

UDK: 581.1;162.4;165.7:631.532:632.1.111

Pregledni rad – Review paper
Uvodno predavanje – Plenary lecture

Voćarstvo
ČASOPIS NAUČNOG VOĆARSKOG DRUŠTVA
SRBIJE I CRNE GORE

Novi pravci istraživanja u fiziologiji i ekologiji voćaka

Đurdina Ružić¹, Vlado Ličina², Radmila Stikić², Radosav Cerović¹,
Todor Vulić², Mirjana Ruml²

¹*Institut SRBIJA, Centar za voćarstvo i vinogradarstvo, Čačak, SCG*
E-mail: jugovoca@yul.net

²*Poljoprivredni fakultet, Zemun – Beograd, SCG*

Sadržaj: Nova otkrića u svim oblastima fiziologije i ekologije voćaka pokazuju svu kompleksnost, ali i nezaobilaznu interakciju sa drugim naučnim granama i posebno aktuelnim, novim biotehnologijama. Ta nova saznanja u obimnoj i veoma složenoj oblasti kakva je fiziologija voćaka biće prezentovana kroz sledeća poglavlja: nove biotehnologije u voćarstvu; mineralna ishrana - sa osvrtom na folijarnu ishranu; fiziologija stresa; novi aspekti oplodjenja voćaka i; toplotni režim kao činilac fenološke dinamike, rodnosti i prostornog zoniranja voćaka.

Ključne reči: Biotehnologije, folijarna ishrana, stres, oprašivanje i oplodjenje, toplotni režim.

Uvod

Fiziologija biljaka/voćaka je naučna disciplina koja obuhvata: fiziologiju ćelije, vodni balans biljaka, fotosintezu, disanje, mineralnu ishranu, rastenje i razviće, morfogenezu *in vitro*, genetičke transformacije i biotehnologije, fitohormone i regulatore rasteња, orijentaciju biljaka u vremenu i prostoru, fiziologiju semena i plodova, fiziologiju otpornosti ili razviće biljaka pod stresnim faktorima i druge pojave i procese vezane za život biljaka, ali i integraciju i regulaciju tih procesa. Ovako široka i kompleksna, ali i veoma dinamična naučna oblast opredelila je autore ovoga rada da prikažu samo deo savremenih dostignuća koja se odnose na: nove biotehnologije u voćarstvu, mineralnu ishranu sa osvrtom na folijarnu ishranu, fiziologiju stresa, nove aspekte oprašivanja i oplodjenja voćaka, i deo koji se odnosi na ekologiju, odnosno toplotni režim kao činilac fenološke dinamike, rodnosti i prostornog zoniranja voćaka.

Nove biotehnologije u voćarstvu

Očekuje se da se sadašnja svetska populacija sa oko 5,8 milijardi udvostruči do 2050. godine. Populacija se naročito povećava u zemljama u razvoju i čini čak 97% od globalnog povećanja. Međutim, poljoprivredna proizvodnja raste veoma sporo, od-

nosno za 1,8% godišnje. Tako je i izazov za budućnost upravo u globalnoj sigurnosti ishrane koja zahteva dupliranje proizvodnje hrane u sledećih 50 godina da bi se zadovoljile potrebe populacije. Direktna upotreba novih biljnih biotehnologija to omogućava, pa se smatra da su poljoprivredne biotehnologije značajnije nego medicinske jer ljudi širom sveta mnogo više umiru od gladi, ili slabe ishranjenosti, nego od „modernih“ bolesti sa zapada (Handa, 2004). Osnovni cilj biotehnologija je poboljšanje/povećanje proizvodnje, ali u smislu adekvatnog kvaliteta i željenog kvantiteta (Altman, 1999). Puna realizacija ovoga razvoja zavisi ne samo od nastavka uspešnih istraživanja već i od regulisanja klime i javnog prihvatanja ovih tehnologija. Biotehnologije se moraju integrisati sa klasičnom fiziologijom i oplemenjivanjem. One danas, prema Altmanu (2004), menjaju hortikulturnu scenu u tri glavna polja:

- bolja kontrola rastenja i razvića;
- zaštita biljaka od svakog povećanja spoljnih stresova, abiotičkih i biotičkih;
- proizvodnja posebne/funkcionalne hrane.

Glavni izazovi, ali i budući pravci u hortikulturnim biotehnologijama uključuju: ublažavanje rizika od abiotičkih stresova, zaslanjenosti zemljišta, suše i ekstremnih temperatura; održavanje i poboljšanje životne sredine; poboljšanje kvaliteta hrane i dizajniranje poboljšane funkcionalne hrane korišćenjem biohemijskog inženjerstva.

Biotehnologije ne mogu rešiti sve probleme, ali su to najmoćnije tehnike koje mogu i koje će biti integrisane u sve klasične programe oplemenjivanja kod većine hortikulturnih biljaka pa i voćaka.

Prema McCown (2003) u hortikulturnoj biotehnologiji uključene su dve nezavisne, ali vrlo važne primene: klonirati elitnu germplazmu i genetičko poboljšanje već postojeće germplazme.

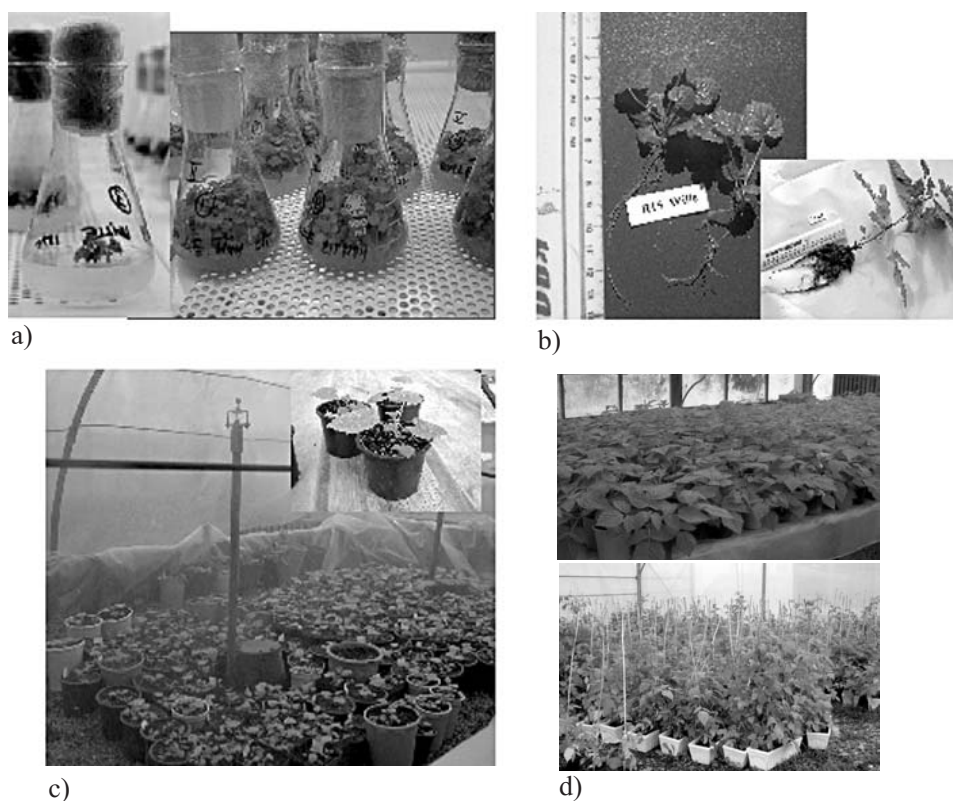
Današnja dostignuća u biotehnologiji su već prevazišla očekivanja, a i budućnost mnogo više obećava. Osvrćući se na mogućnosti koje pruža savremena biotehnologija, nobelovac Norman Borlaug koji je bio predvodnik „zelene revolucije“ nedavno je napisao: „Pre 30 godina u govoru koji sam napisao prilikom dobijanja Nobelove nagrade za mir ja sam rekao da je zelena revolucija postigla privremeni uspeh u čovekovom ratu protiv gladi, uspeh koji bi ako se u potpunosti ostvari mogao da obezbedi dovoljno hrane za čovečanstvo do kraja 20. veka...sada kažem da svet raspolaže tehnologijom koja je već dostupna, ili je već daleko odmakla na lestvici istraživanja, koja će moći da hrani populaciju od 10 milijardi ljudi“. Međutim uprkos uspehu „zelene revolucije“ bitka za obezbeđenje hrane stotine miliona gladnih i siromašnih ljudi je daleko od pobeđe (Borlaug, 2000).

Moderna era u biljnoj biotehnologiji se razvila pre 50 godina, počevši sa *in vitro* mikropropagacijom, i praćena sa molekularnim oplemenjivanjem i genetskim transformacijama, odnosno tehnologijom rekombinantne DNA.

Mikropropagacija. Dugo godina kultura biljnog tkiva se smatrala kao „posebna oblast“, odnosno odvojena od drugih naučnih disciplina. Međutim, danas, a i u budućnosti ona pruža/pružiće široki spektar tehnologija sa mnoštvom disciplina, od propagacije i konzervacije, prezervacije do genetskih manipulacija i razvijanja biotehnologija za otkrivanje farmaceutskih i agrohemijskih produkata (Lowe et al., 1996).

Mikropropagacija je kao metoda vegetativnog razmnožavanja, od svih *in vitro* tehnika, našla najviši nivo praktične primene u voćarstvu naročito u proizvodnji jagodastog voća, vegetativnih podloga, ali i sorti (Sl. 1). U mnogim rasadnicima širom sveta ova metoda je standardna metoda za razmnožavanje nekih vrsta voćaka. Tako, npr., vegetativna podloga za trešnju, Gisela 5, najaktuelnija i najviše tražena na svetskom tržištu, se isključivo razmnožava ovom metodom.

Koštice vrste voćaka su se pokazale kao veoma zahvalan materijal za primenu *in vitro* metoda, a prava ekspanzija radova, odnosno istraživanja je zabeležena osamdesetih godina. Uglavnom je proučavan uticaj različitih vrsta biljnih regulatora rasta i njihovih koncentracija na fazu multiplikacije i ožiljavanja (Ružić, 1982; Cerović i Ružić, 1987; Ružić i Cerović, 2003).



Sl. 1. Mikropropagacija maline (a) uspostavljanje aseptične kulture, indukcija izdanaka i faza multiplikacije (b) faza ožiljavanja (c) faza aklimatizacije (d) adaptirane biljke (dr Đ. Ružić, original)

Fig. 1. Raspberry micropropagation (a) establishing of aseptic culture, induction of shoots and multiplication phase (b) rooting phase (c) acclimatization phase (d) adapted plants (dr Đ. Ružić, original)

Međutim, danas su sve manipulacije *in vitro* usko povezane i oslanjaju se na druge naučne discipline, kao što su histologija, anatomija, citologija, genetske manipulacije, fiziologija, biohemija, farmaceutski produkti, molekularne metode i dr. biotehnologije sa mnoštvom procesa koji se mogu pratiti u *in vitro* sistemu koji predstavlja zatvoren „minijaturni ekosistem“ dok traje jedan ciklus gajenja. Mnogi faktori u *in vitro* sistemu su se nezavisno proučavali, ali se mora ići ka integraciji. Tako, Williams (1995) navodi da je istorija kulture tkiva došla do punog ciklusa i da se kretanjem ka autotrofnom sistemu, rast izdanaka u kulturi *in vitro* približava kompletnim biljkama *in situ*.

Fotoautotrofna mikropropagacija (PAM). U kulturi tkiva *in vitro* ovaj termin se odnosi na biljke koje osim CO₂ i svetlosti ne zahtevaju dodavanje ugljenih hidrata u medijume za rastenje. Neki rezultati dobijeni kod jagode ukazuju da je rastenje i razvoj biljaka mnogo bolji na medijumima bez ugljenih hidrata, a sa većim koncentracijama CO₂.

Razvoj i rastenje hlorofilnih eksplantata izdanaka i biljaka *in vitro* je pod uticajem vazdušnih i fizičkih faktora i veoma je značajno za fotoautotrofna mikropropagaciju koja koristi medijume bez šećera u poređenju sa fotomiksotrofnom (PMM), ili heterotrofnom mikropropagacijom. Koncentracije CO₂ u klimatizovanim prostorijama za gajenje u fotomiksotrofnim uslovima su 350-450 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, a u fotoautotrofnim oko 2.000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ uz korišćenje „Magenta“ posuda koje imaju poklopce sa aeracijom sa max mikroporama od 0,02– 0,2 μm (Kozai et al., 1991). Tako je koncentracija CO₂ u posudama za gajenje kultura jedini izvor ugljenika za povećanje suve mase fotosintezom (Kozai et al., 1999). Upravo zbog toga u fotomiksotrofnim uslovima rastenje je u funkciji mineralnih elemenata i organskih komponenti medijuma zbog veoma slabog intenziteta fotosinteze i male površine lista biljaka (Lumsden et al., 1990). Fotosinteza i rastenje su usporeni uglavnom zbog niske koncentracije CO₂ u posudama za gajenje (Kozai et al., 1991). Kozai i Kubota (2001) su primenili PAM kod maline i dobili biljke sa većom svežom masom, duže i kvalitetnije korenove i u *ex vitro* uslovima sa mnogo boljim rastom i razvojem od onih gajenih na medijumima sa saharozom. Fotoautotrofna mikropropagacija se danas koristi čak i u komercijalne svrhe. Nedavno su promovisane nove posude za gajenje sa izmenom vazduha pomoću specijalnih pumpi, sa snažnom ventilacijom, zapremine 120 l u koje staje 500 biljaka i gde je relativna vlažnost visoka pa se aklimatizacija praktično obavi *in vitro* (Kozai et al., 2004). Kod PAM je period gajenja skraćen za 50% u poređenju sa PMM. Pogodnosti velikih sudova sa aeracijom su date u tabeli 1.

Tab. 1. Kapaciteti posuda za gajenje i cena/biljka u PAM i PMM
Capacities of the plant growing vessels and price/plant in PAM and PMM

Kapaciteti: posuda/biljka; cena/biljka <i>Capacities: vessel/plant; price/plant</i>	PAM	PMM
Zapremina posude za gajenje (l) <i>Volume of the plant growing vessel</i>	120	0,37
Broj posuda <i>Number of vessels</i>	1	100
Broj biljaka <i>Number of plants</i>	1200	800
% aklimatizovanih biljaka <i>% of acclimatized plants</i>	95	60
Cena u fazi multiplikacije <i>Price during multiplication phase</i>	0,84 \$	1,44 \$
Cena po biljci <i>Price per plant</i>	7,23 \$	6,02 \$
Godišnja proizvodnja <i>Annual production</i>	152.000	52.000

Prema Kozai et al. (2004) sve pogodnosti su na strani PAM, a koje se ogle-
daju u:

- Promoviše se rast i razvoj hlorofilnih kultura *in vitro*;
- Fiziološki i morfološki poremećaji se reduciraju;
- Dobija se relativno uniforman rast kultura;
- Pojednostavljuje se procedura ožiljavanja i aklimatizacije;
- Minimalan je rizik od kontaminacija;
- Kontrola uslova sredine je lakša zbog minimalne kontaminacije i upotrebe velikih sudova;
- Kontrola rastenja i razvoja putem kontrole uslova sredine postaje lakša;
- Automatizacija, robotika, i kompjuterizacija *in vitro* je olakšana sa upotre-
bom velikih sudova.

Samo neke od ovih prednosti ohrabruju primenu PAM i na vrstama voćaka. Postavlja se jedino pitanje koncentracije CO₂ u prostoriji za gajenje biljaka i da li je opasno po ljudsko zdravlje. U USA i Japanu preporučena maksimalna doza CO₂ koncentracije u prostorijama je 5.000 μmolmol^{-1} , ili 9.000 mg/m^3 . Optimalna koncentracija u prostoriji za gajenje biljaka je od 2.000 - 3.000 μmolmol^{-1} da bi se održala koncentracija u posudama na 500 – 800 μmolmol^{-1} , a i injektiranje CO₂ u prostoriju se vrši samo za vreme fotoperioda, tako da nema značajnog negativnog uticaja po zdravlje ljudi koji borave u tim prostorijama.

Dugo čuvanje in vitro vrsta voćaka. Tehnike *in vitro* imaju još jedan aspekt primene koji se odnosi na kratkotrajno, srednje dugo i dugotrajno čuvanje kultura. Kratkotrajno i srednje dugo čuvanje tzv. „Cold storage“, ili „Slow growth storage“ koriste sporiji rast kultura koji se postiže: sniženjem temperature, reduciranjem svetlosnih uslova, modifikovanjem medijuma dodavanjem inhibitora i retardanata rasta, ili nekih osmotikuma. „Slow growth storage“ je od fundamentalnog značaja za komercijalnu mikropropagaciju jer omogućava odlaganje supkultivisanja u mnogo većim intervalima, na 12 meseci, pa čak i na 2 – 3 godine. Dugotrajno čuvanje podrazumeva veoma niske temperaure u struji tečnog azota (-196°C), tzv. „krioprezervacija“. Obe tehnike se koriste za stvaranje „stock-ova“ biljnog materijala koji se može umnožavati kada je potrebno, kao i za germplazmu, odnosno stvaranje banke gena na malom prostoru. Banka gena sa *in vitro* kulturama podrazumeva manje materijalne troškove i oslobađanje od rizika u polju, kao što su bolesti i štetočine.

Šljiva se sa uspehom može čuvati *in vitro* po nekoliko meseci bez dodavanja medijuma i zahteva za nekim posebnim uslovima. Podloga za šljivu, Damasco 1869 je npr. čuvana 170 dana na + 4°C, a 300 dana na -3°C, sa visokom vijabilnošću posle tog perioda (Marino et al., 1985). Izdanci cv Požegače su takođe čuvani 10 meseci na +5°C u uslovima mraka sa vijabilnošću 100% (Ružić i Cerović, 1990). Podloga za šljivu Pixy je čuvana 12 - 18 meseci sa vijabilnošću 85 – 100%, a *P. cerasifera* var. *Pissardii* je čuvana 12 meseci sa vijabilnošću 100%, obe u uslovima niske temperature na +4°C (Wilkins et al., 1989). Leva et al. (1992) su posle 4 – 8 nedelja čuvanja breskve cv Sunred, na +5°C u mraku, dobili multiplikaciju sličnu sa onom postignutom u standardnim uslovima gajenja ove kulture. Podloge za trešnju Gisela 5 i Tabel Edabriz su na medijumu Murashige i Skoog (1962) čuvane na +5°C u mraku tri meseca, i imale povećan indeks multiplikacije, kao i 100% preživljavanje, odnosno obe kulture su potpuno sačuvale vijabilnost za dalje supkultivisanje (Ružić i Cerović, 1999). Gisela 5 se takođe veoma dobro čuva na +4°C u mraku u tzv. Star PacTM po-

lupropustljivim plastičnim kesama sa 100-140 ml polučvstog medijuma (Lambardi et al., 2004).

Krioprezervacija u tečnom azotu koja zaustavlja ćelijski metabolizam, izgleda kao veoma atraktivan metod za dugo čuvanje, odnosno konzervaciju genotipova. Ova metoda je uspešno primenjena i na koštičavim vrstama voćaka, kao npr. na selekcionisanoj *Prunus* podlozi, *Ferlenain-Plumila* (Helliot i deBoucard, 1997) i *Prunus* podlozi, *Fereley-Jaspi*, upotrebom dva načina zamrzavanja (Brison et al., 1995). Interesantan je novi metod dehidratacije vrhova *in vitro* gajenih izdanaka, kapsulacijom (inkapsulacijom) gde posle duboke dehidratacije biljna citoplazma prelazi u staklasto stanje koje se karakteriše malom difuzijom molekula. Preživljavanje kapsuliranih vrhova izdanaka *in vitro* gajenih sorti jabuke i kruške je iznosilo čak 65%, a ponovni rast dobijen je u 59% slučajeva. Ovim načinom kapsulacije sačuvana je i maslina sa vijabilnošću i do 61,1% (Russo et al., 2004).

Transgene biljke. To su biljke u čiji je jedarni genom metodom genetičkog inženjeringa ugrađen jedan, ili više delova strane DNK, koji sadrže određenu genetičku informaciju i prenose je na potomstvo.

Prema Jamesu (1999), između 1996. i 1999. god. komercijalne površine pod transgenim biljkama su se povećale od 1,7 na 39,9 miliona *ha*, a 2002. godine te površine iznose 55 miliona *ha* (James, 2002). Najviše su zastupljene u USA, oko 74%, a zatim slede Argentina, Kanada i Kina. Od biljnih kultura najviše je rađeno sa sojom, žitima i pamukom.

U SAD se mnogo koriste transgene biljke pamuka, kukuruza i krompira koje sadrže gen iz *Bacillus thuringiensis* koji efikasno kontroliše veliki broj opasnih štetočina, zatim transgene biljke tolerantne na herbicide, na alkalna zemljišta, na toksičnost od gvožđa, otpornost na abiotske ekstreme, kao što su suša ili hladnoća, stvaranje biljaka sa smanjenim zahtevima za vodom (Borlaug, 2000). Transformacije drvenastih biljaka u koje spadaju i vrste voćaka se tehnički ne razlikuju od drugih biljnih vrsta ali se prema njihovoj izvodljivosti i prirodnoj dugovečnosti jasno razlikuju, a i informacije o opisivanju ovako transformisanih drvenastih kultura su veoma retke. Laimer et al. (2004) iz Plant Biotechnology Unit (Beč, Austrija), tvrde da poseduju preko 100 linija različitih kajsija, šljiva, trešanja i vinove loze transformisanih sa različitim sekvencama genoma Plum Pox virusa, Prunus Necrotic Ring Spot virusa i genoma različitih virusa vinove loze. Takođe značajna istraživanja ali i rezultate dobili su Scorza i Ravelonandro (2004) radeći na stvaranju otpornih biljaka prema virusnim bolestima, posebno prema Plum Pox virusu kod šljive. U saradnji sa Malinowskim isti autori su ispitivali otpornost 5 transgenih klonova *Prunus domestica*, a imaju biljke već 10 godina stare koje se nalaze na otvorenom polju i koje su testirane veštačkim inokulacijama i prirodnom zaražavanjem sa lisnim vašima (Malinowski et al., 2003). Takođe su razrađeni sistemi za efikasnu transformaciju kajsije (López Noguera et al., 2004).

Somatska hibridizacija – kultura protoplasta. Protoplast je unutrašnji sadržaj ćelije ograničen plazmalemom, bez ćelijskog zida. Dobija se mehaničkom, ili enzimatskom razgradnjom ćelijskog zida u prisustvu nekog osmotikuma. Kultura protoplasta predstavlja izolaciju i gajenje biljnih protoplasta, ili kultura poreklom od protoplasta, a koristi se u selekciji, ili somatskoj hibridizaciji, fuziji protoplasta udaljenih vrsta. Izolovani protoplasti biljaka predstavljaju početnu fazu mnogih tehnika. Njihovim induciranjem na fuziju sa protoplastima različitih, udaljenih vrsta mogu se stvoriti novi biljni hibridi, tzv. somatski hibridi. Ova tehnologija je veoma značajna za prevazilažen-

je inkompatibilnosti unutar i između vrsta. Na ovaj način se pruža mogućnost korišćenja brojnih divljih vrsta koje poseduju gene otpornosti prema bolestima, štetočinama, stresovima, ili za razne druge poželjne osobine.

Na žalost i ova tehnologija se malo primenjuje kod vrsta voćaka. Poznati su radovi Ochatta kod jabuke i kruške (Ochatt et al., 1987; Ochatt et al., 1989).

Bioreaktori i automatika. Glavni ograničavajući faktor primene mikropogacije je radna snaga koja iznosi preko 60% od ukupne cene proizvodnje, pa je uvođenje automatike tim pre opravdanije (McCown, 2003). Još jedan značajan aspekt u oblasti mikropogacije je uvođenje bioreaktora sa tečnim medijumima i robotike, odnosno automatike u komercijalne laboratorije sa milionskom proizvodnjom biljaka godišnje. Bioreaktori omogućuju brzu i efikasnu mikropogaciju, ali se ne eksploatišu komercijalno za mnoge drvenaste vrste. Prednosti upotrebe bioreaktora su: direktni kontakt tkiva biljaka sa medijumom, kontinualna aeracija i cirkulacija, filtracija medijuma za kontrolu eksudata i kontaminacija, i proizvodnja klastera pupoljaka, meristema ili protokorma koji su pogodni za primenu dalje automatike u mikropogaciji (Ziv et al., 2003). Nedostaci su, pojava hiperhidričnosti i malformacija. Osmotek (Izrael) je vodeća kompanija za bioreaktore sa svojim programom, „Life Line“. Proizvode bioreaktore sa aeracijom i tečnim medijumom u koji staje 1.000 biljaka u 1 l sterilne posude, ali uglavnom biljke sa nodularnom strukturom, kompaktne bokore, ili mikrotubere. U okviru ovoga programa je i rezač za mehaničke transplantacije, tzv. VitroCut na kome 1 operator zamenjuje 4 – 5 osoba. U Madarskoj je takode napravljen savremeni bioreaktor Revert Rotary 3R – sistem koji se koristi u naučne i komercijalne svrhe (Fari et al., 2004).

U komercijalnoj proizvodnji biljaka mikropogacijom koristi se i automatika, ili robotika. „Monsanto“, čuvena firma za biotehnologije je zajedno sa firmom „ForBio“ iz Australije opremila jednu laboratoriju u Indoneziji sa 4 Vitron robota koji proizvode 15.000.000 biljaka godišnje, ali uglavnom eukaliptuse, akaciju i tikovo drvo. Roboti rade i po 24 časa dnevno.

Savremeni koncepti primene đubriva u voćarstvu

Danas se pod savremeno koncipiranim programom primene đubriva u voćarstvu podrazumeva utvrđivanje najmanjeg količnika između potreba biljaka za hranivima i primene đubriva. Cilj je da se pri optimalnom razvoju ovih višegodišnjih kultura spreči nedovoljna, ili prekomerna upotreba đubriva (Hogmire, 1995). Ovaj program đubrenja za voćarske kulture se bazira na informacijama koje se sakupljaju iz zasada tokom cele vegetacije za razliku od uobičajene prakse. Međutim, sagledavajući današnju praksu, sve dok se kod većine voćnjaka ne ispolje simptomi deficijencije, ili neki od simptoma toksičnosti vezanih za prekomernu primenu đubriva, oni će se nalaziti daleko od režima optimalne ishrane, kako sa fiziološkog, tako i sa ekološkog i ekonomskog aspekta (Stiles i Reid, 1991). Zato bi održavanje optimalnog režima ishrane voćaka trebalo vezivati za praćenje različitih parametara porasta u zasadima, i to od ranog proleća pa sve do plodonošenja, naravno, uz redovnu kontrolu plodnosti zemljišta i lisnu dijagnostiku (Miller, 2002).

Pošto se uglavnom radi o kulturama koje su višedecenijski vezane za određene lokacije, problemi racionalnog đubrenja su skopčani sa brojnim ograničenjima, među kojima su velika dubina i masa korenovog sistema, slaba pokretljivost jona đubriva u profilu, visoki prinosi i relativno mali finansijski input za đubriva, što danas

generalno vodi ka prekomernom đubrenju u zasadima. Stoga se u praksi i dešava da intenzivna proizvodnja „proguta“ primenu mineralnih đubriva u višku, ne vezujući je za probleme zagađenja prirodne sredine, ali vrlo često i za lošiji kvalitet plodova i njihovu veću osetljivost na bolesti i skladištenje (Bramlage et al., 1980).

Određivanje stvarnih potreba višegodišnjih voćarskih kultura za hranivima prema njihovim fiziološkim zahtevima danas ipak predstavlja najveći problem. Ono od čega se tradicionalno polazi u planiranju đubrenja vezuje se za iznošenje hraniva prinosa, tako da je intencija da se bar ova količina hraniva nadoknadi đubrenjem (Childers, 1966). Međutim, pošto se radi o formiranju izrazito velike biomase u formi prinosa (kod jabuke i do 120 t/ha), kompenzacija iznesenih hraniva putem đubrenja predstavlja mnogo složeniji problem nego što je to slučaj kod ratarskih kultura. Ovo potiče od specifične građe i funkcije korenovog sistema voćnih vrsta, koji, pored dubokog i značajnog rasprostiranja u velikoj masi zemljišta, ipak usvaja relativno male količine hraniva iz dodatih đubriva. Efekti đubrenja kod vrsta voćaka su relativno ograničeni, jer je balans generativne i vegetativne mase rezultat i drugih pomotehničkih mera. Ako se pored ove dve važne grupe poljoprivrednih kultura, vidi se da je i sam stepen usvajanja dodatih hraniva iz đubriva kod njih različit. U slučaju azota kod ratarskih kultura on je daleko viši i kreće se, na osnovu merenja pomoću ¹⁵N, između 50 – 60% (Mengel i Kirkby, 2001), dok kod hortikulturnih vrsta iznosi samo oko 17–28% (Ličina i Jakovljević, 1994). Ovako usvojeni azot kod drvenastih biljaka se skladišti prvenstveno u korenu i stablu (oko 70%), a odatle se mobilise u druge organe (list, plod) tek sredinom vegetacije, pošto se u skladišnim organima prvo puferizuje iskorišćeni N utrošen za kretanje biljaka u prvim fazama vegetacije (Ličina i Jakovljević, 1996). Gubici usvojenog azota iz đubriva kod višegodišnjih kultura takođe se vezuju i za njegovu distribuciju po organima, pa se kod maline deo ovog azota gubi pri rezidbi (17%), deo sa lisnom masom (12%), a sa prinosa se iznese tek 13% usvojenog N iz đubriva (Hannah et al., 2003). I pored toga što svi dosadašnji rezultati sa višegodišnjim kulturama egzaktno ukazuju da se racionalnija primena N postiže primenom manjih doza N đubriva (Suteu et al., 1989), zbog njegove specifične distribucije po organima, dovodi se u pitanje i sama opravdanost ove agrotehničke mere, jer se kod voćarskih kultura usvojeni N posle prihrane nagomilava isključivo u vegetativnim organima (Hannah et al., 2003).

Vrlo slične razlike postoje i u potrebama za ostalim elementima, gde je npr. kretanje i visina prinosa ratarskih kultura limitirana visokim inputom fosfora putem đubriva, dok drvenaste vrste voćaka održavaju visoke prinose i sa relativno malim pristupačnim količinama ovog elementa u zemljištu (Ličina, 1998). To se vidi i na osnovu ukupnog iznošenja fosfora biomasom biljaka, kao npr. kod jabučastih vrsta voćaka gde se kreće između 14,1 kg (Diris, 1984) i 40,8 kg (Geenham, 1980) po toni stvorene biomase (biomasa organa sa prinosa). Sasvim drugačija situacija je sa kalijumom, koji se smatra elementom kvaliteta i visine prinosa kod voćarskih kultura, ali i elementom koji doprinosi njihovoj boljoj upotrebnoj vredosti, pogotovo kod skladištenja, čuvanja, ili transporta (Imas, 1999).

Uzimajući u obzir sve ove specifičnosti koje se navode, a odnose se na zahteve ovih kultura za elementima koji se i najviše primenjuju (N, P, K), voćarska praksa danas podržava i nove koncepte u đubrenju, a odnosi se na primenu sporodelujućih i tečnih đubriva. Proizvodnja nekih vrsta voćaka, kao npr. jagodastog voća, predstavlja osetljivu, ali visoko akumulativnu proizvodnju, koja može da podnese nešto veći finansijski input troškova za sporodelujuća đubriva. Primena sporodelujućih đubriva

se u voćarstvu danas sve više širi, a bazira se na potpunijem zadovoljenju bioloških zahteva gajenih vrsta, ali i na ekonomskim i ekološkim prednostima koje su produkt njihove primene. Rezultati koji su dobijeni primenom sporodelujućih đubriva se odnose na delovanje sada već treće generacije gde se njihovo usporeno dejstvo u zemljištu bazira na aktivaciji koja prolazi kroz dve faze. U prvoj fazi dolazi do hidratacije granula, u kojoj se rastvaraju pored N, P, K, Mg i mikroelemenata, koji su osim B, svi u helatnoj formi, a u drugoj fazi je postepen prelaz hraniva u zemljišni rastvor pod dejstvom spoljašne temperature. Stoga se njihovo razlaganje, odnosno, pucanje slojevitih membranskih filmova unutar granula (načesto napravljene od sumpora, ili polimera prirodnih smola), uglavnom vezuje za porast spoljašnje temperature, a manje za sadržaj vlage, rad mikroorganizama, pH i sl. Sa kretanjem vegetacije i povećanjem spoljašnje temperature, postiže se efekat permanentnog, ali kontrolisanog izdvajanja hraniva iz granula. Ono što povećava upotrebnu vrednost ovih đubriva nalazimo u rezultatima testiranja ovih đubriva koja su obavljena u serijama eksperimenata u naučnim institucijama Holandije (Wageningen) i Nemačke (Hannover, Weihenstephan, Bon). Oni ukazuju na pozitivne efekte primene ovih đubriva, gde se postiže veće korisno dejstvo azota (66 – 80%), znatno manji gubici azota – ispiranje (i do 90%), zatim, ukupno veće iskorišćavanje svih hraniva, što, pored uticaja na povećanje prinosa gajenih kultura (7 – 8% kod jagode) doprinosi njihovoj ekološkoj prednosti nad konvencionalnim đubrivima.

Ipak, najsavremeniji pristup u ishrani voćaka danas se vezuje za fertirigaciju, odnosno, primenu vodno rastvorljivih đubriva preko irigacionih sistema. Smanjenje troškova opreme za navodnjavanje uticalo je da se danas pojedini vidovi voćarske proizvodnje ne mogu ni zamisliti bez primene ovih vrsta đubriva. Njihova efikasnost se bazira na potpunijem snabdevanju biljaka hranivima koja su trenutno dostupna biljkama i čija pristupačnost ne zavisi od hemijskih procesa u zemljištu (Miller et al., 1981). Prednosti su takođe, i u kontrolisanom dodavanju hraniva (Bar-Yosef, 1991), izboru formulacija prema pojedinim fenofazama (Snyder i Burt, 1976), kao i potpunom obezbeđivanju biljaka hranivima prema zahtevima pojedinih kultura (Papadopoulos, 1985). Na osnovu većeg iskorišćavanja hraniva iz ovih đubriva (oko 67%) manji je stepen zagađivanja čovekove okoline, što takođe odgovara savremenim trendovima u poljoprivrednoj proizvodnji (Papadopoulos, 1992). Perspektive primene ovog načina ishrane voćaka se više ne vezuju samo za semi-aridne regione u kojima je primena navodnjavanja obavezna, već se zbog njene generalne superiornosti nad ostalim načinima ishrane, planira i za redovnu proizvodnju u humidnim regionima i to ne samo u kontrolisanim, već i u poljskim uslovima.

Folijarna đubriva se već dugo vremena primenjuju u voćarskoj praksi, a pitanja, koja se odnose na ovaj način ishrane biljaka, uglavnom fokusiraju na brojne dileme vezane za efikasnost ove mere prihrane. Međutim, sa ciljem da se efekti folijarne ishrane svedu u racionalne okvire i da se posebno naglasi ograničena adsorptivna sposobnost lista kao biljnog organa čija se funkcija u procesu usvajanja hraniva prvenstveno vezuje za usvanje gasovitih hranjivih elemenata (C, O, H), biljni fiziolozi naglašavaju da se morfologija i organizacija lisnih tkiva ipak ne može porediti sa korenom (Mengel, 2002). Stoga je opšti stav, da koren u najvećoj meri snabdeva biljke hranivima, koji u intenzivnoj biljnoj proizvodnji uglavnom potiču iz đubriva. Samo u nekim slučajevima, kada su hraniva određenim hemijskim procesima čvrsto fiksirana u zemljištu, ili kada su potrebe nekih kultura za pojedinim hranivima veće od stepena

adsorpcije hraniva (kao što je npr. Zn kod citrusa), folijarna ishrana se može prihvatiti kao rutinska agrotehnička mera (Neilsen i Neilsen, 1986).

Fundamentalna istraživanja vezana za folijarnu ishranu prvenstveno pokušavaju da ukažu na mehanizme usvajanja jona preko lista da bi se povećala efikasnost apliciranih đubriva (Franke, 1986). Ovi problemi se uglavnom istražuju u okviru projekata industrije đubriva, sa ciljem da smeše hraniva međusobno što manje hemijski reaguju, da se najbolje vežu za površinu lista i da se u najvećem procentu usvoje, kao pojedinačni joni ili kao određeni organski kompleksi (Alexander, 1986). Takođe, vrlo su aktuelni i neki širi aspekti folijarne ishrane, gde se na osnovu POD (point of deliquescence of the salt) definišu vrste soli koje se svojim hemijskim ponašanjem u određenim uslovima vlage mogu efikasno primenjivati u folijarnoj ishrani [CaCl_2 , MgCl_2 , K_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$], dok soli sa POD's, ispod 90% (K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , KNO_3 , Ca-acetat, Ca-laktat) nisu pogodne za folijarnu ishranu, jer prodiru kroz kutikulu tek pri vlažnosti blizu 100% (Schönherr, 2002).

Efikasnost pri kojoj će folijarno aplicirana hraniva biti usvojena zavisi od njihove mobilnosti u čitavoj biljci, koja se prvenstveno odnosi na transport elementa na velika rastojanja putem floema i simpplastnim putem, što je kod voćarskih kultura od posebnog značaja (Mengel, 2002). Brz transport usvojenog azota i kalijuma preko lista voćaka je primer njihove velike mobilnosti, dok su kalcijum, sumpor i gvožđe slabo mobilni elementi (Weinbaum et al., 2002). Naročito je izražen problem transporta folijarno usvojenog Ca^{2+} , koji bi trebao biti transportovan iz listova u najmlađa tkiva i plodove, gde je uglavnom i najpotrebniji (Rease, 1995). Praćenjem ovog složenog procesa usvajanja slabo pokretljivog Ca u lisnim diskovima jabuke i kruške pomoću $^{45}\text{CaCl}_2$, potvrđena je značajna uloga stominog aparata samo u inicijalnim fazama penetracije ovog jona (0,5 do 9 h), dok kutikula ostaje glavni transportni pravac prodiranja Ca^{2+} iz mase hidratizane soli sa površine lista (Schlegel i Schönherr, 2002). Ovaj mehanizam ukazuje i na moguću transport ostalih jona koji se folijarno apliciraju.

U principu, zahtevi biljaka za mikroelementima mogu biti uspešnije zadovoljeni njihovom folijarnom primenom u odnosu na makroelemente, jednostavno zbog količina koje se pri aplikaciji ove dve grupe elemenata usvoje od strane biljaka (Finck, 1985). Ovde se svakako postavlja i pitanje njihovog hemijskog oblika, s' obzirom da se na tržištu susrećemo sa mnogim komercijanim proizvodima koji u osnovi imaju različiti hemijski oblik nekog od elemenata. Što se tiče mikroelemenata u folijarnoj ishrani, u slučaju metala svakako da se daje prednost helatnim oblicima u odnosu na njihove soli (Piaggese et al., 2002).

U slučaju bora, koji ne pripada metalima, a koji je gotovo obavezan u folijarnim tretmanima voćaka, utvrđeno je da njegovi hemijski oblici u folijarnim đubrivima ne utiču značajnije na delotvornost ovog elementa, pa su u poređenju sa standardnim preparatom „Solubor“, primenjivani tretmani na jabuci sa borom koji potiče iz Mor-Bor 17, Solubor DF, Spraybor, Borosol, Liquibor, N-Boron, Solubor plus Coron. Većih, suštinskih razlika u efikasnosti ovih preparata nije bilo, pa se radi povećanja njegove koncentracije u biljnim tkivima kod voća, može primenjivati čitav navedeni spektar preparata sa mnogo manje opreza u odnosu na ostala đubriva (Perya, 2002).

Folijarna ishrana u voćarstvu danas predstavlja instrument za aplikaciju i ostalih supstanci koje svojim efektima imaju neko ciljno dejstvo u metabolizmu biljaka. U novije vreme posebno je aktuelna aplikacija amino kiselina i ostalih organskih jedinjenja koji imaju pozitivan efekat kod biljaka koje su bile izložene nekom stresu

(grad, izmrzavanje, suša i sl.). Ideja o primeni ovih supstanci, koje danas imaju komercijalne nazive (npr. „Valagro“ – Italija, preparat „Megafgol“) potiče iz oblasti fiziologije stresa, u kojoj se ukazuje da biotski i abiotski stres remete procese u biljnom metabolizmu i prouzrokuju fiziološke poremećaje kod višegodišnjih vrsta voćaka (Andrews, 2002). U cilju prevazilaženja ovih problema, ka bržem uspostavljanju normalnih metaboličkih procesa, pribegava se primeni ovih preparata, ali i sama dodata hraniva preko lista, delujući preko stimulativnog efekta, utiču na bržu sanaciju ovih negativnih efekata.

Azotna jedinjenja, pored fertilizacionog dejstva mogu uticati i na neke druge procese, pa se koriste za proređivanje cvetova (urea, CaNO_3 , amonijum tiosulfat (ATS) i „Azolon“ (rastvor metilen-uree). Efekti uree i „Azolona“ se svode na indukciju tzv. „etilenskog šoka“ čime se proređuju cvetovi na nivou od 1 - 6%, a povećava krupnoća plodova (Handsack i Alexander, 2002).

Humusne supstance predstavljaju azotna jedinjenja, a trend njihove primene u voćarstvu takođe polako uzima sve više maha. Svetsko tržište je preplavljeno ovim preparatima, pa se očekuje i njihov prodor na naše tržište. Mada su u pitanju humusne supstance, njihova primena preko lista ima stimulativni karakter na porast i razvoj biljaka, na šta se u nauci ukazuje još odavno, dok primena koncentrovanih ekstrakata preko zemljišta ili kombinovano sa đubrivima (npr. Haifino đubrivo – Multi-COMPbase) ima za cilj obnavljanje, ili održavanje organske materije zemljišta. U oba slučaja, primena ovih supstanci ima svoje stručno opravdanje, ali se o efektima ovih mera može govoriti jedino kao efektima delovanja stimulatora rasta, a ne kao nekom preparatu koji je izvor hraniva, ili gradivni osnov za povećanje prinosa. Ovo potvrđuju i rezultati primene ovakvog jednog preparata (Zymo-ekstrakt humusnih supstanci iz glistenjaka) na jagodi (Neri et al., 2002).

Folijarna primena đubriva u voćarstvu nema samo za cilj povećanje prinosa, već se ona danas pravda efektima poboljšanja kvaliteta plodova, a time i njihove ekonomske vrednosti. Teži se ostvarivanju prinosa sa što većim udelom plodova ekstra i prve klase, koji na tržištu, iako znatno skuplji, imaju sigurnu realizaciju. Stoga ni ne čudi što je u intenzivnom voćarstvu većine jakih voćarskih zemalja folijarna ishrana obligatna pomotehnička mera (Italija, Francuska, Nemačka itd). Klasičan primer se odnosi na primenu kalcijuma putem folijarnih rastvora u prevenciji pojave gorkih pega tokom skladištenja, kao i ostalih Ca-poremećaja vezanih za strukturu perikarpa plodova. Ovaj program prevencije se razvijao još četrdesetih godina, a danas se u intenzivnoj proizvodnji jabuke redovno primenjuje u obimu koje diktira osetljivost pojedinih sorti na ove bolesti tokom skladištenja. Za razliku od ostalih folijarnih tretmana, posebno poređeni sa tretmanima vezanim za zaštitu biljaka, ova mera je relativno jeftina, pogotovo ako se sagledaju gubici nastali tokom skladištenja i transporta.

Danas nam stoje na raspolaganju brojna folijarna đubriva, kao proizvodi različitih fabrika. Većina je svoje smeše hraniva zaštitila proizvođačkim pravima ili patentima (Wuxal, Unifert, Kristalon, Polyfeed, Ferticare itd.), jer prosto mešanje rastvora soli uglavnom daje neke neželjene rezultate preko hemijskih reakcija taloženja, inaktivacije hraniva, slabe rastvorljivosti i sl.

Redovnost, ali i značaj primene folijarnih đubriva u proizvodnji jabuke se može sagledati na primeru Južnog Tirola, najvažnijeg voćarskog centra Italije. U ovoj regiji, gde se pod voćem nalazi preko 18.000 ha obradivog zemljišta, proizvodi se jedna trećina od ukupne proizvodnje jabuke i kruške u Italiji, ili oko 10% ukupne proizvodnje EZ. Njihov savetnički servis pokriva obuku preko 6.000 profesionalnih voćara tog kraja, a brine se i za zemljišne analize, za analize mineralnog sastava lišća i plo-

dova. Ovde je razvijen i standardni program folijarne ishrane koji počinje sa cvetanjem pa do perioda posle berbe. Podrazumeva primenu N, B, Mg, Mn i naravno Ca, a proistekao je iz istraživanja, ali i prakse voćara.

Fiziologija stresa, adaptivne reakcije biljaka na sušu i nove metode navodnjavanja

Suša je najčešći stresni faktor koji ograničava biljnu proizvodnju. Za prevazilaženje efekata suše na poljoprivredne kulture danas se uglavnom koriste dva pristupa i to: stvaranje otpornih genotipova gajenih biljaka na sušu i poboljšanje agrotehničkih mera za gajenje biljaka u oblastima gde one mogu biti izložene suši. Od agrotehničkih mera najznačajnije je navodnjavanje. Međutim, danas u mnogim zemljama usled globalnih promena klime i kontaminacije životne sredine, postoji konstantan problem u snabdevanju vodom i njenom kvalitetu i to kako za urbane i industrijske, tako i za poljoprivredne namene. Navodnjavanje se samo 10% poljoprivrednih površina i to najviše u razvijenim zemljama, a ne očekuje se da će se u doglednom vremenu te površine povećavati (www.plantstress.com). Zbog toga su se, pored klasičnih metoda navodnjavanja, razvile i nove metode tzv. deficita irigacije čiji je cilj da se redukuje količina vode, a da se pri tome ne redukuje značajno prinos. Te metode se, međutim, kod nas do sada nisu primenjivale iako su rezultati u svetu pokazali da se sa njima može redukovati količina potrebne vode za navodnjavanje (FAO, 2002). Na web adresi FAO organizacije može se naći brošura o metodama deficita irigacije (www.fao.org).

Jedna od metoda deficita irigacije je i delimično sušenje korenova (DSK), a engleski termin prema Gowing-u et al. (1990) je *partial root drying* (PRD). Delimično sušenje korenova (DSK) je irigaciona tehnika pri kojoj se polovina korenovog sistema navodnjava, dok se druga polovina izlaže dejstvu suše. Zatim se vrši inverzija, tako što se navodnjavana polovina korena zasušuje, a zasušivana polovina navodnjava. Ova metoda je zasnovana na rezultatima iz oblasti fiziologije stresa, odnosno na saznanjima o postojanju tzv. „hemijske signalizacije“ na nivou koren-izdanak u suvom zemljištu. Do primene ove tehnike je došlo zahvaljujući rezultatima Jones-a (1990) koji je utvrdio da su vrednosti potencijala vode u listovima jabuka izloženih suši više, a provodljivosti stoma niže, nego kod navodnjavanih biljaka. Ti rezultati su kasnije potvrđeni i kod drugih biljaka i pokazali su da do zatvaranja stoma i redukcije rastenja kod biljaka izloženih suši može doći i bez promene vodnog režima u ćelijama, odnosno i bez tzv. „hidrauličnih signala suše“ (Passioura, 1988). Ulogu „hemijskih signala suše“ najčešće imaju metaboliti (prvenstveno hormoni i to abscisinska kiselina - ABA) sintetisani u korenu, ali i pH apoplasta, ili neki joni (Dodd et al., 1997). DSK postupkom se indukuje u korenovima sinteza „hemijskih signala“ koji se pomoću ksilema transportuju do listova gde izazivaju odgovarajuće reakcije (zatvaranje stoma i redukciju rastenja listova).

Postupak delimičnog sušenja korenova (DSK) je nova metoda sa čijom se primenom u svetu počelo pre nekoliko godina, dok kod nas do sada nije primjenjivana u poljoprivrednoj praksi. Primenjena je samo kod nekoliko voćarskih, povrtarskih i ratarskih kultura (jabuke, paradajza, paprike, pamuka) i kod vinove loze (Davies et al., 2000; Gowing et al., 1990; Kang et al., 1998; Mingo et al., 2003; Dry et al., 1996; 2000). Primena DSK tehnike je jednostavna i zahteva samo adaptaciju sistema za navodnjavanje, tako da omogući naizmenično zasušivanje i navodnjavanje delova korenovog sistema (Sl. 2). Stoga se DSK postupak može primeniti u različitim agro-ekološkim uslovima, kao i u sistemima za hidroponsko gajenje biljaka.



Sl. 2. Ogljedno polje u Portugaliji gde je primenjen DSK postupak za navodnjavanje vinove loze

Fig. 2. An experimental field in Portugal where the PRD method has been applied in irrigation of grapevine

Naizmenično sušenje i zalivanje korena je neophodno da bi se obezbedio kontinuitet u sintezi ABA (kao hemijskog signala suše) i zato jedan DSK ciklus traje najčešće 10 do 15 dana (Loveys et al., 2000).

Promena hormonalnog statusa biljaka i transporta asimilata kod DSK biljaka je dovela do redukcije rasta vegetativnih organa i otvorenosti stoma, a to je sa agronomskog aspekta bilo veoma značajno jer je korišćena manja količina vode za navodnjavanje uz povećanje efikasnosti u usvajanju vode. Pri tome je kvalitet prinosa ostao isti, a često je dolazilo i do poboljšanja nutritivnog sastava plodova (Loveys et al., 2000).

Najveći uspeh u primeni DSK tehnika je pokazala u Australiji gde je efekat suše veoma izražen, tako da je neophodno navodnjavanje biljaka, posebno vinove loze. Pri navodnjavanju vinograda u Australiji se pokazalo da ovaj postupak gajenja biljaka pored povećanja efikasnosti usvajanja vode, povećava i prinos i kvalitet plodova (Dry et al., 1996; 2000; Loveys et al., 2000; Stoll et al., 2000).

U tabeli 2 predstavljeni su rezultati ovakvih istraživanja koji pokazuju da je količina upotrebljene vode za navodnjavanje dve sorte vinove loze DSK postupkom bila značajno manja od kontrolnih uslova, a da se pri tome ostvareni prinos nije značajno razlikovao, dok je efikasnost usvajanja vode (WUE) kod DSK biljaka bila značajno veća (za 90%) u odnosu na uslove ostvarene u kontroli.

Rezultati istraživanja u Portugalu pokazuju da se DSK tehnikom može redukovati vegetativni razvoj vinove loze, a da se pri tome ne menja fotosinteza (de Souza et al., 2003; dos Santos et al., 2003). Rezultati ove grupe autora su takođe ukazali da redukcija rastežanja vegetativnih delova menja transport asimilata tako da se oni kreću prema plodovima, a što ima za posledicu poboljšanje kvaliteta plodova. Slična istraživanja kod paradajza i paprike su pokazala da ova tehnika poboljšava kvalitet plodova jer dovodi do akumulacije šećera i porasta sadržaja C vitamina u njima (Stikić et al., 2003).

Tab. 2. Uticaj navodnjavanja metodom delimičnog sušenja korenova (DSK) na prinos i efikasnost usvajanja vode (WUE) kod dve sorte vinove loze (modifikovani rezultati po Loveys-u et al., 2000).
The effect of irrigation by the method of partial root drying (PRD) on yield and efficacy of water uptake in two grapevine cultivars (modified results according to Loveys et al., 2000)

Sorta /Lokacija/Sezona <i>Cultivar/Locality/Season</i>	Parametri <i>Parameters</i>	Kontrola <i>Control</i>	DSK <i>PRD</i>
Shiraz, Adelaide, 1997/78	Prinos (<i>t/ha</i>) <i>Yield</i>	22,6	21,5
	Količina vode (<i>ml/ha</i>) <i>Water quantity</i>	1,4	0,7
	WUE (<i>t/ml</i>)	16,1	30,7
Cabernet Sauvignon, Adelaide, 1997/78	Prinos (<i>t/ha</i>) <i>Yield</i>	15,2	15,4
	Količina vode (<i>ml/ha</i>) <i>Water quantity</i>	1,4	0,7
	WUE (<i>t/ml</i>)	10,9	22,0

Do sada raspoloživi rezultati pokazuju da DSK tehnika ima veliki teorijski i praktični značaj i da doprinosi razumevanju adaptivnih reakcija biljaka na sušu. Dalja istraživanja bi, međutim, trebalo da obuhvate i druge voćarske kulture, a mogla bi da ukažu i na mogućnosti da se ova tehnika koristi i za potrebe đubrenja biljaka.

Novi aspekti oplodjenja voćaka

Istraživanja u oblasti seksualne reprodukcije viših biljaka imaju važan transdisciplinarni karakter koji se, pored biljne embriologije, sve više prepoznaje kao fundamentalni osnov kod fiziologije, genetike, oplemenjivanja biljaka i biljne tehnologije (Linskens, 1988). Redukcija gametofita je izrazita i karakteriše se manjim brojem visoko diferenciranih ćelija. Tok razvića, diferencijacije i ishrane muškog gametofita uslovljen je uticajem i interakcijom sa ženskim sporofitom koji je visoko diferenciran – stigma, stubić i semeni zametak (Cerović, 1997) i definisan je nizom intercelularnih i intracelularnih događaja na različitom nivou tokom odvijanja pojedinih sekvenci procesa oplodjenja (Linskens, 1981).

Polenove cevčice imaju trofičnu zavisnost u tučku, dok je njihov rast potpomognut trošenjem rezervi tučka (Herrero i Dickinson, 1979; Mulcahy i Mulcahy, 1983). Ćelije različitih struktura tučka su veoma bogate u skrobu koji se gubi posle oprašivanja a produkuje se sekrecija (Herrero i Dickinson, 1979). Ova sekrecija snabdeva ishranu i omogućava put polenovih cevčica prema semenim zamecima (Sedgley i Scholefield, 1980).

Kod voćaka ima vrlo malo objašnjenja za interakciju polen – tučak pa su u ovom radu diskutovane neke od važnijih muško – ženskih interakcija u/na stigmi, stubiću i plodniku i njihova moguća uloga u kontroli oplodjenja.

Prvi korak u polen – tučak interakciji se dešava na stigmi. Taj korak karakterišu sledeći morfološki i fiziološki događaji: prihvatanje polena i njegova adhezija na stigmi, interakcija između ćelija (papila) stigme i polenovog zrna i na kraju klijanje, odnosno prodor polenove cevčice u stigmum (Linskens, 1976). Tako, na primer, familiju *Rosaceae*, karakterišu stigme tzv. III grupe – vlažnog tipa, karakterističnih po receptivnoj površini sa papilama male do srednje veličine i sekrecionim fluidom koji ispunjava međuprostore (Hesslop-Harrison, 1976). Produkcija eksudata na stigmi u prvom koraku obezbeđuje podesne uslove za klijanje polena omogućujući njegovu hidrataciju.

Na stigmi dolazi do prvog neposrednog kontakta, odnosno komunikacije između muškog gametofita i ženskog sporofita.

Polenove cevčice dalje nastavljaju svoj rast kroz tkivo stubića koje kod voćaka pripada čvrstom, ili zatvorenom tipu sa kompaktnom srži „spvodnog“ tkiva. Rast polenove cevčice kroz „spvodno“ tkivo ovog tipa stubića obično je ekstracelularan, ali može biti i intacelularan (npr. između plazmaleme i ćelijskog zida). Kod trešnje su ćelije „spvodnog“ tkiva izdužene, a između njih se nalazi izrazito veliki intracelularni prostor (Stösser i Anvari, 1983). Ekstracelularni materijal u periodu zrelosti stubića postaje manje viskozno, odnosno pretvara se u amorfni fluidni matriks kroz koje polenove cevčice prorastaju (Cresti et al., 1978). Rast polenovih cevčica se obavlja na taj način što se enzimski rastvaraju intracelularne supstance „spvodnog“ tkiva koje su pektinske prirode (Sassen, 1974) i čije niže komponente polenova cevčica koristi za izgradnju svog zida (Vasil, 1974). U toj međusobnoj interakciji utvrđeno je prisustvo enzima vezanih za metabolizam proteina, ugljenih hidrata kao i pojedini hormoni (Linskens, 1970). U „spvodnom“ tkivu stubića, kod nekih sorti trešanja i višanja utvrđena je akumulacija skroba pre početka fenofaze punog cvetanja, dok njihova degradacija započinje u zavisnosti od pojedinih sorti od jednog, dva, pa sve do četvrtog, odnosno šestog dana fenofaze punog cvetanja (Stösser i Neubeller, 1980). Sadržaj pojedinih mono, disaharida i šećernih alkohola se povećava do drugog dana punog cvetanja, što sve može biti u korelaciji sa rastom polenovih cevčica kroz stubić u tom periodu.

Najvažniji spoljni faktor koji utiče na stepen rasta polenovih cevčica, odnosno efikasnost odvijanja progamne faze, su temperaturni uslovi. Kod većeg broja voćnih vrsta je utvrđen temperaturno zavistan stepen rasta polenovih cevčica (Sedgley i Annells, 1981; Vasilakakis i Porlingis, 1984, 1985; Child, 1966; Socias i Compani et al., 1976; Cerović i Ružić, 1992a). Pored temperaturnih uslova, na efikasnost rasta polenovih cevčica u stubiću i plodniku može uticati različit tip oprašivanja (samo-, strano-, ili slobodno oprašivanje) (Cerović, 1992). Različita efikasnost rasta polenovih cevčica u pojedinim kombinacijama oprašivanja neposredno je vezana za sorte karakteristike koje su genetski determinisane.

Na rast polenovih cevčica u stubiću i plodniku ograničavajući uticaj može imati pojava gametofitne inkompatibilnosti koja predstavlja dinamičku barijeru tokom procesa oplodnje. Ovaj tip inkompatibilnosti u najvećem broju slučajeva je zapažen u gornjoj trećini stubića, mada se kod nekih biljaka može javiti i u regionu stigme, ali i u plodniku.

Mesto inhibicije rasta polenovih cevčica se karakteriše izraženom depozicijom kaloze u vršnom delu polenove cevčice. Pojava inkompatibilnosti gametofitnog tipa kod voćnih vrsta je faktor koji može presudno da utiče na efikasnost odvijanja rasta polenovih cevčica u stubiću i plodniku. Rast polenovih cevčica kod masline, odnosno pojave inkompatibilnosti su uočene u zidovima plodnika, odnosno njegovoj lokuli (Bradley i Griggs, 1963). Kod nekih voćaka u zavisnosti od tipa oprašivanja dolazi do pojave delimične, ili potpune, samo- ili strano inkompatibilnosti (Lee, 1980; Stösser, 1982; Udachina et al., 1976; Lech i Tylis, 1983; Dys, 1984).

Ključna reakcija kod GI se dešava u stubiću ukoliko je S alel inkompatibilnosti u mikrospori identifikovan od strane istog S alela koji nosi tkivo stubića, tj. odigra se reakcija prepoznavanja. Nakon ovoga sledi druga ključna reakcija, a to je reakcija odbacivanja. U familiji *Rosaceae* kod japanske kruške (Sassa et al., 1992), odnosno trešnje (Mau et al., 1982) utvrđeno je da je GI kontrolisana jednim lokusom.

U plodniku se odvijaju završne etape rasta polenovih cevčica. Predpostavlja se da je rast polenovih cevčica u plodniku, odnosno prema i u mikropili usmeren. Priroda procesa koji kontrolišu, odnosno usmeravaju taj deo rasta polenovih cevčica, još je slabo razjašnjena.

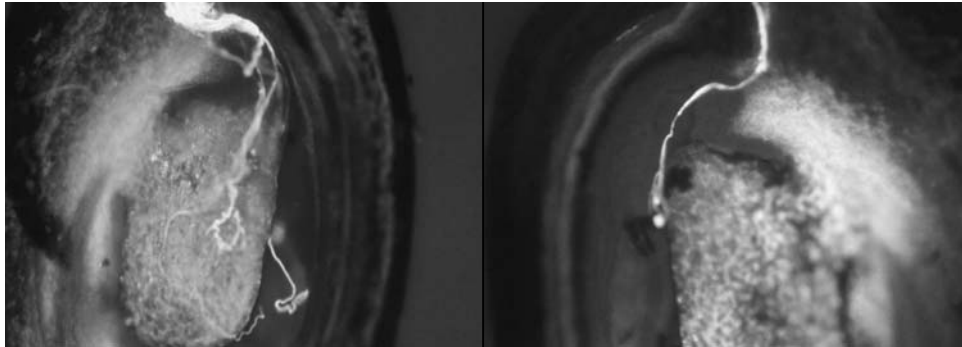
Obturator koji predstavlja protuberancu karpelarnog zida plodnika predstavlja prvu stukturu plodnika koji ima izvesnu ulogu u kontroli rasta polenovih cevčica. Kod višnje se u ćelijama obturatora mogu zapaziti sitna polenova zrnca (Cerović, 1992), dok je kod breskve, korišćenjem osetljivih tehnika, utvrđeno da ćelije obturatora proizvode sekretorne produkte koji pokazuju jaku pozitivnu bojenu reakciju na ugljene hidrate i proteine. Sekrecija ovih ćelija kod breskve je nezavisna od polinacije i u vezi je sa sveukupnim procesom maturacije tučka i kinetikom rasta polenovih cevčica. To znači da je razviće muškog gametofita sinhronizovano sa procesom maturacije tučka (Herrero et al., 1988; Herrero i Arbeloa, 1989). U ovom regionu plodnika, kod višnje, ponekad se mogu zapaziti pojave neuobičajenog rasta polenovih cevčica u obliku velikog klupka polenovih cevčica bez znakova njihovog daljeg prodora prema semenom zametku (Cerović, 1996) (Sl. 3 a, b).

U lokuli plodnika, posebno u mikropili semenog zametka, pojava sekretornih produkata se neposredno dovodi u vezu sa aktivnošću ćelija integumenta koje grade mikropilu, ćelije nucelarne kape, a najviše za aktivnost samih sinergida. Kod višnje je utvrđeno da ćelije integumenta u zoni mikropile i ćelije nucelarne kape pokazuju pozitivnu bojenu korelaciju na kisele i nerastvorljive polisaharide u periodu prodora polenovih cevčica u ovaj region (Cerović i Ružić, 1992b; Cerović et al., 1999).

Zapažena pojava specifičnog rasta polenovih cevčica u ovim regionima se može smatrati kao pouzdan indikator postojanja interakcije polen-tučak, tj. između polenovih cevčica i navedenih struktura semenog zametka (Cerović, 1997).

Priroda interakcije polen-tučak, odnosno postojanje i uloga kontrolnih mehanizama rastenja polenovih cevčica je još nedovoljno razjašnjena (Stösser et al., 1996).

Neki autori pojavu specifičnog rasta polenovih cevčica dovode u vezu sa pojavom fluorescencije semenog zametka kao indikatora gubitka njegove vitalnosti. Naime utvrđeno je da polenove cevčice izbegavaju prodor u semene zametke koji fluoresciraju (Anvari i Stösser, 1978a,b). Ukoliko i dođe do prodora u takve semene zametke vrh polenove cevčice je proširen i ispunjava celu embrionovu kesicu, ili samo njen gornji deo gde se nalazi jajni aparat. Embrionova kesica u takvim slučajevima pokazuje znakove fluorescencije svog sadržaja. Inače pojava fluorescencije semenih zametaka predstavlja indikator gubljenja njihove vitalnosti mada fiziološke osnove



Sl. 3. Pojava neuobičajenog, ili specifičnog rasta polenovih cevčica (a, b), zaobilaženje semenog zametka bez znakova njihovog daljeg prodora (dr R. Cerović, original)

Fig. 3. Uncommon or specific growth of pollen tubes (a, b) rounding of ovules with no evidence of their further penetration (dr R. Cerović, original)

ove pojave još nisu poznate (Stösser i Anvari, 1982). Indirektno se pretpostavlja da se polisaharid kaloza intenzivno akumulira u zidovima semenih zametaka i predstavlja indikator starenja ćelija kako je to utvrđeno ranije (Eschrich and Currier, 1964). Na taj način izostao bi pozitivan signal za vođenje polenove cevčice do i kroz semeni zametak koji je izgubio svoju vitalnost (Cerović, 1997).

Toplotni režim kao činilac fenološke dinamike, rodnosti i prostornog zoniranja voćaka

Analiza podataka o temperaturi pokazuje porast srednje globalne temperature vazduha za više od 0,5°C u dvadesetom veku. Ovo zagrevanje se odvijalo u dva perioda. Prvi je trajao od 1910. do 1945. godine, a drugi je započeo krajem sedamdesetih i traje sve do današnjih dana. Rast temperature vazduha nije ravnomeran u prostoru i vremenu.

Minimalne dnevne temperature rastu u proseku dva puta brže od maksimalnih dnevnih temperatura (Karl i Easterling, 1999), što ima za posledicu smanjenje dnevne amplitude temperature vazduha (Horton, 1995). U umerenom pojasu zimske temperature rastu brže od letnjih. Porast dnevnih minimuma temperature uslovio je smanjenje broja dana sa mrazom, kao i pomeranje poslednjeg datuma pojave prolećnih mrazeva ka kalendarskom početku godine.

Prema Scheifinger et al. (2003), poslednjih decenija u centralnoj Evropi srednji datum pojave poznih prolećnih mrazeva se pomera brže (2 dana po dekadi) od srednjeg datuma ulaska biljaka u period vegetacije i pojedine fenološke faze (od 0 do 2 dana po dekadi). Početne faze razvitka su senzitivnije na promenu temperature od kasnijih i takve promene vode smanjivanju rizika od poznih prolećnih mrazeva.

Promene toplotnih uslova značajno utiču na fenološku dinamiku tokom godišnjeg rasta i razvika voćaka. Veliki broj radova potvrđuje produženje vegetacionog perioda poslednjih decenija u umerenim širinama, kao i veće pomeranje početka proleć-

nih faza (listanje, cvetanje) od jesenjih faza (žućenje i opadanje lišća). Od početka šesdesetih godina srednja dužina vegetacionog perioda u Evropi se povećala za 10,8 dana, početak vegetacije počinje prosečno 6 dana ranije, a kraj vegetacije nastupa 4,8 dana kasnije. Utvrđeno je takođe, da porast temperature od 1°C na početku proleća prouzrokuje raniji početak prolećnih faza za 2 do 4 dana, a porast srednje godišnje temperature od 1°C produženje vegetacionog perioda za 5 dana (Kramer et al., 2000; Sparks et al, 1997, 2000).

Međutim, pored opšteg trenda, postoje regionalne razlike u promeni temperaturnog režima i fenološke dinamike. U celoj Evropi temperatura beleži rast, osim u delovima jugoistočne Evrope (Chmeilewski i Rotzer, 2001). Na osnovu analize fenoloških podataka za period od 1969. do 1998. godine u većini od jedanaest evropskih zona koje je definisao Wagner (1971) utvrđen je raniji početak i neznatno kasniji završetak vegetacije u posmatranom periodu (Chmeilewski i Rotzer, 2001). Jedino u dinarskoj planinskoj zoni, kojoj pripada i Crna Gora, period vegetacije započinje kasnije, što je u skladu sa trendom promene temperature u tom regionu. Dunavsko-savska zona, kojoj pripada i ceo prostor Srbije, poslednjih decenija ima najveću stabilnost, odnosno najmanje kolebanje toplotnih uslova, a time i fenološke dinamike.

U zemljama sa visoko intenzivnom voćarskom proizvodnjom primenjuju se modeli prognoziranja fenološke dinamike koji pružaju:

- informacije o ponašanju pojedinih sorti voćaka u određenim ekološkim uslovima, što omogućava pravilan izbor sorti za konkretna poljoprivredna staništa;
- informacije o periodu, ili fenološkoj tački u kojoj se voćke nalaze, što omogućava pravovremenu primenu odgovarajućih zaštitnih i drugih mera;
- informacije o sazrevanju plodova, što omogućava efikasno planiranje i organizovanje berbe i plasmana voća.

Pored navedenog, ovi modeli značajno pomažu istraživanju uticaja promena i kolebanja klime na ponašanje različitih vrsta voćaka.

Standardni način praćenja i prognoziranja fenološkog razvoja voćaka u periodu vegetacije je upotreba GDD (growing degree days) metoda, ili toplotnih jedinica (heat units) – tzv. HU metoda. Polazna pretpostavka ovih metoda je da je biljkama potrebna određena količina toplote da bi okončale jednu i započele narednu fazu razvoja. Količina neophodne toplote ista je za konkretnu fazu u svakoj godini, ali se trajanje perioda njenog nakupljanja menja u zavisnosti od vremenskih uslova u različitim godinama. Količina neophodne toplote se izražava preko temperaturnih suma, koje se dobijaju sabiranjem srednjih dnevnih temperatura iznad određene vrednosti (GDD metod), ili odvojenim izračunavanjem suma minimalnih i maksimalnih dnevnih temperatura iznad određenih vrednosti (HU metoda).

Za podperiod biološkog (prirodnog, dubokog) mirovanja voćaka, koriste se metode koje se zasnivaju na nakupljanju temperaturnih suma ispod određene vrednosti temperature. Pošto pojedine temperature ispod utvrđene granice imaju veći efekat od drugih, u širokoj upotrebi je tzv. Utah metoda koja određenim temperaturnim intervalima pripisuje različite težinske faktore, pa se umesto temperaturnih suma, dobijaju jedinice hlađenja (chill units) (Ashcroft et al., 1977; Lombard et al., 1979; Richardson et al., 1974).

nedostaci svih ovih metoda su:

- fragmentaran, a ne celovit, pristup dinamici rasta i razvića voćaka tokom godišnjeg ciklusa;

- izostavljanje podperioda ekološkog (prinudnog) mirovanja u kojem započinju važni procesi makro i mikrogeneze;
- konvencionalno određivanje datuma od kojih počinju da se izračunavaju temperaturne sume;
- ne uvažavanje smera temperaturnih promena (zagrevanje – hlađenje) kod GDD metoda;
- eksperimentalno određivanje fizioloških nula za svaki genotip kod GDD metoda.

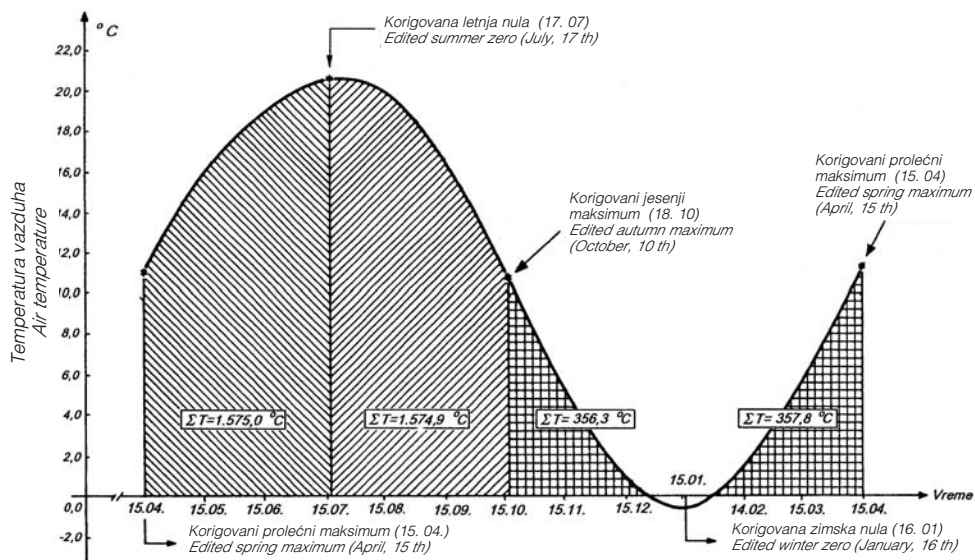
Iznalaženjem tačaka toplotne simetrije godišnjeg hoda temperature, Vulić (1998) otvara mogućnosti za otklanjanje navedenih nedostataka u praćenju i prognoziranju dinamike godišnjeg ciklusa rasta i razvića voćaka. Ove tačke predstavljaju rezultante termoperiodskih i fotoperiodskih kretanja tokom godine i određuju se jednostavnim postupkom iz odnosa kardinalnih tačaka hoda temperature i kardinalnih tačaka solarnog ciklusa. Tačke toplotne simetrije su korigovani datumi promene toka srednje dnevne temperature iz dominantnog pada u dominantni rast (korigovana zimska nula), iz dominantnog rasta u dominantni pad (korigovana letnja nula), i datumi najbržeg rasta (korigovani prolećni maksimum) i najbržeg pada temperature vazduha (korigovani jesenji maksimum). Ove tačke definišu četiri perioda godišnjeg toplotnog ciklusa, od kojih svaki ima svog analognog para sa jednakom vrednošću temperaturne sume (Graf. 1). Uvođenjem tačaka toplotne simetrije u GDD model, bio bi celovito obuhvaćen godišnji ciklus rasta i razvića voćaka, a datumi od kojih bi se računale temperaturne sume bili bi egzaktno određeni i prestala bi potreba za eksperimentalnim utvrđivanjem fenološke nule za svaki genotip.

Uticaj toplotnog režima na regionalno zoniranje, fenološku dinamiku i prinos voćaka u konkretnim uslovima Srbije camo je marginalno izučavan.

Prostor Srbije, prema Kernerovoj klasifikaciji, karakterišu tri tipa toplotnog režima: pojačano kontinentalni, umereno kontinentalni i planinski. Suštinska razlika između navedenih tipova toplotnih režima leži u preraspodeli toplote po pojedinim periodima tokom godine (Vulić, 1998). Pojačano kontinentalni tip toplotnog režima (april topliji od oktobra i velika godišnja amplituda temperature vazduha) uslovljava ranije sazrevanje plodova voćaka, dok planinski tip toplotnog režima (oktobar znatno topliji od aprila i mala godišnja amplituda temperature vazduha) odlaže sazrevanje (Vulić i Ruml, 2002). Umereno kontinentalni tip toplotnog režima (oktobar topliji od aprila i srednje velika godišnja amplituda temperature vazduha) predstavlja prelazni tip u odnosu na predhodna dva sa stanovišta vremena zrenja plodova voćaka.

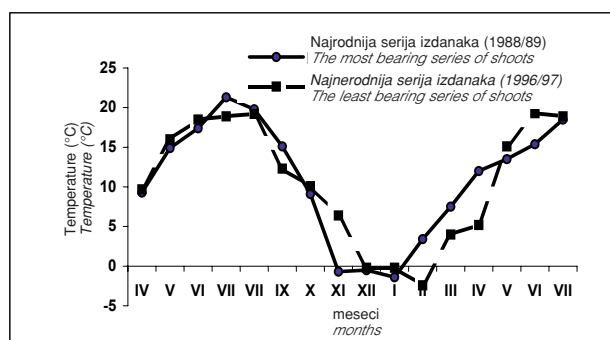
Zone različitog vremena berbe šljive Požegače u Srbiji prate prostorni raspored tipova termičkog režima. Na istoj lokaciji u različitim godinama mogu se ispoljiti različiti tipovi toplotnog režima i pored približno jednakih srednjih godišnjih temperatura, jer je preraspodela toplote po pojedinim periodima tokom godine krajnje različita. Godine sa najranijom berbom karakteriše pojačano kontinentalni tip toplotnog režima, godine sa najpoznijom berbom planinski, a godine sa prosečnim datumima berbe, umereno kontinentalni tip (Vulić i Ruml, 2002).

Najrodnije serije izdanaka maline rasle su, diferencirale rodne pupoljke i prezimljavale u uslovima pojačano kontinentalne toplotne raspodele, a najnerodnije u uslovima planinske ili umereno kontinentalne raspodele toplote sa vrlo visokim vrednostima Kernerovog koeficijenta (Vulić i Ruml, 2001) (Graf. 2). Izrazit uticaj termičkog režima na prinos ove vrste voćaka, poslužio je kao osnova za izradu prvog mode-



Graf. 1. Simetrična raspodela godišnje sume pozitivnih temperatura pomoću osnovnih tačaka temperaturne simetrije (1961–1995)
 Graph 1. Symmetrical distribution of annual sum of positive temperatures via basic points of the temperature symmetry (1961–1995)

la kod nas za prognozu prinosa nekoliko meseci pre berbe. U istraživanjima obuhvaćenim šesnaestogodišnjim periodom, prosečno odstupanje procenjenih od ostvarenih prinosa iznosilo je 7,2%, a maksimalno odstupanje 19,7%.



Graf. 2. Toplotni režimi za vreme rasta i razvića najrodnije (1988/89) i najmanje rodne (1996/97) serije izdanaka maline
 Graph 2. Heat regimes during growth and development of the most and the least bearing (1988/89 and 1996/97 respectively) series of raspberry shoots

Zaključak

Ovo su bili neki novi aspekti istraživanja u fiziologiji i ekologiji voćaka koji će možda ukoliko se šire primene u tehnologiji gajenja voćaka doprineti većoj produktivnosti, boljem kvalitetu plodova i zauzimanju adekvatnog mesta našeg voćarstva u svetu.

O značaju primene novih tehnologija govorio je na veoma impresivan način, još pre 300 godina, poznati romanopisac Jonathan Swift (1667–1745): „Ko god može da učini da dva klasa kukuruza, ili dve vlati trave rastu na mestu gde je do tada rasla samo jedna, pripada boljem delu čovečanstva i mnogo više služi svojoj zemlji nego svi političari zajedno“.

Literatura

- Alexander, A. (1986): Optimal timing of foliar nutrient sprays. In: Foliar fertilization. Alexander, A. (ed.), Martinus Nijhoff Publishers, pp. 44-60.
- Altman, A. (1999): Plant biotechnology in the 21st century: the challenges ahead. *Plant biotechnology*, 2, 2: 1-6.
- Altman, A. (2004): Biotechnology of horticultural crops: international issues and directions. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB Symposium *In vitro* culture and Horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 9.
- Andrews, P.K. (2002): How foliar-applied nutrients affects stresses in perennial fruit plants. *Acta Horticulturae*, 549: 48-56.
- Anvari, S.F., Stösser, R. (1978a): Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen des Pollenschlauchwachstums und des Zustands der Samenanlagen bei Sauerkirschen. *Mitt. Klosterneuburg*, 28: 23-30.
- Anvari, S.F., Stösser, R. (1978b): Eine neue fluoreszenzmikroskopische Methode zur Beurteilung der Befruchtungsfähigkeit der Samenanlagen bei *Prunus*. *Z. Pflanzenzüchtg.*, 81: 333-336.
- Ashcroft, G.E., Richardson, E.A., Seeley, S.D. (1977): A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit trees. *HortScience*, 12: 347-348.
- Bar-Yosef, B. (1991): Fertilization under drip irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Technology. Parglave, D.A. (ed.), Marcel Decker, pp. 285-329.
- Borlaug, N.E. (2000): Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry. *Plant Physiol.*, 124: 487-490.
- Bradley, M.V., Griggs, W.H. (1963): Morphological evidence of incompatibility in *Olea europaea* L. *Phytomorphology*, 13: 141-156.
- Bramlage, W.J., Drake, M., Lord, W.J. (1980): The influence on mineral nutrition on the quality and storage performance of pome fruits grown in North America. In: Mineral nutrition of fruit trees. Atkinson, D., Sharples, R.O., Waller, W.J. (eds.), Batterworths, Sevenoaks, U.K., pp. 29-39.
- Brisson, M., de Boucaud, M.T., Dosba, F. (1995): Cryopreservation of *in vitro* grown shoot tips of two interspecific *Prunus* rootstocks. *Plant Science*, 105: 235-242.
- Cerović, R. (1992): Pollen tube growth in sour cherry pistils in relation to fruit set. *Adv. Hort. Sci.*, 6: 107-111.

- Cerović, R. (1996): Unusual behavior of growth pollen tubes in the ovary of sour cherry. *Acta Horticulturae*, 423: 171-176.
- Cerović, R. (1997): „Biologija oplodnje višnje“. Zadužbina Andrejević, Beograd, pp. 132.
- Cerović, R., Ružić, Đ. (1987): Micropropagation of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) cv. Šumadinka. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 9: 151-157.
- Cerović, R., Ružić, Đ. (1992a): Pollen tube growth in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) at different temperatures. *Journal of Horticultural Science*, 67: 333-340.
- Cerović, R., Ružić, Đ. (1992b): Senescence of ovules at different temperatures and their effect on the behaviour of pollen tubes in suor cherry. *Scientia Horticulturae*, 51: 321-327.
- Cerović, R., Vujičić, R., Mičić, N. (1999): Localization of polisaccharides in the ovary of sour cherry. *Gartenbauwissenschaft*, 64: 40-46.
- Child, R.D. (1966): Pollen tube growth in relation to temperature and ovule longevity in the cider apple Michelin. Rep. Long Ashton Res. Stn. for 1966. University of Bristol , pp. 115-120.
- Childers, N.F. (1966): Fruit Nutrition. Horticultural Publications, Gainesville, FL.
- Chmielewski, F., Rotzer, T. (2001): Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agric. Forest Meteorol.*, 108: 101-112.
- Cresti, M., Ciampolini, F., Pacini, E., Sree Ramulu, K., Devreux, M. (1978): Gamma irradiation of *Prunus avium* L. Flower buds: Effect on stylar development – an ultrastructural study. *Acta Bot. Neerl.*, 27: 97-106.
- Davies, W.J., Bacon, M.A., Thompson, D.S., Sobeigh, W., Rodriguez, L.G. (2000): Regulation of leaf and fruit growth in plants in drying soil: exploitation of the plant's chemical signalling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *J. Exp. Bot.*, 51: 1617-1626.
- de Souza, C.R., Maroco, J.P., dos Santos, T.P., Rodrigues, M.L., Lopes, C.M., Pereira, J.S., Chaves, M.M. (2003): Partial rootzone drying: regulation of stomatal aperture and assimilation in field-grown grapevines (*Vitis vinifera* cv. Moscatel). *Functional Plant Biology*, 30: 653-662.
- Diris, M. (1984): Fertilizer recommendations. Faigla, O. (ed.), *Studia Intituto di Col-tivazioni Arboree*, Universita degli Studi di Milano, Italy, pp. 1-15.
- Dodd, I.C., Stikic, R., Davies, W.J. (1996): Chemical regulation of gas exchange and growth of plants in drying soil in the field. *Journal of Experimental Botany*, 47: 1475-1490.
- dos Santos, T.R., Lopes, C.M., Rodrigueues, M.L., de Souza, C.R., Maroco, J.P., Pereira, J.S., Silva, J.R., Chaves, M.M. (2003): Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field-grown grape vines (*Vitis vinifera*). *Functional Plant Biology*, 30: 663-671.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., Botting, D., During, H. (1996): Effects of partial root-zone drying on grapevine vigour, yield, composition of fruit and use of water. *Proceedings of the 9th Australian Wine Industry Technical Conference*, pp. 126-131.
- Dry, P.R., Loveys, B.R., During, H. (2000): Partial drying of the root-zone of grape. 2. Changes in the pattern of root development. *Vitis*, 39: 9-12.
- Dys, B. (1984): Cyto-embryological studies in self-incompatible and self-fertile cultivars of sour cherries (*Cerasus vulgaris* Mill.). I. meiosis in anthers, pollen viability and germination on the stigma and pollen tube growth in the pistil. *Genetica Polonica*, 25: 157-170.

- Eschrich, W., Currier, H.B. (1964): Identification of callose by its diacrome and fluorochrome reactions. *Stain Techn.*, 39: 303-307.
- FAO. (2002): Deficit Irrigation Practices. Water Reports, No. 22, Rome.
- Fari, M.G., Kertész, T., Lszló M., Varga, Z. (2004): Design of a revert rotary bioreactor for micropropagation. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB Symposium *In vitro* culture and Horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 36.
- Finck, A. (1985): Fertilizer and Fertilization. Weinheim-Deerfield Florida, Chapt, 5, pp. 179-236.
- Franke, W. (1986): The basis of foliar absorption of fertilizers with special regard to the mechanisms. In: 'Foliar fertilization'. Alexander, A. (ed.), Martinus Nijhoff Publishers, pp. 17-25.
- Geenham, F. (1980): Fertilizer recommendations. Faigla, O. (ed.), Studia Instituto di Coltivazioni Arboree, Università degli Studi di Milano, Italy, pp. 1-15.
- Gowing, D.J., Davies, W.J., Jones, H.G. (1990): A positive root-sourced signal as indicator of soil drying in apple *Malus domestica* Borh. *J. Exp. Bot.*, 41: 1535-1540.
- Handa, A. (2004): Plant biotechnology the challenges ahead. www.techno-preneur.net, 1-4.
- Handsack, M. Alexander, A. (2002): Effect of nitrogen foliar fertilizers for blossom thinning on apples. *Acta Horticulturae*, 549: 111-119.
- Hannah, G.R., Stirk, B.C., Righetti, T.L. (2003). Uptake, Partitioning, and Storage of Fertilizer Nitrogen in Red Raspberry as Affected by Rate and Timing of Application, In: *Soil-Plant-Water Relationship*, pp. 439-448.
- Helliot, B., de Boucaud, M.T. (1997): Effect of various parameters on the survival of cryopreserved *Prunus Ferenain in vitro* plantlets shoot tips. *Cryo-Letters*, 18: 133-142.
- Herrero, M., Arbeola, A., Gascon, M. (1988): Pollen pistil interaction in the ovary in fruit trees. In: 'Sexual Reproduction in Higher Plants'. Cresti, M., Gori, P., Pacini, E., (eds.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg – New York, pp. 297-302.
- Herrero, M., Arbeola, A. (1989): Influence of the pistil on pollen tube kinetics in peach (*Prunus persica*). *Amer. J. Bot.*, 76: 1441-1447.
- Herrero, M., Dickinson, H.G. (1979): Pollen-pistil incompatibility in *Petunia hybrida*: Changes in the pistil following compatible and incompatible intraspecies crosses. *Journal of Cell Science*, 36: 1-18.
- Heslop-Harrison, J. (1976): A new look at pollination. *Rep. E. Malling Res. Stn. for 1975*, pp. 141-157.
- Hogmire, H.W., (1995): Mid-Atlantic Orchard Monitoring Guide. Cornell Coop. Extension, NRAES-No, pp. 1-75.
- Horton, B. (1995): Geographical distribution of changes in maximum and minimum temperatures. *Atmospheric research*, 37: 101-107.
- Imas, P. (1999): Quality Aspects of K Nutrition in Horticultural Crops. IPI-PRII-KKV Workshop on: Recent Trends in Nutrition Management in Horticultural Crops, Dapoli, Maharashtra, INDIA, pp. 1-14.
- James, C. (1999): *Prewiev: Global Rewiev of Commercialized Transgenic Crops*. International Service for the Acquisition of Agri-biotechnology Application (New York), Brief No 12.

- James, C. (2002): Prewiev: Global Rewiev of Commercialized Transgenic Crops. International Service for the Acquisition of Agri-biotechnology Application (New York), Brief No 27.
- Jones, H.G. (1980): Interaction and integration of adaptive responses to water stress: the implication of an unpredictable environment. In: 'Adaptation of plants to water and high temperature stress'. Turner, N.C., Kramer, P.J. (eds.), Wiley, New York, pp. 353-365.
- Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J. (1998): Water use efficiency of controlled roto-division alternate irrigation on maize plants. *Agricultural Water Management*, 38: 69-76.
- Karl, T.R., Easterling, D.R. (1999): Climate extremes: selected review and future research directions. *Climatic Change*, 42: 309-325.
- Kozai, T., Afreen F., Zobayed S.M.A., Xiao Y. (2004): Commercial applications of a photoautotrophic micropropagation system using large vessels with forced ventilation. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB symposium *in vitro* culture and horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 30.
- Kozai, T., Iwabuchi, K., Watanabe, K., Watanabe, I. (1991): Photoautotrophic and photomixotrophic growth of raspberry plantlets *in vitro* and changes in nutrient composition of the medium. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 25: 107-115.
- Kozai, T., Kubota, C. (2001): Developing a Photoautotrophic Micropropagation System for Woody Plants. *J. Plant res.*, 114: 525-537.
- Kozai, T., Nguyen, Q.T., Chun, C. (1999): Environmental control in photoautotrophic micropropagation. In: 'Plant Biotechnology and *In Vitro* Biology in the 21st Century'. Altman, A. (eds.), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 655-658.
- Kramer, K., Leinonen, I., Loustau, D. (2000): The importance of phenology for evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forest ecosystem. An overview. *Int. J. Biometeorol.*, 44: 67-75.
- Laimer, M.D., Mendonca, D., Maghuly, F., Leopold, S., Khan, M., Sommerbauer, Th., Katinger, H. (2004): Transformation of woody species: state of the art. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB symposium *in vitro* culture and horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 64.
- Lambardi, M., Roncasaglia, R., Previati, A., De Carlo, A., Dradi, G., Da Re, F., Calamai, L. (2004): *In vitro* slow growth storage of fruit rootstocks in gas-tight or gas-permeable containers. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB Symposium *In vitro* culture and Horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 178.
- Lech, W., Tylus, K. (1983): Pollination, fertilization and fruit setting of some sour cherry varieties. *Acta Horticulturae*, 139: 33-39.
- Lee, C.L. (1980): Pollenkeimung, Pollenschlauchwachstum und Befruchtung - gsverhältnisse bei *Prunus domestica* L. II. Pollenschlauchwachstum im Griffel. *Gartenbau - wissenschaft*, 45: 241-248.
- Leva, A.R., Amato, F., Benelli, A., Goretti, R. (1992): La conservazione *in vitro* di cultivar di pero e pesco. *Informatore Agrario*, 13: 135-183.
- Ličina, V. (1998): Nitrogen fertilization of grapevine and its effect on the content of its mineral forms in soil, nitrogen content in leaves and grape yield. *Rew. of Research Work at the Faculty of Agriculture*, 43, 1: 39-43.

- Ličina, V., Jakovljević, M. (1994): An specific nitrogen (^{15}N) nutrition on grapes. ESNA-XXIVth Annual Meeting, Varna, Book of Papers, Proc. Gerzabek, M.H. (ed.), Seibersdorf, Anex 8, pp. 1-8.
- Ličina, V., Jakovljević, M. (1996): The dynamic of nitrogen (^{15}N) uptake during the vegetation period on grapevine. XXVth Annual Meeting of ESNA. Castelnuovo foligani-Piacenza. Proc. Gerzabek, M.H. (ed.), Seibersdorf, pp. 51-57.
- Linskens, H.F. (1970): Fertilization mechanisms in higher plants. In: 'Fertilization', II. Metz, C.B., Monroy, A. (eds.), Academic Press, New York, pp. 189-253.
- Linskens, H.F. (1976): Stigmatics responses. In: 'Proc. 3rd. MPP Meeting'. Vardar, Y., Sheikh, K.H., Oztürk, M.A. (eds.), Ege University, Bornova, Izmir, pp. 1-12.
- Linskens, H.F. (1981): Development biology of reproduction: Current problems. *Phytomorphology*, 31: 202-213.
- Linskens, H.F. (1988): Present status and future prospects of sexual reproduction research in higher plants. In: 'Sexual Reproduction in Higher plants'. Cresti, M., Gori, P., Pacini, E. (eds.), Springer-Verlag, pp. 451-457.
- Lombard, P., Richardson, E.A., Seeley, S.D. (1979): Physical principles involved in controlling phenological development. In: 'Modification of the aerial environment of plants'. Barfield, B.J., Greber, J.F. (eds.). Amer. Oc. GR. Eng. Monograph No 2, St. Joseph, Mich., pp. 429-440.
- López Noguera, S., Petri, C., Olmos, E., Burgos, L. (2004): Regeneration-promoting genes improve transformation efficiency in apricot. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB symposium *in vitro* culture and horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 71.
- Loveys, B.R., Dry, P.R., Stoll, M., McCarthy, M.G. (2000): Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta Hort.*, 537: 187-199.
- Lowe, K.C., Davey, M.R., Power, J.B. (1996): Plant tissue culture: past, present and future. *Plant tissue culture and biotechnology*, 4: 175-186.
- Lumsden, P.J., Price, S., Leifert, C. (1990): Effect of mineral nutrition on the growth and multiplication of *in vitro* cultured plants. In: 'Progres in Plant Cellular and Molecular Biology'. Nijkamp, H.J., Van Der Plas, Van Aartrijk, J. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 108-113.
- Malinowski, T., Zawadzka, B., Ravelonandro, M., Skorza, R. (2003): Durable resistance of transgenic plum (*Prunus domestica*) to plum pox virus-is long term field trial a waste of time? Book of Abstracts of European Meeting 04 on Plum Pox, Rogow (Poland), 32.
- Marino, G., Rosati, P., Sagrati, F. (1985): Storage *in vitro* cultures of *Prunus* rootstocks. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 5: 73-78.
- Mau, S.L., Raff, J, Clarke, A.E. (1982): Isolation and partial characterization of components of *Prunus avium* L. styles, including an antigenic glycoprotein associated with a self-incompatibility genotype. *Planta*, 156: 505-516.
- McCown, B.H. (2003): Biotechnology in Horticulture: 100 Years of Application. *Hort Science*, 38 (5): 1026-1030.
- Mengel, K. (2002): Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horticulturae*, 549: 14-21.
- Mengel, K., Kirkby, E.A. (2001): Principles of Plant Nutrition. 5th ed., Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 293-334.

- Miller, G.D. (2002): Beginning an orchard nutrition program: Determining nutritional status for apple and peach. *Journal of the American College of Nutrition*, 21, 2:131-133.
- Miller, R.J., Rolston, D.E., Rauschkolb, R.S., Wolfe, D.W. (1981): Labeled nitrogen uptake by drip-irrigated tomatoes. *Agron. J.*, 73: 265-270.
- Mingo, D.M., Bacon, M.A., Davies, W.J. (2003): Non-hydraulic regulation of fruit growth in tomato plants (*Lycopersicon esculentum* cv. Solairo) growing in drying soil. *Journal of Experimental Botany*, 54: 1205-1212.
- Mulcahy, G.B., Mulcahy, D.L. (1983): A comparison of pollen tube growth in bi- and trinucleate pollen. In: 'Pollen: Biology and Implication for Plant Breeding'. Mulcahy, DL, Ottaviano, E. (eds.), Elsevier Biomedical, New York Amsterdam, Oxford, pp. 29-33.
- Murashige, T., Skoog, F. (1962): A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15: 473-497.
- Neilsen, G.H., Neilsen, D. (1986): Tree fruit zinc nutrition. In: 'Tree fruit nutrition-shortcourse proceedings'. Petersen, A.B., Stevens, R.G. (eds.), Good Fruit Grower, Yakima, Chap., 10: 85-93.
- Neri, D., Lodolini, E.M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., Zucconi, F. (2002): Foliar application of humic acids on strawberry (cv Onda). *Acta Horticulturae*, 549: 155-161.
- Ochatt, S.J., Cocking, E.C., Power, J.B. (1987): Isolation, culture and plant regeneration of Colt cherry (*Prunus avium* x *pseudocerasus*) protoplast. *Plant Science*, 50: 139-143.
- Ochatt, S.J., Patat-Ochatt, E.L., Rech, M.R., Davey, M.R., Power, J.B. (1989): Somatic hybridization of sexually incompatible top-fruit tree rootstocks, wild pear (*Pyrus communis* var. *pyraster* L.) and Colt cherry (*Prunus avium* x *pseudocerasus*). *Theor. Appl. Genet.*, 78: 35-41.
- Papadopoulos, I. (1985): Constant feeding of field-grown tomatoes irrigated with sulfate water. *Plant Soil*, 88: 231-236.
- Papadopoulos, I. (1992): Phosphorus fertigation of trickle-irrigated potato. *Fert. Res.*, 31: 9-13.
- Passioura, J.B. (1988): Root signals control leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. *Aust. J. Plant Physiol.*, 15: 687-693.
- Perya, F.J. (2002): Properties and performance of boron sprays products for apple. *Acta Horticulturae*, 549: 194-201.
- Piaggese, A., Pezzolato, D., Di Tomamaso, G., Bassil, G. (2002): Measurements of microelements content in pear leaves as a consequence of foliar sprays with different chelates. *Acta Horticulturae*, 549: 117-126.
- Raese, T. (1995): Effects of calcium sprays and nitrogen fertilizers on apple and pear. *Proc. 91th Wash. Stat. Hort. Assoc. Meet.*, pp. 111-128.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., Walker, D.R. (1974): A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience*, 9: 332-332.
- Russo, G., Russo, P., Standardi, A., Micheli, M. (2004): Preliminary results on the encapsulation of *in vitro* – derived explants in olive. *Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB symposium in vitro culture and horticultural breeding, Debrecen (Hungary)*, 190.

- Ružić, Đ. (1982): Mikrorazmnožavanje šljive cv. Požegača *in vitro*. Jugoslovensko voćarstvo, 16, 61/62: 35-41.
- Ružić, Đ., Cerović, R. (1990): Proliferazione *in vitro* della cv. susino Požegača dopo conservazione frigorifera. Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura, 3: 81-82.
- Ružić, Đ., Cerović, R. (1999): The evaluation of *in vitro* shoot cultures of two sweet cherry rootstocks after cold storage. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, VII, 4: 153-162.
- Ružić, Đ., Cerović, R. (2003): Primena *in vitro* metoda kod koštičavih vrsta voćaka. Jugoslovensko voćarstvo, 37, 141/142: 37-49.
- Sassa, H., Hirano, H., Ikehashi, H. (1992): Self-incompatibility-related RNases in styles of Japanese pear (*Pyrus serotina* Rehd.). Plant Cell Physiol., 33: 811-814.
- Sassen, M.M.A. (1974): The stylar transmitting tissue. Acta Bot. Neerl., 23: 99-108.
- Scheifinger, H., Menzel, A., Koch, E., Peter, Ch. (2003): Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe. Theor. and Appl. Climatol., 74: 41-51.
- Schlegel, T.K., Schonherr, J. (2002): Selective permeability of cuticles over stomata and trichomes to calcium chloride. Acta Horticulturae, 549: 37-41.
- Schönherr, J. (2002): Foliar nutrition using inorganic salts: laws of cuticular penetration. Acta Horticulturae, 549: 67-74.
- Scorza, R., Ravelonandro, M. (2004): The opportunities and challenges of genetic engineering for improvement of perennial tree fruit – Plum Pox virus resistant plums as a case study. Book of Abstracts and Programme, Fifth IVCHB symposium *in vitro* culture and horticultural breeding, Debrecen (Hungary), 15.
- Sedgley, M., Annels, C.M. (1981): Flowering and fruit – set response to temperature in the avocado cultivar Hass. Scientia Horticulture, 14: 27-33.
- Sedgley, M., Scholefield, P.B. (1980): Stigma secretion in the watermelon before and after pollination. Botanical Gazette, 141: 428-434.
- Snyder, G.H., Burt, E.O. (1976): Nitrogen fertilization of Bermudagrass turf through an irrigation system. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101: 145-148.
- Socias i Company, R., Kester, D.E., Bradley, M.C. (1976): Effect of temperature and genotype on pollen tube growth in self-incompatible and self-compatible almond cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 101: 490-493.
- Sparks, T.H., Jeffree, E.P., Jefferies, C.E. (2000): An examination of relationships between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological record from the UK. Int. J. Biometeorological., 44: 82-87.
- Sparks, Th., Carez, P.D., Combes, J. (1997): First leafing dates of trees in Surrey between 1947 and 1996. Lond. Nat., 76: 15-20.
- Stikić, R., Popović, S., Srdić, M., Savić, D., Jovanović, Z., Prokić, Lj., Zdravković, J. (2003): Partial root drying (PRD): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. In: 'Proceedings of European Workshop on Environmental Stress and Sustainable Agriculture'. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue, pp. 164-171.
- Stiles, W.C., Reid, W.S. (1991): Orchard Nutrition Management, Cornell Cooperative Extension Information Bulletin, 219: 67-132.
- Stoll, M., Loveys, B., Dry, P. (2000): Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. J. Exp. Bot., 51: 1627-1634.

- Stösser, R., Neubeller, J. (1980): Veränderungen von Kohlenhydraten in den Griffeln von Krischenblüten. *Gartenbauwissenschaft*, 45: 97-101.
- Stösser, R. (1982): Das Pollenschlauchwachstum *in vitro* und *in vivo* bei *Prunus domestica* L. *Z. Pflanzzüchtg.*, 88: 261-264.
- Stösser, R., Anvari, S.F. (1982): On the senescence of ovules in cherries. *Scientia Hort.*, 16: 29-38.
- Stösser, R., Anvari, S.F. (1983): Pollen tube growth and fruit set as influenced by senescence of stigma, style and ovules. *Acta Horticulturae*, 139: 13-22.
- Stösser, R., Hartman, W., Anvari, S.F. (1996): General aspects of pollination and fertilization of pome and stone fruit. *Acta Horticulturae*, 423: 15-22.
- Suteau, G.E., Negrasco, I., Sardinescu, A. (1989): Determination in time of the reserve derived nitrogen in the annual organs of peach tree and grapevine using ¹⁵N. *ESNA, Newsletter, Warszawa*, pp.17-21.
- Udachina, E.G., Poddubnaya-Arnol'di, V.A., Enikeev, Kh.K. (1976): Study of the growth of the pollen tubes in the pistil of sour cherry by means of luminescence microscopy. *Byul. Gl. boton sada AN SSSR*, 101: 85-94.
- Vasil, I.K. (1974): The histology and physiology of pollen germination and pollen tube growth on the stigma and in the style. In: 'Fertilization in Higher Plants'. Linskens, H.F. (ed.), North-Holland/American Elsevier, Amsterdam – New York, pp. 105-118.
- Vasilakakis, M.D., Porlingis, I.C. (1984): Self-compatibility in "Truuito" almond and the effect of temperature on selfed and crossed pollen tube growth. *HortScience*, 19: 659-661.
- Vasilakakis, M.D., Porlingis, I.C. (1985): Effects of temperature on pollen germination, pollen tube growth, effective pollination, and fruit set of pear. *Hort. Science*, 20: 733-735.
- Vulić, T. (1998): Agroklimatski uslovi gajenja jabuke (*Malus sylvestris* Mill.) i šljive (*Prunus domestica* L.) u Srbiji. *Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd*.
- Vulić, T., Ruml, M. (2001): Meteorološke karakteristike rodni i nerodni ciklusa maline na prostoru zapadne Srbije. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 62, 3-4: 53-59.
- Vulić, T., Ruml, M., (2002): Uticaj toplotnog režima na vreme berbe šljive sorte požegača u Srbiji. *Arhiv za poljoprivredne nauke*, 63, 223-224: 95 -102.
- Wagner, K. (1971): *Atlas zur physischen Geographie (Orographie) Bd. 4 (304a-304n)*. Verlag Hochschul Lanten, Bibliographisches Institut, Mannheim, pp. 36.
- Weinbaum, P.H., Brown, P.H., Johnson, R.S. (2002): Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agrotechnical perspectives. *Acta Horticulturae*, 549: 42-47.
- Wilkins, C.P., Newbury, H.J., Dodds, J.H. (1989): Tissue culture conservation of fruit trees. *IBPGR Genetic Resources Newsletter*, 73/74: 9-20.
- Williams, R.R. (1995): The chemical microenvironment. In: 'Automation and Environment Control in Plant Tissue Culture'. Aitken-Christie, J., Kozai, T., Smith, M. (eds), Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, pp. 405-439.
- Ziv, M., Chen, J., Vishnevetsky, J. (2003): Propagation of plants in bioreactors: prospects and limitations. *Acta Horticulturae*, 616: 85-93.

Priljeno: 31. 12. 2004.
Prijvaćeno: 21. 02. 2005.

NEW INVESTIGATION TENDENCIES IN PHYSIOLOGY AND ECOLOGY
OF FRUITS

Đurđina Ružić¹, Vlado Ličina², Radmila Stikić², Radosav Cerović¹,
Todor Vulić², Mirjana Ruml²

ARI SERBIA, Fruit and Grape Research Centre, Čačak, SCG

E-mail: jugvoca@yul.net

²The Faculty of Agriculture, Zemun–Belgrade, SCG

Summary

New discoveries in all fields of physiology and ecology of fruits reveal high complexity but also inevitable interreaction with other scientific branches and, particularly current, new biotechnologies.

Acquisition of new knowledge within the comprehensive and very complex field of fruit physiology shall be presented through the following chapters: new biotechnologies in fruit growing; mineral fertilization - with emphasis on the foliar fertilization; stress physiology; new aspects of fruit pollination and fertilization; heat regime as a factor of phenological dynamics, cropping and fruit zoning.

Key words: Biotechnologies, foliar fertilization, stress, pollination and fertilization, heat regime.

Author's address:
Dr Đurđina Ružić
Institut SRBIJA
Centar za voćarstvo i vinogradarstvo
Kralja Petra 1/9
32000 Čačak
Srbija i Crna Gora