

Seasonal Changes in Calcium Concentration of Bearing Plum Shoots

Zlatko ČMELIK

SUMMARY

The seasonal changes in Ca concentration in the tissues of plum shoots taken from mature trees of the cultivar Bistrica were determined over two growing seasons. Samples were taken from trees that were growing in grass sward and from trees under improved management (with pruning, manure and fertilizer application, soil cultivation under the trees and mowing of the grass sward between the alleys)

The investigation showed that seasonal changes in Ca concentration in particular parts of plum shoots was quite different. Decreasing of calcium concentration was observed in the vegetative and generative buds in the period from the beginning of vegetation to full blooming, and in the fruits from the period when the shoot growth ceased to the time of fruit ripening. On the contrary, calcium concentration was increasing during the vegetation in the leaf blade, leaf petiole and in the bark of the shoots. Calcium concentration in the wood tissue of the plum shoots wasn't changed over the growing season.

In the bark of the previous year shoots calcium concentration was gradually increased from the beginning of vegetation to the full blooming and then decreased smoothly to the middle of vegetation, and to the fall remained stable. In the wood tissue of the previous shoot from the beginning of vegetation to the phenophase of the green head decreasing of Ca concentration occurred. After that Ca concentration increased in full blooming and stayed stable to the middle of the season, and then it fell slowly to the end of vegetation.

The results of investigation showed that management had no effect on the seasonal tendency and had a little effect on Ca concentration level. Calcium concentration in the bark of the new growth and in the bark of the previous year shoots of control was significantly greater.

KEY WORDS

***Prunus domestica*, cultivar Bistrica, mineral nutrition, calcium, orchard management**

Department of Pomology
Faculty of Agriculture University of Zagreb
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia
E-mail: zcmelik@agr.hr

Received: September 10, 1999

Sezonske promjene koncentracije kalcija u rodnim izbojima šljive

Zlatko ČMELIK

SAŽETAK

Tijekom dvije vegetacije istraživana je dinamika koncentracije Ca u pojedinim dijelovima rodnih izbojka šljive Bistrice (drvo, kora, pupovi, lišće i plodovi). U pokusu su bile dvije varijante: kontrola, u kojoj nije obavljena obrada tla, gnojidba i rezidba, i poboljšani sustav održavanja uz primjenu agrotehničkih i pomotehničkih zahvata.

U različitim dijelovima rodnih izbojaka sezonska dinamika koncentracije Ca bila je bitno različita. Opadanje koncentracije Ca utvrđeno je u vegetativnim i generativnim pupovima od početka vegetacije do pune cvatnje, te u plodovima od perioda prestanka rasta vršnih mladica do sazrijevanja plodova. Nasuprot tome, utvrđeno je povećavanje koncentracije Ca tijekom vegetacije u plojci i peteljci lista, te u kori mladica. Koncentracija Ca u drvu mladica ostala je tijekom cijele vegetacije nepromijenjena.

U kori rodnih izbojaka koncentracija Ca je od početka vegetacije do pune cvatnje postupno rasla, a zatim lagano opadala do sredine vegetacije i dalje ostala na toj razini. U drvu rodnih izbojaka zabilježen je pad koncentracije Ca do fenofaze zelena glavica, a zatim rast do pune cvatnje i zadržavanje na približno istoj razini do sredine vegetacije, da bi potom uslijedio lagani pad prema kraju vegetacije.

Istraživanja su pokazala da primijenjeni zahvati nisu utjecali na dinamiku, a neznatno na razinu koncentracije kalcija. Razlike među varijantama pokusa prema razini koncentracije Ca očitovale su se u kori mladica i rodnih izbojaka, pri čemu je veća koncentracija Ca bila u kontrolnoj varijanti.

KLJUČNE RIJEČI

***Prunus domestica*, sorta Bistrica, mineralna hranidba, kalcij, sustav održavanja voćnjaka**

Zavod za voćarstvo
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
E-mail: zcmelik@agr.hr

Primljeno: 10. rujna 1999.

UVOD

Dinamika i distribucija kalcija u pojedinim organima voćaka značajno se razlikuje u odnosu na druge biogene elemente, a posljedica je njegove specifične fiziološke uloge i različite pokretljivosti u ksilemskom i floemskom provodnom sustavu. Općenito se smatra da se Ca kroz ksilem kreće transpiracijskom vodom, dakle pasivno, pa će u uvjetima pojačane transpiracije biti usvojena veća količina Ca. Međutim, važno je znati da se Ca u većoj mjeri translocira u rastuće vrhove mladica nego li u starije lišće iako je transpiracija starijeg lišća intenzivnija. Ovu pojavu su u svojim istraživanjima s jabukom uočili Shear i Faust (1970), a Marschner i Ossenberg-Neuhaus (1977) objašnjavaju da kretanje Ca pospješuje auksin koji se intenzivno sintetizira u vegetacijskom vršku i koji u njemu povećava kapacitet za kationsku zamjenu. Ova pojava ima posebno značenje za plodove koji se samo u prvoj fazi rasta, kada se odvija intenzivna dioba stanica, kalcijem snabdijevaju preko ksilema. Nakon toga dolazi do promjene dotoka vode i mineralnih tvari s pretežno ksilemskog na pretežno floemski koji pozitivno korelira s količinom translociranih produkata fotosinteze iz lista u plod (Wiersum, 1966). Budući da je mobilnost Ca u floemu vrlo mala (Wiersum, 1979), tkiva koja se na taj način opskrbljuju obično imaju nisku razinu koncentracije Ca, te u određenim uvjetima može doći do fizioloških poremećaja koji se očituju kao smanjeni rast, ubrzano starenje i kao fiziološke bolesti ploda. U brojnim istraživanjima osobita pozornost poklonjena je promjenama koje se dešavaju u plodovima, a posljedica su nedostatnog snabdijevanja kalcijem. Istraživanja su pokazala da deficit kalcija u ranim fazama rasta ploda ograničava staničnu diobu i izaziva poremećaje u strukturi staničnih stijenki i plazmaleme (Cocucci et al., 1990). Nastali poremećaji su posljedica fiziološke uloge ovog elementa jer on povezuje susjedne stanične stijenke i održava integralnost i semipermeabilnost membrana (Ferguson i Drobak, 1988; Pooviah, 1988). Vang-Peterson (1980) navodi da s razvojem deficita kalcija dolazi do narušavanja strukture i funkcije membrana u stanicama jer kalcij, koji je nazočan u izmjenljivoj formi na površini staničnih membrana, regulira njihovu permeabilnost. Kalcij također utječe na selektivno usvajanje iona i njihovu akumulaciju u biljnim tkivima i stabilizaciju strukture respiratornih enzima u plodu (Faust i Shear, 1972). Bangerth et al. (1972) su ustanovili negativnu korelaciju između sadržaja kalcija u plodu i respiracije u svim fazama rasta i razvitka ploda. Ovo stajalište potvrdili su Al-Ami i Richardson (1987) našavši veću respiratornu aktivnost u plodu s nižim sadržajem kalcija u mitohondrijima u usporedbi s onim s visokim sadržajem kalcija. Fiziološke bolesti jezgričavih voćaka i njihova ovisnost o hranidbi kalcijem i drugim čimbenicima opisane su u brojnim znanstvenim člancima, dok su podaci za koštičave voćke oskudni. Joubert i Kotzé (1989), te Wooldridge et al. (1997) fiziološku bolest unutarnje posmeđenje ploda šljive dovode u vezu s nedostatnim snabdijevanjem kalcijem, ali istovremeno konstatiraju da deficit kalcija nije jedini razlog pojave ove bolesti. Inače, tipični simptomi deficita

Ca na ostalim organima voćaka nisu utvrđeni u voćnjacima, već samo u eksperimentalnim uvjetima (Faust, 1989). Nasuprot tome, na tlima s visokim sadržajem aktivnog Ca očituju se karakteristični simptomi kloroze lišća.

Sezonske promjene koncentracije Ca uglavnom su praćene u listu i plodu šljive pri čemu se navodi da se tijekom vegetacije koncentracija Ca u plodu smanjuje (Čmelik et al., 1986), a u listu povećava (Vitanova, 1982; Hudská i Kloutvorová, 1983; Čmelik et al., 1986; Sánchez-Alfonso i Lachica, 1987). Detaljne podatke o kretanju koncentracije Ca u mladicama, dvogodišnjim izbojcima, cvjetnim pupovima, cvjetovima i plodovima šljive navodi Milošević (1991), a njegovi podaci uglavnom su suglasni s podacima koje za jabuku iznose Mason i Whitfield (1960).

Među ostalim čimbenicima, koji utječu na usvajanje Ca, u istraživanjima je veća pozornost posvećena gnojidbi i utjecaju drugih biogenih elemenata, te utjecaju opterećenja rodnom. Rezultati istraživanja utjecaja gnojidbe na razinu koncentracije Ca za šljivu nisu sasvim konzistentni, ali se ukazuje na pozitivnu interakciju između usvajanja N i usvajanja Ca, Mg, B i Zn (Westwood, 1993), te pozitivnu korelaciju između usvajanja Ca i Mg ili B (Westwood, 1993). Nadalje, pozitivna korelacija utvrđena je između koncentracije N i koncentracije Ca, Mg, i K u listu šljive (Stoilov i Vitanova, 1979). Na signifikantnu korelaciju između priroda i koncentracije N, K i Ca u listu šljive ukazuju istraživanja Makosza et al. (1979). Vitanova (1982) je utvrdila veću koncentraciju N i P, a nižu K, Ca i Mg u lišću mladih nerodnih stabala šljive. Do sličnih podataka došli su i Weinbaum et al. (1994) koji su utvrdili višu razinu koncentracije N, Ca, Mg, Mn i Zn u lišću rodni stabala šljive u odnosu na stabla s kojih je plod odstranjen.

U ovom radu pozornost smo posvetili sezonskim promjenama koncentracije Ca u pojedinim dijelovima rodni izbojaka šljive Bistrice, te mogućem utjecaju sustava održavanja voćaka na razinu koncentracije Ca.

MATERIJAL I METODE RADA

U voćnjaku koji je duži niz godina ekstenzivno održavan obavljena su istraživanja sa sortom Bisticom (*Prunus domestica* L.), posađenom na razmaku 5 x 6 m, u punoj rodnosti (stabla stara 17 godina). Voćnjak je posađen na tlu koje prema fizikalnim i kemijskim osobinama pripada skupini manje prikladnih za intenzivan uzgoj voćaka. Fizikalne i kemijske osobine tla u voćnjaku opisane su u ranije objavljenim radovima (Čmelik, 1997, 1998).

Pokus je postavljen po metodi randomiziranog bloka u tri ponavljanja s po 20 stabala slične bujnosti. U pokusu su bile dvije varijante: 1) kontrola, koja je ustvari činila nastavak ranijeg ekstenzivnog sustava održavanja – trava u voćnjaku se kosi, a u krošnji se pomotehnički zahvati ne primjenjuju i 2) poboljšani sustav održavanja. U varijanti poboljšani sustav održavanja u prvoj godini

obavljeno je prorjeđivanje krošnje rezidbom suvišnih skeletnih grana, gnojenje stajskim gnojivom (33 t/ha) i NPK gnojivom (66 kg N, 200 kg P i 133 kg K/ha), oranje i freziranje tla poslije gnojidbe. Nakon cvatnje voćke su prihranjene s 54 kg N/ha (KAN). Tlo ispod voćaka održavano je bez biljnog pokrivača. Tijekom druge i treće godine primijenjeni su isti zahvati uz ispuštanje gnojidbe stajskim gnojivom, a rezidba se sastojala samo od prorjeđivanja rodničkih izbojaka.

Analizirani su vršni rodni izbojci. Uzorci su uzimani 12 puta tijekom godine u obadviije varijante istovremeno. Sa svakog stabla uzimano je 3-5 izbojaka. Uzorci su uzimani u sljedećim etapama razvoja i fenofazama: vidljive stanice tapetuma s dvije jezgre u anterama, povećane materinske stanice polena, tetrade, zelene glavice, bijele glavice, puna cvatnja, prestanak rasta u dužinu vršnih mladica, očvršćivanje koštice ploda, početak diferenciranja cvjetne osi u generativnim pupovima, sazrijevanje plodova, početak otpadanja lišća (oko 15%) i u mirovanja (odmah nakon otpadanja lišća).

Uzorci su neposredno po donošenju u laboratorij oprani vodovodnom i destiliranom vodom i podijeljeni: a) do pune cvatnje na: drvo, koru, vegetativne i generativne pupove; b) poslije toga na rodne izbojke iz prethodne vegetacije, mladice i plodove. Prošlogodišnji izbojci podijeljeni su na drvo i koru, a mladice na drvo, koru, list - plojku i peteljke lista. Plod je analiziran čitav.

Koncentracija kalcija je utvrđena atomskom apsorpcijom spektrometrijom.

Rezultati su prikazani kao prosjek za dvije godine (druge i treće godine istraživanja). Rezultati za prvu godinu nisu uključeni jer je u toj godini kasni proljetni mraz oštetio cvjetove i u toj godini nije bilo roda.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

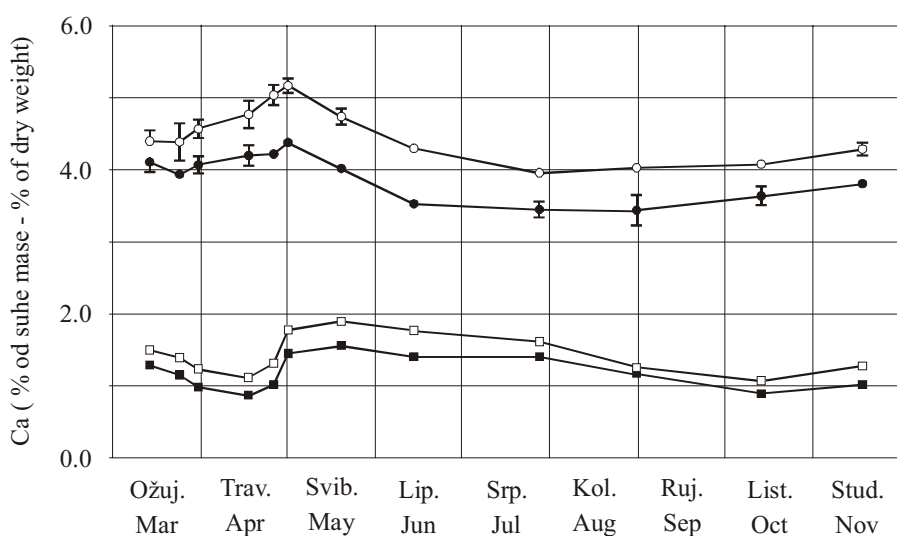
Sezonske promjene koncentracije kalcija u kori i drvu rodničkih izbojaka

Koncentracija kalcija u kori rodničkih izbojaka (Graf. 1.) od početka vegetacije postupno je rasla i dostigla najveću razinu u periodu pune cvatnje. Nakon toga uslijedilo je postupno smanjivanje koncentracije do sredine ljeta, da bi pred kraj vegetacije opet bio zabilježen manji porast koncentracije kalcija. Dinamika koncentracije kalcija u kori rodničkih izbojaka bila je vrlo slična u obadviije varijante, a razina koncentracije kalcija uvijek veća u kontrolnoj varijanti. U drvu rodničkih izbojaka (Graf. 1.) od perioda vidljivih stanica tapetuma u anterama do fenofaze zelena glavica koncentracija kalcija se neznatno smanjivala, a zatim naglo porasla tijekom cvatnje i intenzivnog rasta mladica. Nakon prestanka rasta u dužinu vršnih mladica i tijekom ljeta koncentracija Ca je bila stabilna, a zatim je utvrđen manji pad do otpadanja lišća. Kretanje koncentracije kalcija pratilo je sličnu tendenciju u obadviije varijante, a razina koncentracije je u kontrolnoj varijanti bila malo veća.

Koncentracija Ca bila je značajno veća u kori u odnosu na drvo rodničkih izbojaka.

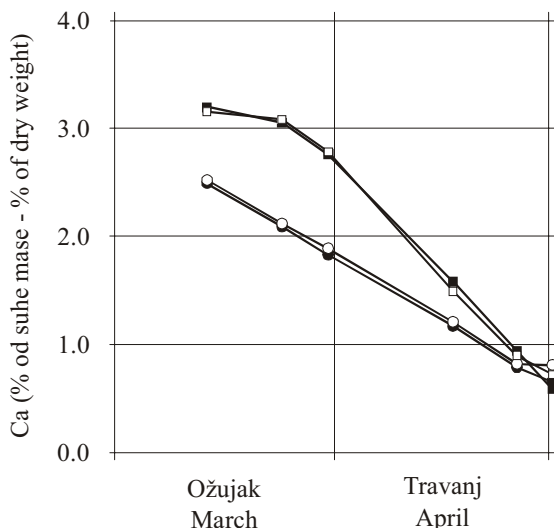
Sezonske promjene koncentracije kalcija u vegetativnim i generativnim pupovima

Koncentracija kalcija u vegetativnim i generativnim pupovima se tijekom procesa mikrosporogeneze i cvatnje smanjivala (Graf. 2.). U generativnim pupovima koncentracija Ca se od perioda vidljivih stanica tapetuma u anterama do pune cvatnje proporcionalno, praktično pravocrtno smanjivala. U vegetativnim pupovima nagli pad koncentracije Ca uslijedio je nešto kasnije, tj. od perioda povećanih materinskih stanica polena do pune cvatnje. Koncentracija Ca je u vegetativnim pupovima



Graf 1. Sezonske promjene koncentracije Ca u drvu i kori rodničkih izbojaka kora (○kontrola, ●poboljšani sustav održavanja); drvo (□kontrola, ■poboljšani sustav održavanja)
Graph 1. Seasonal changes of Ca concentration in bark and wood tissue of fertile twigs bark (○control, ●improved management); wood (□control, ■improved management)

bila značajno veća sve do fenofaze bijela glavica i puna cvatnja kada se izjednačila s koncentracijom Ca u generativnim pupovima. Razlike među varijantama pokusa nisu bile značajne.

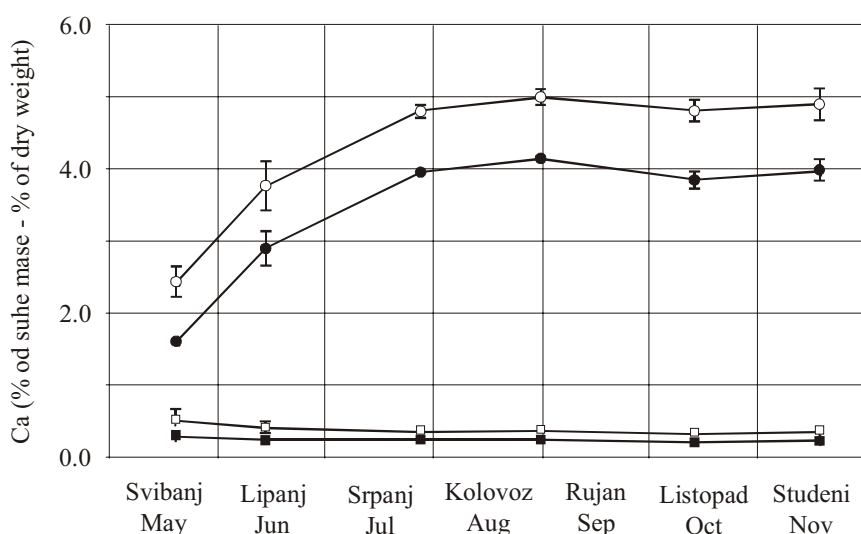


Graf 2. Sezonske promjene koncentracije Ca u generativnim i vegetativnim pupovima: generativni (○kontrola, ●poboljšani sustav održavanja); vegetativni (□kontrola, ■poboljšani sustav održavanja)

Graph 2. Seasonal changes of Ca concentration in generative and vegetative buds: gen. bud (○control, ●improved management); veg. bud (□control, ■improved management)

Sezonske promjene koncentracije kalcija u kori i drvu mladica

Koncentracija kalcija u kori mladica (Graf. 3.) bila je najmanja u periodu prestanka njihovog rasta u dužinu,



Graf 3. Sezonske promjene koncentracije Ca u drvu i kori mladica: kora (○kontrola, ●poboljšani sustav održavanja); drvo (□kontrola, ■poboljšani sustav održavanja)

Graph 3. Seasonal changes of Ca concentration in bark and wood tissue of shoot: bark (○control, ●improved management); wood (□control, ■improved management)

zatim je uslijedio postupni rast do perioda sazrijevanja plodova, a potom do otpadanja listova koncentracija kalcija nije se značajno mijenjala. Razina koncentracije Ca u kontrolnoj varijanti bila je značajno veća.

U drvu mladica (Graf. 3.) nije uočena jasna dinamika koncentracije kalcija. Razlike među varijantama pokusa u odnosu na koncentraciju Ca u drvu mladica nisu bile značajne.

Sezonske promjene koncentracije kalcija u listu

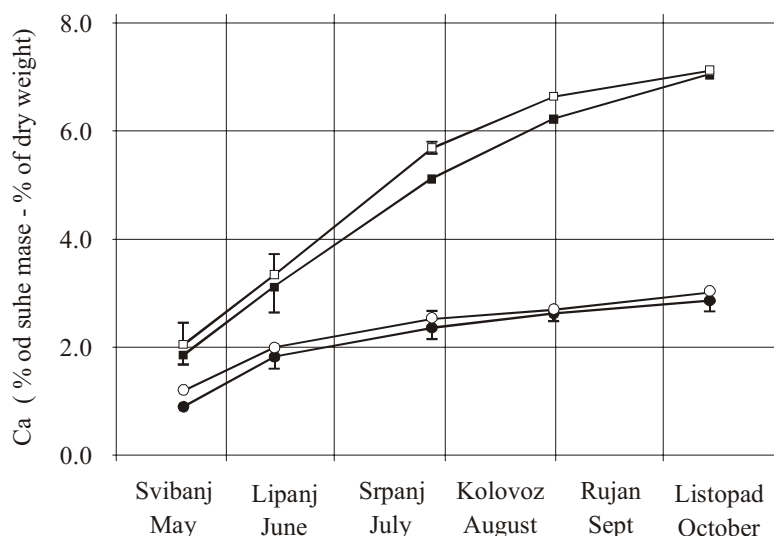
U plojci lista koncentracija kalcija (Graf. 4.) bila je najmanja u periodu prestanka rasta u dužinu mladica, nakon čega je zabilježen jači rast do razdoblja očvršćivanja koštica ploda, a nakon toga koncentracije je postupno rasla sve do otpadanja lišća. Razina koncentracije kalcija u plojci lista obadvije varijante bila je vrlo slična.

U peteljka lišća (Graf. 4.) koncentracija kalcija je od perioda prestanka rasta vršnih mladica do sazrijevanja plodova proporcionalno rasla, a zatim postupno rasla do otpadanja lišća. Razina koncentracije kalcija u peteljka lišća kontrolne varijante je bila malo veća.

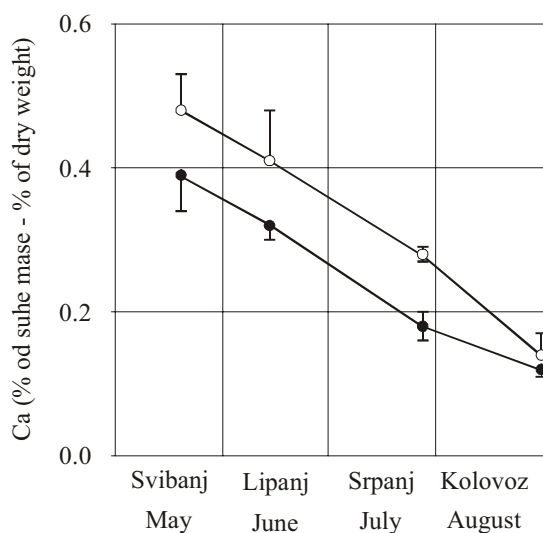
Koncentracija Ca bila je značajno veća u peteljci nego u plojci lista.

Sezonske promjene koncentracije kalcija u plodovima

U plodovima (Graf. 5.) je koncentracija kalcija u razdoblju od završetka rasta mladica u dužinu tijekom svih faza rasta ploda sve do sazrijevanja proporcionalno, praktično pravocrtno, opadala. Veća koncentracija kalcija utvrđena je u plodovima kontrolne varijante u prvoj i drugoj fazi rasta ploda, ali je u periodu dozrijevanja ploda razlika među varijantama pokusa bila minimalna.



Graf 4. Sezonske promjene koncentracije Ca u listu: plojka (○kontrola, ●poboljšani sustav održavanja); peteljka (□kontrola, ■poboljšani sustav održavanja)
Graph 4. Seasonal changes of Ca concentration in leaves: leaf blade (○control, ●improved management); leaf petiole (□control, ■improved management)



Graf 5. Sezonske promjene koncentracije Ca u plodu: (○kontrola, ●poboljšani sustav održavanja)
Graph 5. Seasonal changes of Ca concentration in plum fruits (○control, ●improved management)

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Sezonska dinamika koncentracije Ca u pojedinim dijelovima rodni izbojaka šljive Bistrice bila je specifična, a u usporedbi s dinamikom N i K (Čmelik, 1997, 1998) u nekim organima i bitno različita. Očitovanje specifične dinamike koncentracije Ca usko je povezano s dinamikom rasta pojedinih organa, te s različitim pokretljivošću Ca u ksilemskom i floemskom provodnom sustavu. Naime, poznato je da organi koji intenzivno rastu predstavljaju jake akceptore za mineralne tvari i fotoasimilate. Pri tom je važno imati u vidu da dolazi do zastoja rasta korijena u vrijeme intenzivnog rasta mladica (Head, 1967; Williamson i

Coston, 1989) i plodova (Hansen, 1980; Williamson i Coston, 1989), što može izazvati promjene u apsorpciji hraniva. Primarno se distribucija Ca i drugih mineralnih elemenata odvija kroz ksilem s kretanjem vode u transpiracionom strujanju. Zbog toga mineralni sastav lišća, cvjetova i mladih plodova tijekom prve faze rasta ploda (do završetka diobe stanica u plodu) ovisi o primarnoj distribuciji. Međutim, kada se u plodovima počnu nakupljati pričuvne tvari (tijekom druge i treće faze rasta ploda) dolazi do promjene dotoka vode i mineralnih tvari s pretežno ksilemskog na pretežno floemski. Budući da je mobilnost Ca u floemu mala (Wiersum, 1979), tkiva koja se na ovaj način opskrbljuju obično imaju nisku razinu koncentracije Ca. Slaba pokretljivost Ca u procesima sekundarne translokacije eksperimentalno je dokazana za jabuku (Shear i Faust, 1970; Millikan, 1971; Stebbins i Dewey, 1972; Van Goor i Van Lune, 1980 i dr.) i šljivu (Čmelik et al., 1986).

U našim istraživanjima utvrđeno je opadanje koncentracije Ca u vegetativnim i generativnim pupovima od početka vegetacije do pune cvatnje, te u plodovima tijekom sve tri faze rasta ploda. Dok se pad koncentracije Ca u plodu može objasniti slabom pokretljivošću Ca u redistribuciji i razrjeđenjem izazvanim nakupljanjem organske tvari, opadanje koncentracije Ca u vegetativnim i generativnim pupovima primarno je posljedica razrjeđenja zbog intenzivnog rasta. Naši rezultati nisu suglasni s podacima Cuttinga et al. (1991) koji ukazuju na povećanu koncentraciju Ca u ksilemskom soku neposredno nakon bubrenja pupova.

U lišću i kori mladica utvrđen je rast koncentracije Ca tijekom vegetacije. Dobiveni rezultati suglasni su s podacima drugih istraživača (Vitanova, 1982; Hudská i Kloutvorová, 1983; Čmelik et al., 1986; Sánchez-Alfonso i Lachica, 1987; Milošević, 1991). Međutim, nalaze

drugih istraživača o pozitivnoj korelaciji između koncentracije N i Ca u listu (Stoilov i Vitanova, 1979; Westwood, 1993), te podataka da lišće sa stabala bez plodova ima nižu razinu Ca (Vitanova, 1982; Weinbaum et al., 1994) naša istraživanja nisu potvrdila jer nisu utvrđene statistički opravdane razlike između koncentracije Ca u lišću kontrolnih stabala, dakle onih koja su očitovala karakteristike alternativne rodosti, i stabala u poboljšanom sustavu uzgoja koja su redovito rodila. Nasuprot tome, u kori mladica i rodnih izbojaka kontrolne varijante utvrđena je značajno veća koncentracija Ca, ali se ne može pouzdano tvrditi što je uzrok ovoj pojavi.

U drvu rodnih izbojaka od početka mikrosporogeneze do fenofaze zelena glavica koncentracija Ca je postupno opadala, a zatim u cvatnji značajno porasla i na toj se razini održala sve do sazrijevanja plodova. Početni pad koncentracije Ca vjerojatno je posljedica mobilizacije pričuvnog Ca na što ukazuju i istraživanja Wieneckea i Fūra (1973, cit. Faust, 1989). Za razliku od drva, u kori rodnih izbojaka od početka mikrosporogeneze do pune cvatnje koncentracija Ca je postupno rasla, a zatim do očvršćivanja endokarpa ploda opadala i dalje se nije bitno mijenjala. Različita sezonska dinamika koncentracije Ca u drvu i kori rodnih izbojaka prvenstveno je posljedica različite mobilnosti Ca u ksilemu i floemu što je eksperimentalno dokazano u brojnim istraživanjima.

LITERATURA

- Al-Ami A.M., Richardson D.G. (1987). Relation between calcium concentration, respiration, respiratory control ratio and ADP/O ratio of mitochondria isolated from normal and corkspotted 'Anjou' pear fruit. *Arab.Gulf J.Sci.Res.* 5: 1-11.
- Bangerth F., Dilley D.R., Dewey D.H. (1972). Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 97: 679-682.
- Cocucci S., Abruzzese A., Rizzi E., Mignani I., Poma Treccani C. (1990). Fruit development, calcium level and bitter pit in apple. *Adv.Hort.Sci.* 4: 147-160.
- Cutting J.G.M., Strydom D.K., Jacobs G., Bellstedt D.U., Van Der Merwe K.J., Weiler E.W. (1991). Changes in xylem constituents in response to rest-breaking agents applied to apple before budbreak. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 116: 680-683.
- Čmelik Z., Bašović M., Mičić N., Prica V. (1986). Redistribucija Ca, Mg, K, Mn i Zn u šljivi požegači. *Jug. voćarstvo* 20:493-498.
- Čmelik Z. (1997). Seasonal changes in nitrogen concentration of bearing plum shoots. *Acta Horticulturae* 448:265-272.
- Čmelik Z. (1998). Sezonske promjene koncentracije kalija u rodnim izbojcima šljive. *Poljoprivredna znanstvena smotra* 63: 243-250.
- Faust M. (1989). *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees.* John Wiley & Sons, New York.
- Faust M., Shear C.B. (1972). The effect of calcium on respiration of apples. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 97: 437-439.
- Ferguson I.B., Drobak B.K. (1988). Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *HortSci.* 23: 262-266.
- Hansen P. (1980). Crop load and nutrient translocation. In: *Mineral nutrition of fruit trees* (D. Atkinson, J.E Jackson, R.O. Sharples, W.M. Wailer, eds), Butterworths, Boston. pp. 201-212.
- Head G.C. (1967). Effects of seasonal changes in shoot growth on the amount of unsuberized root on apple and plum trees. *J.Hort.Sci.* 42: 169-180.
- Hudská G., Kloutvorová L. (1983). Zmeny v obsahu prvků v listech slyvoní během vegetace a stanovení normativu živin. *Sborník UVTIZ, Zahradnictví* 10:263-273.
- Joubert M.E., Kotzé W.A.G. (1989). Effect of calcium sprays on the incidence of internal breakdown in Songold plum. *Decid.Fruit Grow.* 39: 475-476.
- Makosz E., Kłossowski W., Holewińska A. (1979). Wzrost i owocowanie dwóch odmian śliw w różnych warunkach uprawy gleby i nawożenia. *Prace Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach* 21:49-62.
- Marschner H., Ossenbergh-Neuhaus H. (1977). Effect of 2, 3, 5 tri iodobenzoic acid (TIBA) on calcium transport and cation exchange capacity in sunflowers. *Z. Pflanzenphysiologie* 85: 29-44.
- Mason A.C., Whitfield A.B. (1960). Seasonal changes in the uptake and distribution of mineral elements in apple trees. *J.Hort.Sci.* 35:34-55.
- Millikan C.R. (1971). Mid-season movement of ⁴⁵Ca in apple trees. *Aust.J.Agric.Res.* 22: 923-930.
- Milošević T. (1991). Uticaj podloge na dinamiku sadržaja mineralnih i organskih materija u nekim vegetativnim i reproduktivnim organima šljive. *Doktorska disertacija* (Dr. sci.). Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1991. 211 p.
- Pooviah B.W. (1988). Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *HortSci.* 23: 267-271.
- Sánchez-Alfonso F., Lachica M. (1987). Seasonal trends in the elemental content of plum leaves. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 18:31-43.
- Shear C.B., Faust M. (1970). Calcium transport in apple trees. *Plant Physiol.* 45: 406-418.
- Stebbins R.L., Dewey D.H. (1972). Role of transpiration and phloem transport in accumulation of ⁴⁵Ca in leaves of young apple trees. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 97: 471-474.
- Stoilov G., Vitanova I. (1979). Proučvanija v"rkhu mineralnoto khranene na sort Kyustendilska sinya sliva pri usloviyata na s" dov opit, 1: Zavisimost mezhdu nivoto na mineralnoto khranene i s"d" rzhaniето na azot i pepelni elementi v listata. *Gradinarska i Lozarska Nauka* 16:19-27.
- Van Goor B.J., Van Lune P. (1980). Redistribution of potassium, boron, iron, magnesium, and calcium in apple trees determined by an indirect method. *Physiol.Plant.* 48: 21-26.
- Vang-Petersen O. (1980). Calcium nutrition of apple trees. A review. *Sci.Hort.* 12: 1-9.

- Vitanova I. (1982). Izsledvaniya v"rkhu prilozhenieto na listnata diagnostika za opredelyane toropotrebността ve slivovoto proizvodstvo. Pochvoznanie i Agrokimiya 17:41-47.
- Weinbaum S.A., Niederholzer F.J.A., Poncher S., Rosecrance R.C., Carlson R.M., Whittlesey A.C., Muraoka T.T. (1994). Nutrient uptake by cropping and defruited field grown 'French' prune trees. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 119: 925-930.
- Westwood M.N. (1993). Temperate-zone pomology. W.H. Freeman & Co., San Francisco.
- Wiersum L.K. (1966). Calcium content of fruits and storage tissues in relation to the mode of water supply. Acta Bot.Neer. 15: 406-418.
- Wiersum L.K. (1979). Calcium content of the phloem sap in relation to the Ca status of the plant. Acta Bot.Neer. 28: 221-224.
- Williamson J.G., Coston D.C. (1989). The relationship among root growth, shoot growth, and fruit growth of peach. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 114: 180-183.
- Wooldridge J., Joubert M.E., Kotzé W.A.G. (1997). Control of bitter pit in apple and internal breakdown in plum using an organically complexed calcium carrier(Calimax). Acta Hort. 448: 351-357.

acs65_10