

Poroč. Vzhodnoalp.-dinar. dr. preuč. veget. 14
 Mitteil. Ostalp.-dinar. Ges. Vegetationsk. 14
 Comun. Soc. stud. veget. Alp. orient. dinar. 14

Ljubljana 1978

REAKCIJA BILNOG SVIJETA NA PODLOGU SERPENTINA KAO NAJNEPOVOLJNIJEM STANIŠTU

Hilda RITTER-STUDNIČKA

Medju supstratima, koje biljnom svijetu pružaju nepovoljne uslove za život, serpentini svakako zauzimaju prvo mjesto. »Serpentin« je općenito prihvaćen termin u ekologiji i biljnoj geografiji, ali ustvari se kod njega radi o peridotitu, koji je pod uticajem hidrotermalnih procesa manje ili više serpentinisani. Prema tome bi bilo pravilnije da se govori o peridotitskoj flori i vegetaciji.

Po njegovim osobinama, serpentini se bitno razlikuje od tako zvanog »Sial« sloja, koji najvećim dijelom izgrađuje površinu zemlje. Ali i medju magmatiskim stijenama zauzimaju serpentini posebno mjesto po surovosti staništa, jer one potječu iz najvećih dubina, iz kojih su usijane mase prodrle na zemljinu površinu.

U kemijskom pogledu su serpentini siromašni na mnogim važnim elementima za ishranu biljaka — prije svega na kalcijumu, zatim sadrže metale koji djeluju otrovno, kao nikalj, hrom i kobalt, a tako su i fizikalne osobine ovog supstrata vrlo nepovoljne; radi tamne boje, serpentinske stijene se brzo zagrijavaju po sunčanom vremenu, a njihovo trošenje se odvija vrlo sporo. Zato su zemljišta na ovoj podlozi većinom plitka, bogata skeletom i vrlo suha. U koliko je došlo do razvoja dubljih profila zemljišta, to se u njima stalno odigrava ispiranje baza, i uporedno sa ovim procesom naseljavaju se odgovarajuće acidofilne skupine biljaka. Na ovim staništima iščezle su sve osobine, tipične za matični substrat, zbog čega se naša izlaganja odnose samo na njih i njihovu vegetaciju.

Prirodno je, da se je pod ekstremnim uslovima na serpentinu mogao održati samo mali broj biljnih vrsta, jer današnji floristički sastav je posljedica dugotrajne selekcije, koja se odigravala u toku mnogih stoljeća. Zato je upoznavanje njegove flore, a naročito sa ekološkog gledišta od posebnog interesa, te se na cijelome svijetu, gdje se god serpentini pojavljuju, njihovom biljnom pokrovu posvećuje posebna pažnja.

Pored svih razlika, koje već iz biljnogeografskih razloga nužno postoje medju pojedinim serpentinskim nalazištima, raštrkana po tropskim, umjerenim i arktičkim oblastima svih kontinenata, ipak postoji i niz zajedničkih osobina, koje ih objedinjuju. One se ispoljavaju prije svega u slaboj pokrovnosti vegetacije i u velikim razlikama florističkog sastava prema susjednoj vegetaciji, tj. po neserpentinskim podlogama, tako da su serpentinski kompleksi već izdaleka vrlo uočljivi i upadljivi.

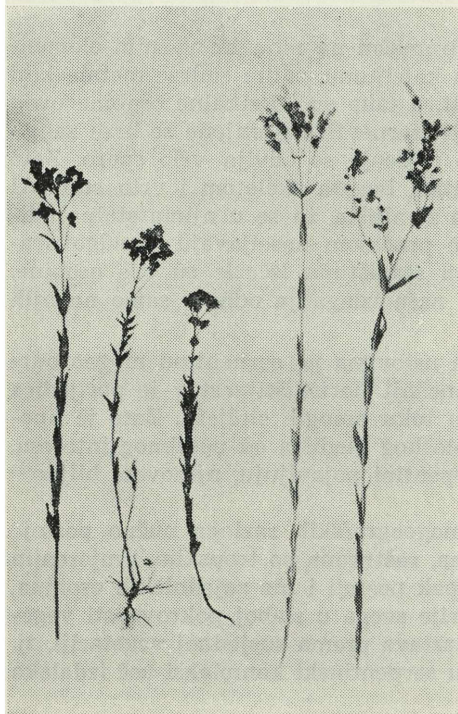
Biljne vrste ovog supstrata u raznoj su mjeri za njega vezane, na osnovu čega su bile svrstavane u različite kategorije. Ali za ispitivanje reagovanja biljaka skoro su od većeg značaja vrste koje se pojavljuju na različitim podlogama, jer se njihovom komparacijom tek mogu uočiti eventualno nastale razlike kao i način, na koji se one ispoljavaju.

Upoređivanjem habitusa istovjetnih vrsta biljaka sa serpentina i onih sa nerserpentinskih supstrata često se mogu primijetiti određene razlike, poznate kao serpentinomorfoze. Ali, pored ovih vanjskih, morfoloških razlika, zapažaju se i neke razlike u brzini odvijanja životnog ciklusa. Ovaj je često usporen na serpentinu, tako da su mnoge biljne vrste na krečnjacima već osušene i požutjele, dok su na serpentinu još u punome cvatu.

Ove pojave jasno ukazuju na razlike o reagovanju biljnih vrsta, te smo pokušavali da ih sa što većeg broja aspekata ispitujemo i upoznajemo.

U prvoj fazi istraživanja upoznate su sve biljne vrste, koje naseljavaju serpentiniska područja u Bosni, a njih ima mnogo. Za dalja, ekološka istraživanja uzete su u obzir samo one vrste koje su značajne za ovu podlogu, bilo da su na njoj pretežno rasprostranjene ili je naseljavaju u većem broju. Iz ove činjenice se može zaključiti da su se one prilagodile surovim uslovima ove sredine, ili su iz drugih nekih razloga sposobne da se u njoj uspješno održavaju.

Spomenuta istraživanja obuhvaćala su morfološko-anatomske razlike, kemijski sadržaj nekih važnih elemenata, i to u ćelijskom soku, kao i u pepelu biljaka, te utvrđivanje stepena kseromorfnosti i sukulentnosti.



Slika 1. *Hypericum barbatum*, lijevo sa serpentina, desno sa krečnjaka. Biljke sa krečnjaka su veće, lišće je kraće od internodija, cvast rastresita, bogatija cvjetovima, a biljke svjetle, žučkastozelene boje. Razlika u boji dolazi čas na slici do izražaja.

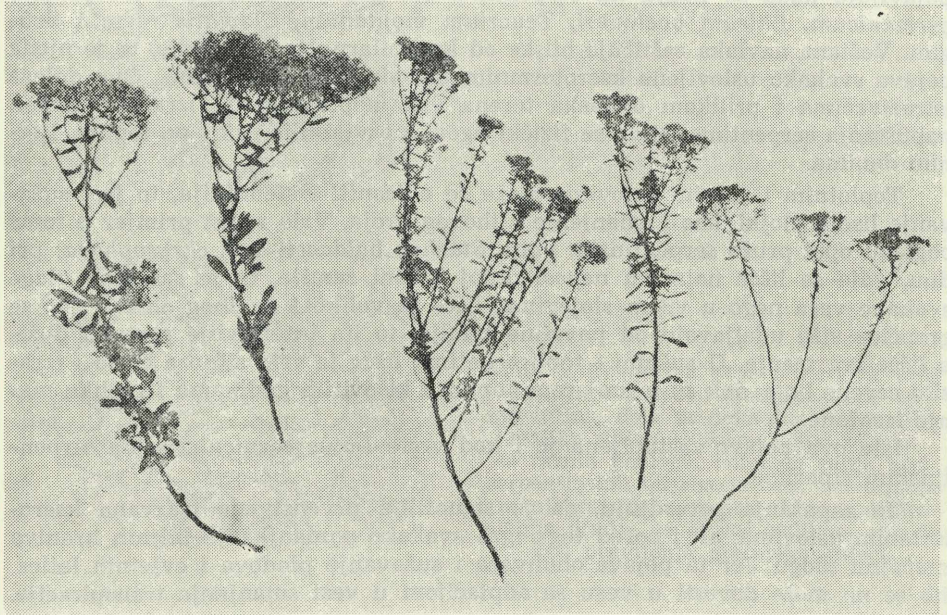
Primjerci sa serpentina su zbijeni, lišće je često duže od internodija, a boje su crvenkastomedje zbog čega su teško uočljivi na tamnim, serpentinским stijenama.

Upoređjujući morfološke osobine istih vrsta biljaka sa serpentina i sa ner-serpentinskih podloga, padaju u oči mnoge promjene u vanjskom izgledu. Po-rast biljaka na serpentinu često zaostaje po visini, lisne plojke im postanu uže, — pojava koja se često odražava i na kruničnim listovima kao i na plodovi-ma —, neke biljke su jako razgranate, a grančice su im često položene na zemlju ili su pri dnu savijene i tek se kasnije uspravljaju. Smanjenje maljavosti do potpunog gubitka dlačica je takodjer česta pojava, a neke vrste opet poprimaju na serpentinama plavkastu boju. Ova potječe od voštane navlake, a u koliko je dotična vrsta s njome po prirodi snabdjevena, to je intenzitet boje na serpentinu veći.

Skraćivanjem internodija postanu neke vrste zbijene. One su tada gusto obrasle lišćem a porast je umanjen. Kod drugih dolazi opet do znatnog izdu-živanja internodija. Njihovo lišće je usko i sitno, tako da cijela biljka dobija metličast izgled.

Pored ovih serpentinomorfoza, poznatih pod nazivima nanizam, plagiotro-pizam, glaukescencija, stenofilija i glabrescencija, mogu se kod nekih vrsta zapaziti i zadebljanja lisnih plojki, — kao i promjena boje. Dok krunični li-stovi postaju svjetliji, šare po njima mogu i potpuno nestati, a lišće i posebno stabljike poprimaju crvenu boju.

Cjelokupna vegetacija na serpentinu je tamnozeleno boje i tmurnog izgle-da. Ta razlika u boji toliko je očita, da prilikom napuštanja serpentina sama



Slika 2. *Alyssum murale*, dva primjerka lijevo sa krečnjaka, ostalo sa serpentina.

Primjerci sa krečnjaka su uspravnog i snažnog porasta, lišće je veće i deblje, a stabljike se granaju tek u zoni cvata. Na serpentinu su biljke slabijeg razvoja u svim dijelovima, lišće je usko a zaostaje i po dužini za onima sa krečnjaka. Stabljike na serpentinu su ljubičasto-crvene boje, što na slici naravno nije uočljivo.

vegetacija na neserpentinskoj podlozi upozorava svojom vedrom, žučkasto-zelenom bojom na ovu činjenicu.

U pogledu gubitka dlakavosti to se u jednoj te istoj populaciji mogu primijetiti svemogućí prelazi do potpunog ogoličenja lišća, stabljika ili plodova. Lišće tada postane vrlo sjajno. Ova pojava je naročito upadljiva na populaciji vrste *Stachys recta* subsp. *baldaccii* var. *chrysophaea*, te se na njoj može i lako pratiti.

Ali i same dlačice podliježu promjenama. Kod vrste *Alyssum murale*, na primjer, degenerišu te su često nepravilnog oblika, a na lišću vrste *Potentilla tommasiniana* one postanu kraće i tanje. Kod vrste *Astragalus onobrychis* var. *chlorocarpus* odražavaju se promjene u anatomskoj gradnji dlačica na biljkama sa serpentina u smanjenju veličine ćelije, u debljini membrana i u slabije izgradjenim bazalnim ćelijama pri dnu dlačica.

Česta pojava biljnih vrsta na serpentinu, da su snabdjevena voštanom navlakom, već upućuje na to, da im je ona od koristi na spomenutom substratu. Tu postane plava boja često posebno intenzivna, što ukazuje na veću debljinu navlake. Eksperimentalnim uzgojem vrste *Cardamine glauca* pod različitim uslovima toplote i vlage pokazalo se da je intenzitet boje u toliko veći, što je stanište suvlje i toplije. Da su ove razlike uslovljene debljinom navlake, dokazalo se sušenjem odrezanih grančica: tok isušivanja odvijao se sve sporije što god je voštana navlaka bila deblja, odnosno boja intenzivnija.

Ali i na vrstama, na kojima ova navlaka normalno ne postoji, često se pojavljuje kada se nadju na serpentinu. Na primjer kod vrste *Dorycnium germanicum*, *Phleum boehmeri*, *Teucrium montanum*, *Clematis recta* i drugim. Voštana navlaka zaštićuje biljke od kutikularne transpiracije, te je njena pojava svakako uslovljena kserotermnim uslovima na serpentinu. Ove dolaze istraživačima i prilikom obilaska terena vrlo neprijatno do izražaja: nakon napuštanja serpentina osjeća se fizički ugodno osvježanje čak i po toplim, ljetnim danima.

Toplotnim i sušnim uslovima može se objasniti i stenofilija, to jest sužavanje lisnih plojki, kao i smanjenje njihovog broja. Vrlo zoran primjer u tome pogledu opet pruža serpentinska vrsta *Stachys baldaccii* var. *chrysophaea*: pri dnu, gdje se lišće nalazi u neposrednoj blizini zemlje, te je sadržina vlage svakako veća nego u višim slojevima, lišće je veliko i ovalnog oblika. Što se grančice više udaljavaju od površine zemlje, to im internodije postanu duže, a lišće sve manje. U sušnim i toplim ljetima lišće je vrlo sitno a često i izrazito crvene boje, dok su u umjereno toplim i kišovitim godinama i razlike manje izražane.

Ista ova pojava zastupljena je i kod vrste *Lotus corniculatus* na serpentskim siparima.

Ta zapažanja potvrđuju, da je stenofilija prvenstveno izazvana kserotermnim uslovima, ali i pored toga igra svakako pomanjkanje biljnih hraniva značajnu ulogu. Jer ta pojava obuhvaća i sužavanje plodova i cvjetnih latica, što se ne može dovesti u vezu sa adaptacijom u vezi smanjenja transpiracije.

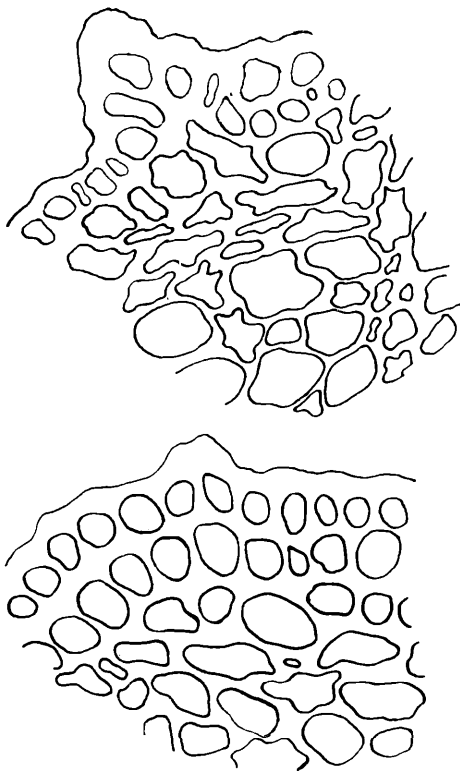
Smanjenje dlakavosti sigurno je izazvana slabijom ishranom, a posebno slabiji razvoj samih trihoma. Ovom faktoru se nadalje može pripisati nanizam kao i plagiotropizam.

Uporedna anatomska istraživanja biljaka sa serpentina i sa neserpentinskih podloga su pokazala, da je kod prvih mehaničko tkivo u cjelini slabije

razvijeno: kolenhim u brodovima stabljika kao i sklerenhimske kape slabije su razvijene i njihove ćelije su manje zadebljane. Ksilanski prsten je u cjelini znatno uži, a lumen ćelija veći su kod serpentinских biljaka u svim navedenim tkivima. I u tkivu epidermisa su zadebljanja bočnih membrana slabije razvijena.

Veća nježnost tkiva kod biljaka sa serpentina već dolazi do izražaja kod obrade presjeka za anatomsku istraživanja: tkivo se lako gnječi i lomi, a pukotine kroz srednje lamele mogu zahvatiti čitav niz ćelija. Takve deformacije se nikada ne pojavljuju u tkivu biljaka sa neserpentinskih podloga.

Imajući u vidu slabiji razvoj mehaničkog tkiva, kao i znatno povećani lumen mnogobrojnih ćelija, postane razumljivo da biljke sa serpentina ne mogu biti snažne i uspravne kao one sa »zdravih«, hranivima dobro opskrbljenih podloga, već da su često mlitave, savijene, položene na zemlju i da zaostaju u porastu.



Slika 3. *Centaurea deusta*. Presjek kroz kolenhim u rebru stabljike, gore sa serpentina, dole sa dolomita. Anatomske razlike stalno se susreću kod biljaka sa raznih podloga: volumen ćelija kod serpentinских biljaka je veći, zadebljanja manje razvijena, te je i tkivo općenito slabije gradnje, te se već prilikom obrade kod pravljenja presejeka gnječi.

Ovi rezultati isprva su iznenadili, jer se očekivalo suprotno reagovanje biljaka, to jest u smjeru povećavanja kseromorfnosti; kod ove pojave došlo bi između ostalog do povećavanja količine sirovog vlakna, kao i pepela kod biljaka na serpentinu. Analize, međutim, dale su upravo suprotne rezultate, što je posljedica neočekivane anatomske gradnje.

Pojava povećanih lumena ćelija vrlo je upadljiva, ali ona nije ograničena na mehaničko tkivo, već je vrlo česta, a može se reći redovna pojava kod epidermisa i hlarenhima, to jest tkiva sastavljenog od ćelija tankih membrana. Povećavanje ovih ćelija ide na račun širine, dok se dužina bitno ne mijenja. Njihove membrane manje su valovite, te im oblik postaje okruglast.

Iz ove pojave se može zaključiti, da biljke na serpentinu sadrže veće količine ćelijskog soka, i da je prema tome kod njih došlo do povećavanja stepena sukulenosti i to u klasičnom smislu.

Direktnim mjerenjem iscijedjenog soka se pokazalo, da većina biljnih vrsta sa serpentina sadrže stvarno veće količine soka u odnosu na primjerke sa drugih podloga. Ta osobina je svakako od velikog značaja za biljke na serpentinu, jer kada raspolažu većim količinama vlage, lakše mogu i prebroditi ljetne suše i vrućine.

Prema novijim shvaćanjima, koja počivaju uglavnom na istraživanjima Mothes-a (MOTHES 1932), podrazumijeva se pod sukulennošću i određena anatomska gradnja; ova nastaje pod uticajem ishrane biljaka i to onda, kada se u ćelijama povećavaju koncentracije soli. Ta sukulenost podudara se u mnogim crtama sa razlikama, ustanovljenim u anatomske gradje biljaka sa serpentina: u već spomenutom povećavanju ćelija na račun širine, u znatnom smanjenju valovitosti bočnih membrana, u zadebljanju lista i u promjenama njegove strukture. Ova se uglavnom odnosi na sužavanje i izdužavanje ćelija u palisadnom tkivu, koje se često još i povećava za jedan sloj ćelija. Stvarno se kod nekih vrsta biljaka na serpentinima već prostim okom može primijetiti da je njihovo lišće postalo deblje i sočnije; — na primjer kod vrste *Lotus corniculatus* f. *serpentina* i *Silene willdenowii* var. *serpentina*, dok kod varijeteta *Leucanthemum maximum* var. *crassifolium* već samo ime upućuje na spomenuto svojstvo.

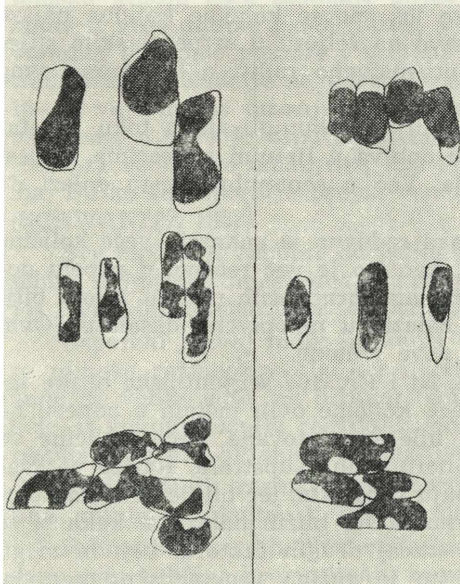
Strukturna sukulenost proizašla je prema Mothesu pod uticajem povećavanja koncentracije soli u ćelijama, te ako je ovaj faktor odgovoran i za iste promjene kod serpentskih biljaka, onda je i kod njih moralo doći do smanjenja broja stoma na jedinicu površine epidermisa na listu, do povećavanja viskoznosti plazme i do povećavanja osmotskog pritiska u ćelijskom soku.

Ispitivanjem odgovarajućeg tkiva kod većeg broja biljnih vrsta stvarno je utvrđeno smanjenje broja stoma, kao što i viskoznost plazme govori u prilog strukturne sukulenosti. Ova je bila određivana kod vrste *Satureja thymifolia* na tkivu prirodno obojenom antocijanom. Razlike su bile vrlo izrazite u pogledu trajanja plazmolize, dok su razlike u obliku bile manje uočljive (Slika broj 4).

Tačni i bolji podaci pružaju svakako vrijednosti osmotskog pritiska u ćelijskom soku. Osmotski pritisak je prema Welter-u vrlo osjetljiv indikator za stanje vode u biljci i zemljištu, i njegovo povećavanje ukazuje na narušavanje bilansa vode — to jest na smanjenje hidrature plazme, što ima za posljedicu usporavanje životnih procesa kod biljaka.

Osmotski pritisak bio je komparativno određivan na velikom broju biljaka sa serpentskih i neserpentskih podloga, a njihove vrijednosti stvarno su skoro redovno bile veće na serpentinu. Apsolutne vrijednosti kretale su se uglavnom između 10—17 atmosfera, dok su razlike između biljaka sa raznih podloga iznosile od 0,50 do 2 atmosfere. Te vrijednosti dobivene su u toku

posljednjih godina, kada su ljeta bila umjereno topla i vrlo kišovita, dok su vrijednosti ranijih istraživanja, izvršenih u toku vrlo toplog i suhog ljeta 1964. godine, kod istih vrsta biljaka bila za 10—15 atmosfera veća, ali razlike između primjeraka sa serpentina i neserpentinskih supstrata se nisu bitno razlikovale od današnjih, te su uglavnom ostala ista. Iz ovog bi se moglo zaključiti da su apsolutne vrijednosti uslovljene klimatskim prilikama, dok se razlike među primjercima sa raznih supstrata mogu pripisati razlikama u koncentraciji supstanci, otopljenih u njihovom soku.



Slika 4. Plazmoliza izvršena sa 0.7 molarnim rastvorom saharoze na epidermalnom tkivu, obojenim antocijanom, sa stabljike vrste *Satureja thymifolia*. Desno sa serpentina, lijevo sa dolomita. Gore nakon pola sata djelovanja plazmolitikuma, u sredini nakon sata a dole nakon sat i po trajanja plazmolize.

Nakon pola sata djelovanja plazmolitikuma bile su skoro sve ćelije kod neserpentinske biljke obuhvaćene plazmolizom, dok je isti stadij kod serpentinških biljaka bio postignut tek za 1 sat, tj. u dvostruko dužem vremenu.

Rješavanje ovog pitanja očekivalo se od kvalitativnih određivanja nekih elemenata, za koje se smatra da su od presudnog značaja za biljke na serpentinu.

U klasičnoj literaturi o serpentinškim biljkama većinom se susreće mišljenje da su za specifičnosti biljnog svijeta na serpentinu uglavnom odgovorne velike količine magnezija, čiji je odnos prema kalcijumu veći od 1 ($Mg : Ca = > 1$), dok bi ovaj odnos za normalan život biljaka trebao biti upravo obratan. Istraživanja ovog odnosa izvršena su u prošlosti na osnovu pepela biljaka. Ali u pepelu dolaze do izražaja svi sastojci, primljeni od biljaka u toku njihovog života. Mnogi od njih su ugrađeni u biljni organizam ili se u njemu nalaze u netopivom stanju, tako da više ne učestvuju u metabolizmu. Zato poznavanje otopljenih količina Ca i Mg u ćelijskom soku omogućuje daleko bolji uvid u gore spomenuti odnos, te se i pristupilo njihovom određivanju. Pri tome pokazala su se vrlo prikladne analitičke metode Kinzel-a, razradjenim na osnovu spoznaja ILJINA (KINZEL 1963). U sklopu ovih analiza određuju se, pored Ca i Mg, još i otopljeni i neotopljeni oksalati, kao i ukupne i slobodne kiseline.

Ustanovljene količine navedenih supstanci vrlo su različite kod pojedinih vrsta biljaka. Ali kod biljaka sa serpentina redovno su količine ukupnih kationa kao i kiselina veće, što objašnjava i veće vrijednosti osmotskog pritiska dobivene iz njihovog ćelijskog soka. Ukupne količine Ca + Mg redovno su veće kod serpentinskih biljaka i to zahvaljujući većem udjelu Mg. Izgleda, da postoji i određeno podudaranje između količina otopljenog Mg i ukupnih kiselina, te se dobiva utisak kao da visoki sadržaj Mg stimulira produkciju organskih kiselina u smislu odražavanja odgovarajuće ionske ravnoteže u ćelijama.

Upoređivanjem ustanovljenih količina otopljenih Ca + Mg su ukupnim količinama kationa jasno proizlazi, da se još znatne količine kationa nalaze u ćelijskom soku. Imajući u vidu bogatstvo na željezu u serpentinskim stijenama, može se pretpostaviti da će se prvenstveno raditi o kationima ovog metala.

Kako se pojedini kationi kod većine biljaka akumuliraju u toku vegetacije, to se prava slika o njihovom stanju dobiva u ljetnim mjesecima, to jest za vrijeme kulminacije njihovog razvoja. Već u septembru često dolazi do opadanja pojedinih sastojaka.

Određivanje Ca i Mg u pepelu biljaka redovno je pokazalo veće količine od onih, nadjenih u ćelijskom soku, jer, kao što je već rečeno, u pepelu dolaze do izražaja cjelokupne količine elemenata, primljenih u toku života biljke, a tako i sav kalcij koji se u njoj nalazio u netopivom oksalatu. Ovaj primjer najbolje dokumentira prednost nove metode.

Iz pepela određivane su nadalje Fe, Ni i Cr. Sve serpentinske biljke sadržale su od 2,3 pa do 40 i više puta veće količine ovih metala u odnosu na neserpentinske, ali i kod njih su češće bile konstatovane veće količine od onih općenito nadjenih kod biljaka sa »normalnih« supstrata. Razlog se svakako može tražiti u prostornoj blizini obaju supstrata, jer biljke za naša komparativna istraživanja uzimane su redovno sa što bližih nalazišta, kako bi se po mogućnosti što više uklonio mogući uticaj drugih faktora, koji bi mogli uplvisati na primanje kationa — kao što je dužina vegetacijskog perioda, toplota, oborine i drugo.

Prenošenje rastrošenog supstrata sa jednog lokaliteta na drugi je prema tome već mehaničkim putem lako moguće, ali je već i prilikom geneze tala moglo doći do obogaćivanja u pojedinim elementima. Krečnjaci se nalaze često u vidu manjih krpa na serpentinskim stijenama, a u istočnoj Bosni je sama vulkanska aktivnost morala biti vrlo bujna. Tamo se nalaze sve moguće eruptivne stijene u malim kompleksima jedne pored drugih, te su vjerovatno i tamošnji dolomiti još u toplim morima, prilikom zamjene kationa, poprimili razne elemente, koji im inače nedostaju.

Koja količina hroma i nikla se može smatrati toksičnim za razne vrste biljaka, nije poznato, jer ispitivanja u tome pogledu su se uglavnom ograničila na kulturne biljke, a ove su daleko više osjetljive od otpornih elemenata autohtone flore, a posebno od biljaka prilagodjenih na serpentin.

Naše serpentinske biljke su naročito bogate na željezu, čije količine daleko nadmašuju ne samo one od paralelnih primjeraka sa drugih supstrata, već i ona sa serpentinskih područja u drugim zemljama. Po velikim količinama željeza biljke sa bosanskih serpentina zauzimaju posebno mjesto u svijetu.

Koje se količine toga elementa kao i hroma i nikla nalaze otopljene u ćelijskom soku, nije poznato, jer su ova određivanja izvršena na pepelu biljaka.

Drugi način nije iz tehničkih razloga bio izvodljiv. Ali na osnovu kvalitativnog odredjivanja Fe, izvršenih na manjem broju biljnih vrsta moglo se konstatovati da postoje veće količine otopljenog željeza i u ćelijskom soku.

Iz svega rečenoga može se prema tome smatrati dokazanim, da je strukturna sukulentnost kod serpentinskih biljaka posljedica većih koncentracija kationa, kao i kiselina.

Povećavanje ćelija, odnosno strukturna sukulentnost pruža biljkama na serpentinu znatne prednosti u borbi za opstanak: voda je čvršće vezana u ćelijama, smanjenjem broja stoma bolje se reguliše transpiracija, a tako i anatomska gradnja lišća zaštićuje biljke od gubitka vlage i prodiranja sunčevih zraka u veće dubine lisnog tkiva, a time i od prevelikog zagrijavanja. Nekim vrstama pri tome pomaže i voštana navlaka, kojom se smanjuje kutikularna transpiracija. Nadalje se povećavanjem ćelija smanjuje ćelijski prostor za 15—20 %, čime se umanjuje i izmjena gasova i transpiracije. Dioba ćelija je usporena, a time je usporen metabolizam i rastenje, te biljke duže žive. Potreba za vodom je umanjena, kao i potreba za hranivima, naročito za nitrati-ma. Biljke su otpornije prema venenju te se bolje održavaju u aridnoj klimi (SCHWANITZ 1953).

Sve navedene osobine od velike su važnosti za biljke na serpentinu, a posebno u ljetnim mjesecima, kada, pored svih nepovoljnih prilika, podliježu još i velikim kolebanjima temperature.

Usporeni razvoj može biljkama na nepovoljnim staništima biti od koristi za njihovo razmnožavanje. Jer ukoliko se cvjetanje odvija u nepovoljno vrijeme, te velike suše, na primjer, ometaju razvoj plodova, to sljedeći cvjetovi, koje se znatno kasnije razvijaju, mogu naići na povoljniji period, tako da za rasplod dotičnih biljaka nije izgubljena cijela godina.

Iz navedenih razmatranja proizlazi, da je adaptacija biljaka na serpentinu prema sukulentnosti bio za njih u svakome pogledu najpovoljniji put.

Primanjem raznih elemenata mogu se objasniti i mnoge serpentinomorfoze: veće količine hroma imaju za posljedicu pojavu crvenog obojenja biljaka, dok se Fe kao i Ni pripisuje pak tamnozeleno boja lišća, nadalje i usporen porast, kao i zbijen habitus. I kod povećanog osmotskog pritiska može doći do usporavanja porasta i razvoja kod biljaka. Prema tome djeluje pojedini faktori u istome smjeru, te je prirodno da svi zajedno pogotovo mogu izazvati poznate nam promjene na biljkama.

Pri pojavi serpentinomorfoza, izgleda da na stepen njihovog razvoja i klima ima znatan uticaj, je je zapaženo da su utoliko više dosle do izražaja ukoliko je klima na dotičnom nalazištu suvlja i toplija.

Način ishrane je takodjer jedan od važnih faktora koji objašnjava dobro uspijevanje nekih vrsta biljaka na serpentinu. Već i ranije je bilo zapaženo da mnoge vrste, rasprostranjene na tome supstratu općenito izbjegavaju krečnjačke podloge. I hemijska istraživanja su potvrdila postojanje nekoliko grupa biljaka, čije se rasprostranjenje na serpentinu može objasniti fiziološkim osobinama dotičnih vrsta. Ovima pripadaju prije svega kalciofobne vrste u smislu ILJINA (KINZEL 1963). Pod ovima se ne podrazumijevaju toliko vrste koje izbjegavaju podloge bogatim na Ca, već fiziološki tipovi biljaka kojima Ca nije potreban. Primljene količine toga elementa prelaze u cjelini ili najvećim dijelom u netopive oksalate, čime su odstranjene iz metabolizma. Ovom tipu pripada serpentinfita *Stachys baldaccii* var. *chrysophaea*, kao i sve vrste

iz porodice *Caryophyllaceae*, što objašnjava znatnu zastupljenost njihovih predstavnika na serpentinu.

Neke vrste opet mogu selektivno primati pojedine elemente, kao na primjer *Euphorbia glabriflora* i *Artemisia alba* subsp. *lobelii*. Iako je kod primjeraka ovih vrsta sa serpentina količina Ca manja i Mg veća od one kod paralelnih vrsta sa drugih podloga, to uvijek postoji jedna određena izjednačenost između ovih elemenata i Mg nikada ne prelazi znatnije količine Ca. Kod vrste *Corydalis leiosperma*, koja tu sposobnost nema, količine Mg prelaze 7 puta onu od kalcija, te je vjerovatno upravo ta osobina razlog da ove vrste na serpentinu nema. Tu je biljka nadjena svega jednom i to u tako malom broju da je jedva bilo moguće izvršiti potrebne analize.

Neke vrste opet pripadaju grupi biljaka koje mogu podnijeti znatne količine teških metala u svom organizmu, — sposobnost, koja in olakšava opstanak na serpentinu. Njima pripada *Minuartia verna*, biljka općenito poznata po tome svojstvu, zatim *Gypsophila spergulifolia* var. *serbica*, *Silene nutans*, *Tunica saxifraga*, *Teucrium montanum*, *Potentilla tommasiniana*, *Sedum rupestre* subsp. *ochroleucum* i druge.

Nadalje postoje i fiziološki tipovi jedne vrste, koja inače izbjegava serpentin. Dobar primjer za ovu pojavu nam pruža *Satureja montana*, koja je vrlo rasprostranjena oko serpentinskih nalazišta u istočnoj Bosni, a da nikada ne prelazi na ovu podlogu. Njen varijetet, — var. *serpentinica* — vrlo je rasprostranjen na serpentinu u Albaniji, na kome je pronađen i u Bosni. Morfološke osobine, po kojima se serpentinski varijetet razlikuje od tipa, pripadaju u cjelosti serpentinomorfozama. Među njima vrlo je upadljiva purpurescencija — crveno obojenje biljke, koje zahvata i cvjetove.

Istraživanjima biljaka sa supstrata bogatih cinkom je utvrđeno, da one mogu izdržati 10 do 100 puta veću koncentraciju toga elementa kada sadrže i antocijan (RÜTHER 1967). Ovo jedinjenje prema tome povećava otpornost biljaka, te je vrlo vjerovatno da se kod purpurescentnih primjeraka na serpentinu radi o istoj pojavi.

Možda najveći broj biljaka na serpentinu zadovoljava se malim količinama Ca. Ovoj grupi pripada i većina serpentinofita, to jest vrsta specijalizovanih za ovaj supstrat. Ali i mnoge indiferentne vrste se odlikuju tim svojstvom, kao na primjer *Galium mollugo*, *Polygala supina*, *Scabiosa leucophylla*, *Teucrium montanum* i *Dorycnium germanicum*. Naročito posljednje tri vrste vrlo su rasprostranjene na serpentinu, ali kada rastu na krečnjacima, onda crpu znatno veće količine Ca iz ove podloge nego na serpentinima.

Ali i među pravim serpentinofitima postoje izrazito calciotrofne vrste, kao na primjer *Astragalus onobrychis* var. *chlorocarpus*, dok je u tome pogledu posebno interesantna dvogodišnja vrsta *Scrophularia tristis*, jer ona nije nikada, pa ni izuzetno, nadjena na neserpentinskom supstratu. Već u prvoj godini, kada je živjela svega nekoliko mjeseci, sadržala je znatne količine Ca.

Izrazito calciotrofnim vrstama pripada i *Alyssum murale*, koja je doduše indiferentna vrsta, ali je u tolikoj mjeri rasprostranjena na serpentinu, da se smatra vodećom biljkom na serpentinskim nalazištima Balkanskog poluostrva.

Razlozi za uspješan opstanak bilnih vrsta na serpentinu su prema tome vrlo različiti, ali najvažnijim faktorima svakako pripada fiziološka konstitucija pojedinih vrsta, kao i adaptacija, koja se odvijala u pravcu povećavanja sukulenosti.

Povzetek

REAKCIJA RASTLINSKEGA SVETA NA SERPENTINSKI PODLAGI KOT ZELO UGODNEM RASTIŠČU

Obravnavane so morfološke in anatomske razlike, ki jih opazimo na serpentinskih rastlinah v primerjavi s primerki istih vrst na drugačnih rastiščih. Poleg serpentinomorfóz so opazne znatne razlike v anatomski zgradbi, ki se kažejo predvsem v bistveno šibkejšem razvoju mehanskih tkiv in v povečanju celic. Zadnji pojav povzroča višja koncentracija v celičnih sokovih, iz česar izvira tudi povečana sukulenčnost, ta pa je za rastlinstvo na serpentinih velikega pomena. Kemične analize so nadalje pokazale na obstoj nekaterih fizioloških tipov, ter razložile njihovo pojavljanje na serpentinih. To so rastline, ki se zadovolje z malo kalcija, nadalje rastline, ki jemljejo iz tal sebi ustrezne količine kationov selektivno, ter končno rastline na tleh, v katerih so težke kovine; le-te zmorejo prenesti visoke koncentracije težkih kovin.

Zusammenfassung

DIE REAKTION DER PFLANZENWELT AUF DIE SERPENTINUNTERLAGE ALS UNGÜNSTIGSTEN STANDORT

Morphologische und anatomische Unterschiede wurden besprochen, die an serpentinbewohnenden Pflanzen gegenüber Exemplaren der gleichen Art von andersartigen Substraten zu beobachten sind. Ausser Serpentinomorphosen bestehen grosse Unterschiede im anatomischen Bau, die hauptsächlich aus einer wesentlich schwächeren Entwicklung der mechanischen Gewebe und einer Vergrösserung der Zellen besteht. Letztere Erscheinung wird durch höhere Konzentrationen in den Zellsäften hervorgerufen, woraus eine erhöhte Sukkulenz resultiert die für das Pflanzenleben auf Serpentin von grossem Vorteil ist. Chemische Analysen zeitigten ferner das Bestehen einiger physiologischer Typen, die ihre Verbreitung auf Serpentin erklären: ihnen gehören Pflanzenarten an, die sich mit wenig Ca begnügen, ferner Pflanzen, die selektiv die ihnen zusagen Mengen an Kationen dem Boden entnehmen, wie auch Schwermetallpflanzen, die hohe Konzentrationen an Schwermetallen zu ertragen vermögen.

Riassunto

LA REAZIONE DEL POPOLAMENTO VEGETALE AL SUBSTRATO SERPENTINOSO COME L'AMBIENTE PIÚ SVANTAGGIOSO

Vengono discusse le differenze morfologiche ed anatomiche delle piante crescenti sui serpentini rispetto a quelle della stessa specie di altri substrati. Oltre alle morfosi del serpentino esistono notevoli differenze della struttura anatomica, consistenti soprattutto in uno sviluppo assai minore dei tessuti meccanici ed ingrossamento delle cellule. Quest'ultima morfosi é determinata dalla maggiore concentrazione dei succhi cellulari che permette una maggiore succulenza, assai vantaggiosa alle piante che crescono sul serpentino. Le analisi chimiche hanno dimostrato l'esistenza di alcuni tipi fisiologici sul serpentino: specie vegetali che possono sopravvivere in carenza di calcio, piante con assorbimento selettivo di quantità adatte di cationi e piante adattate a sopportare elevate concentrazioni di metalli pesanti.

Literatura

KINZEL H., 1963: Zellsaft-Analysen zum pflanzlichen Calcium- und Säurestoffwechsel und zum Problem der Kalk- und Silikatpflanzen. Protoplasma, 57, 522—555.

- MOTHES K., 1932: Ernährung, Struktur und Transpiration. Ein Beitrag zur kausalen Analyse der Xeromorphosen. *Biolog. Bbl.* 52, 193—223.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1963: Biljni pokrov na serpentinima u Bosni. *Godišnjak biol. Inst. Univ. u Sarajevu*, 16, 91—204.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1964: Anatomske razlike između biljaka sa serpentinke, dolomitne i krečnjačke podloge. *Godišnjak biol. Inst. Univ. u Sarajevu*, 17, 161—197.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1967: Über die Glaukeszenz an Serpentinpflanzen. *Österr. Bot. Z.* 114, 101—114.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1968: Die Serpentinomorphosen der Flora Bosniens. *Bot. Jahrb.* 88, 443—465.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1969: Specificne ekološke, fiziološke i anatomsko-morfološke osobine biljaka na podlogama različitog sastava (na serpentinu, dolomitu, gipsu i krečnjaku). (Elaborat)
- RITTER-STUDNIČKA H., 1970 a: Die Flora der Serpentinorkommen in Bosnien. *Bibliot. Botanica*, 130, Stuttgart.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1970 b: Hydraturverhältnisse bei Serpentinpflanzen. *Bull. scien. Section A*, 15, 11-12, 394—395.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1971 a: Zellsaft-Analysen zum Problem der Serpentinvegetation. *Österr. Bot. Z.* 119, 410—431.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1971 b: Ökologische Betrachtungen über die Serpentin-sippe *Satureja montana* L. var. *serpentinica* Janchen. *Bull. scien. Section A*, 16, 5-6, 142—143.
- RITTER-STUDNIČKA H., 1972: Die erhöhte Sukkulenz bei Serpentinpflanzen. *Phyton*, 14, 239—249.
- RITTER-STUDNIČKA und DURSUN-GROM K., 1973: Über den Eisen-, Nickel- und Chromgehalt in einigen Serpentinpflanzen Bosniens. *Österr. Bot. Z.*, 121, 29—49.
- RÜTHER F., 1967: Untersuchungen über die Resistenz von Schwärme tallpflanzen. *Protoplasma*, 64, 400—425.
- SCWANITZ F., 1953: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenese und Ontogenese. *Der Züchter*, 23, 17—44.
- WALTER H., 1931: Die Hydratur der Pflanze. Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Ostalpin-Dinarischen pflanzensoziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [14_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Ritter-Studnicka Hilda

Artikel/Article: [Reakcija bilnog svijeta na podlogu serpentina kao najnepovoljnijem stanistu 351-362](#)