti i podloga su identifikovani klonovi poznatog pedigreea. Ipak idealne kombinacije različitih osobina kao što je specifičan tip rasta, otpornost na parazite i štetočine, kvalitet ploda ili kompatibilnost je teško postići. U ovim naporima konvencionalno oplemenjivanje, hibridizacija pre svega, je nezamenljiv put. Da bi ovaj put bio brži, genetske transformacije i metode molekularne biologije nisu dale svoj poslednji doprinos.

Literatura

- Arus, P., Dirlewanger, E., Quarta, R., Tobutt, K., Ballester, J. (1999): Location of 20 major genes of peach, almond, and cherry on the *Prunus* linkage map. Plant and animal genome VII, San Diuego.
- Banno, K., Hirono, Y., Ishikawa, H. I., Kakegawa, M. (2003): Breeding and characteristics of symmetric intergeneric hybrids between apple and pear. Acta Hort., 622: 265-276.
- Bell, L.R. (2003): Resistance to pear *Psylla nymphal* feeding of germplasm from central Europe. Acta Hort., 622: 343-345.
- Blažek, J., Paprštejn, F., Karešova, R. (2003): Spread of plum pox virus in new plum orchards of the Czech Republic and cultivar resistance. Acta Hort., 622: 359-364.
- Cerović, S., Ninić-Todorović, J., Gološin, B. (2004a): Značaj patuljastog badema (*Amygdalus nana* L.). Izvodi radova XII Kongresa voćara Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem, Zlatibor, p. 50.
- Cerović, S., Ninić-Todorović, J., Gološin B., Ognjanov, V. (2004b): Production technology of hazelnut young trees grafted on Turkish filbert (*Corylus colurna* L.). 8th International symposium on integrating conopy, rootstock and environmental physiology in orchard systems, Budapest.
- Coneva, E. (2003): New apricot germplasm selected by ten characteristics. Acta Hort., 622: 465- 472.
- Dirlewanger, E., Bosselut, N., Salesses, G., Bonnet, A., Voisin, R., Bergougnoux, V., Lecouls, A.C., Arus, P., Gomez-aparisi, J., Xiloyannis, C., Di Vito, M., Poessel, J.I., Faurobert, A., Esmenjaud, D. (2003): Breeding for interspecific *Prunus* rootstocks cumulating resistance to root-knot nematodes and favourable agronomic traits under Mediterranean environments: A European project. Acta Horticulturae (in press).
- Gašić, K., Ognjanov, V., Tobutt, K. (2000): Izoenzyme polymorphism in peach varieties. Acta Horticulturae, 538: 517-524.
- Gašić, K., Ognjanov, V., Tobutt, K. R., Bošković, R., James, C. (2001): Characterization of vineyard peach biodiversity. Acta Horticulturae, 546: 119-125.
- Gradziel, M.T. (2003): Interspecific hybridizations and subsequent gene introgression within *Prunus* subgenus *Amygdalus*. Acta Horticulturae, 622: 249-253.
- Guillet-Ballanger, I., Audergon, J.M. (2001): Inheritance of the Stark Early Orange apricot cultivar resistance to Plum Pox Virus. Acta Horticulturae, 550: 111-115.
- Fideghelli, C. (2003): Tree size and architecture. Acta Hort. (in press).
- Fisher, M., Fisher, C. (2003): The future of disease resistant apple. Acta Horticulturae, 622: 329-333.
- Harker, F.R., Marsh, K.B., Young, H., Murray, S.H., Gunson, F.A., Walker, S.B. (2002): Sensory interpretation of instrumental measurements 2: Sweet and acid taste of apple fruit. Postharvest Biol. Technol., 24: 241-250.
- Itai, A., Kawata, T., Tanabe, K., Tamura, F., Uchiyoma, Tomomitsu, M., Shiraiwa, N. (1999): Identification of 1-aminocyclopropane'1'carboxic acid synthase genes controlling the ethylene level of ripening fruit in Japan. Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). Mol. Gen. Genet., 261: 42-49.
- James, D.J., Massiah, A., Passey, A., Bulley, S., Vaughn, S. (2003): Using genetic modification to improve fruit quality: benefits for the grower, the consumers and the environment. Acta Hort. (in press).

- Korać, M., Gološin, B., Ninić-Todorović, J. (1996): Patuljasti badem (*Amygdalus nana* L.) i njihov značaj u oplemenjivačkom radu. *Jugoslovensko voćarstvo*, 30, 113-114: 151-154.
- Lazović, B. (1999): Pomološke karakteristike introdukovanih sorti masline (*Olea europaea*). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Marić, S. (2004): DNK markeri u oplemenjivanju jabuke. Zadužbina Andrejević, Biblioteka Academia.
- Milutinović, M., Nikolić, D. (1994): Genetical variability of Mirobalan (*Prunus cerasifera*) seedlings. *Acta Horticulturae*, 359: 217-224.
- Mišić, D.P., Tešović, V.Ž. (1970): Raspored antocijanina u pokožici ploda jabuke sorti jonatan, delišes i njihovih tamnije crveno obojenih mutanata. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 23, 81: 135-142.
- Mišić, D.P., Tešović, Ž. (1973): Autohtona crvena malina, *Rubus idaeus* L., u Zapadnoj Srbiji, Kosovu i Istočnoj Crnoj Gori. *Jugoslovensko voćarstvo*, 7, 24: 1-9.
- Mišić, D.P. (2002): Specijalno oplemenjivanje voćaka. Partenon i Institut za istraživanja u poljoprivredi Srbija, Beograd.
- Mratinić E., Kojić, M. (1998): Samonikle vrste voćaka Srbije. Institut za istraživanje u poljoprivredi Srbija, Beograd.
- Murav'ev, G.A., Skripochenko, A.F., Duskabilov, T.D., Duskabilova, T.I. (2000): Breeding and prospects of the apricot crop in the south of Krasnoyarsk region. *Sadovodstvo i Vinogradarstvo*, 1: 22-23.
- Nikolić, D., Rakonjac, V., Milutinović, M., Milutinović, M.M. (1996): Vrednovanje selekcionisanih klonova oblačinske višnje. *Jugoslovensko voćarstvo*, 30, 115-116: 343-347.
- Ognjanov, V., Vujanić-Varga, D., Balaž, J. (1994): Germplazma jabuke, kruške i breskve i njen značaj. *Budućnost voćarstva u Jugoslaviji, Niš-Vučje*, pp. 167-174.
- Ognjanov, V., Vujanić-Varga, D., Gašić, K., Nađ, B. (2000): Disease resistance in apple, pear and peach germplasm originating from the Balkan peninsula. *Acta Horticulturae*, 513: 63-68.
- Ognjanov, V. (2003): *Prunus* germplasm in Yugoslavia. Sixth meeting of the ECP/GR Prunus Working Group, Budapest.
- Ognjanov V., Cerović, S. (2003): Selection and utilization of Minor Fruit Tree Species. *Eucarpia symposium on fruit breeding and genetics, Angers*.
- Ognjanov V., Cerović, S., Ninić-Todorović J., Gološin B. (2004): Selection of vineyard peach and myrobalan seedling rootstocks. 8th International symposium on integrating conopy, rootstock and environmental physiology in orchard systems, Budapest.
- Rakonjac, V., Živanović, T., Nikolić, D. (1994): Components of variability and heritability of some sweet cherry characters. *Genetika*, 26:189-193.
- Renaud, R., Bernhard, R., Grasselly, C., Dosba, F. (1988). Diploid plum x peach hybrid rootstocks for stone fruit trees. *HortScience*, 23: 115-117.
- Robinson, T., Aldwinckle, H., Fazio, G., Holleran, T. (2003): The Geneva Series of apple rootstocks from Cornell: Performance, disease resistance and commercialization. *Acta Hort.*, 622: 513-520.
- Sherman, B.W., Beckman, G.T. (2003): Climatic Adaptation in Fruit Crops. *Acta Hort.*, 622: 411-428.
- Socias i Company, R., Felipe, A.J., Aparisi-Gomez, A. (1999): A major gene for flowering time in almond. *Plant breed.*, 118: 443-448.

- Tartarini, S., Sansavini, S. (2003): The use of molecular markers in pome fruit breeding. *Acta Hort.*, 622: 129-140.
- Tateishi, A., Inoue, H., Shiba, H., Yamaki, S. (2001): Molecular cloning of beta - galactosidase from Japanese pear (*Pyrus pyrifolia*) and its gene expression with fruit ripening. *Plant Cell Physiol.*, 42: 492-498.
- Tignon, M., Watillon, B., Kettmann, R. (2001): Identification of copia-like retro - transposable element by apple. *Acta Hort.*, 546: 515-520.

Primljeno: 07. 02. 2005.
Prihvaćeno: 27. 02. 2005.

NEW CHALLENGES FOR FRUIT BREEDING

Vladislav Ognjanov¹, Petar D. Mišić², Dragan Nikolić³, Nenad Magazin¹

¹Faculty of Agriculture, Novi Sad

E-mail: vognjanov@polj.ns.ac.yu

²Academy of Engineering Science of Serbia and Montenegro, Beograd

³Faculty of Agriculture, Zemun

Summary

The exciting challenge for all breeders is to release cultivars which the market wants and which can produce a profit for the growers. They have done it in the past and they will continue to do it in the future.

Today's fruit breeding programmes are inter-related with other research disciplines. The complex, dynamic and interdisciplinary interactions require innovative approaches, including modern tools and techniques. The most important areas of collaboration are: database management, genetics, phytopathology, entomology, ecology, physiology, molecular biology, fruit quality and sensory perception. Breeders also need to be aware of modern fruit marketing and consumer requirements. The complexity of tasks in modern fruit breeding sometimes leads to the specialization of particular breeding programmes and a dynamic interaction between complementary programmes. Responses from fruit breeders about genetic transformation ranged from strongly negative to actively positive. Fruit breeders are constantly challenged to consider new tools and technology to increase the efficiency of their programmes.

Key words: Fruit breeding, present, future.

Autor's address:
Prof. dr Vladislav Ognjanov
Poljoprivredni fakultet
D. Obradovića 8
21000 Novi Sad
Srbija i Crna Gora