

MIKORIZA — SOŽITJE MED GOBO IN VIŠJO RASTLINO

Fiziološke raziskave in njihov pomen za gozdarstvo

Dr. Nada Gogača (Ljubljana)*

Gogača, N.: Mikoriza — sožitje med gobo in višjo rastlino (Fiziološke raziskave in njihov pomen za gozdarstvo). *Gozdarski vestnik*, 37, 1979, št. 1, str. 9—14. V slovenščini, s povzetkom v nemščini.

Mikoriza je v gozdovih zelo pogosta. Raziskave so pokazale, da ugodno vpliva na rast in tudi odpornost gozdnega drevja. Mikoriza učinkovito izrablja medsebojne učinke faktorjev, ki določajo njen razvoj in sicer v prid partnerja. To je pomembno zlasti pri ogozdovalju revnih tal. Dosedanji poskusi so pokazali odlične rezultate in naš kroški svet bi lažje in uspešneje ozelenili, če bi ta spoznanja uspeli praktično uporabiti.

Gogača, N.: Mykorrhiza — symbiosis between a fungus and a higher plant (Physiological investigations and their significance for forestry). *Gozdarski vestnik*, 37, 1979, no. 1, pag. 9—14. In Slovene with summary in German.

The mykorrhiza appears in forests very frequently. Research has shown its favorable influence on growth as well as resistance of forest trees. The mykorrhiza exploits efficiently the mutual effects of factors determining its own development, and that for the benefit of the partner. This fact is especially important in the afforestation of poor soils. Experiments carried out hitherto have exhibited excellent results and our Karst could easier be made covered by trees if this knowledge was practically applied.

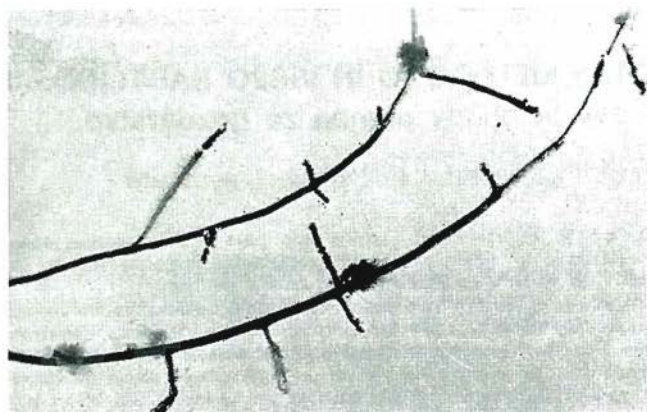
Simbioza med koreninami dreves in glivami je poznana že od leta 1885. Odkril jo je nemški botanik A. B. Frank. To obliko simbioze so kasneje imenovali mikoriza. Postala ni zanimiva samo za biologe, ampak so ugotovili tudi njen izredni pomen v gozdarstvu in agronomiji.

Z leti so odkriti različne oblike mikorize z ozirom na to, kako se glive povezujejo z višjo rastlino; ali rastejo okoli korenin, ali se razraščajo tudi v njihovo notranjost. Pri iglavcih je najbolj razširjena ektotrofna mikoriza. Gliva obraste kot nekakšen plašč kratke stranske korenine, ki izgubijo koreninske laske. Iz njega se razraščajo hife v vse smeri v zemljo in tudi med celice povrhnjice. Drevesa z razvito mikorizo imajo večjo površino in fiziološko sposobnost za sprejem mineralov in vode od dreves, ki te simbioze nimajo.

Povečan sprejem gre na račun močno razraslih stranskih mikoriznih korenin in vegetativne rasti hif glivnega simbionta v rizosfero. Ektomikorizne glive so sposobne absorbirati, akumulirati in transportirati dušik, fosfor, kalij, kalcij, itd., hitreje in daljši življenjski čas kot nemikorizne korenine. Glive so sposobne razgradnje organskih substanc in kompleksnih mineralov, ki jih v razgrajeni obliki transformirajo gostiteljskemu drevesu. Ektomikoriza varuje tudi drevo pred infekcijami patogenih gliv. Z iglavci in tudi nekaterimi listavci imajo razvito ektomikorizo skoraj vse gobe, ki jih najdemo v naših gozdovih.

Druga oblika koreninskih simbioz je endomikoriza, ekonomsko najpomembnejša z agronomskega stališča. Tudi nekatera gospodarsko pomembna drevesa, kot so javor, brest, jesen, platana, oreh, imajo ta tip mikorize. Hife micelija ne

* Dr. N. G., dipl. biol., Inštitut za biologijo pri biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, 61000 Ljubljana, YU.



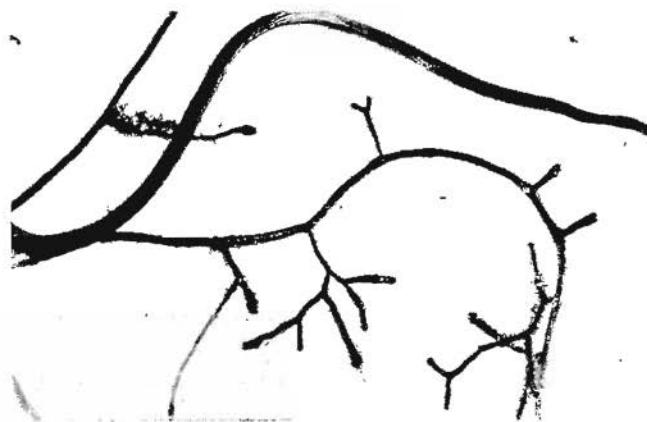
Sl. 1. Šest mesecev stara kultura borove korenine – kontrola

tvorijo plašča okoli korenin, pač pa vdirajo v koreninske celice. Taka mikoriza je razvita tudi pri kukavicah.

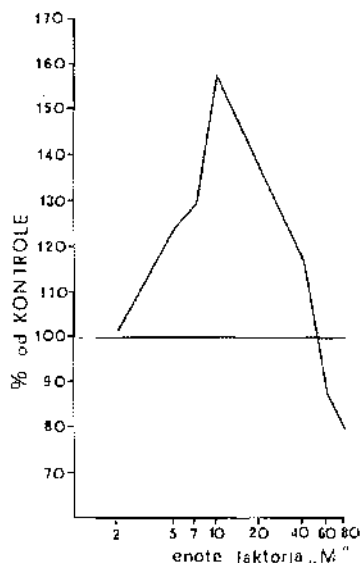
Hife v rastlinski celici lahko tvorijo posebne strukture, ki služijo za izmenjavo hranilnih in drugih snovi. Tako endomikorizo imenujemo po teh strukturah »vezikularno-arbuskularna« mikoriza. Pri tej simbiozi ne pride do velikih morfoloških sprememb korenin. Tudi endomikorizne korenine bolje absorbirajo hranilne snovi kot nemikorizne. Ta simbioza je višjim rastlinam potrebna za normalno rast. Kukavice, na primer, niso sposobne normalne kalitve in razvoja brez razvite endomikorize.

Poznamo še vmesno obliko mikorize, ki jo imenujemo ektendomikorizo. Pri njej opazimo razvit plašč hif okrog korenin in razrasle hife v notranjosti koreninskih celic.

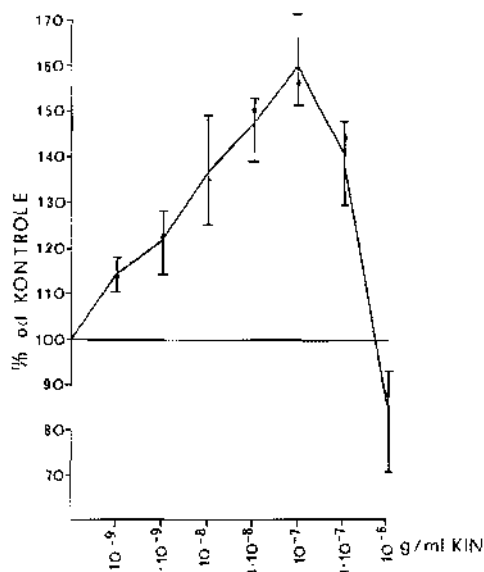
Drevesa z razvito mikorizo so občutno močnejša, bolj temnozelena in bolj odporna proti patogenim mikroorganizmom. Že dolgo je ugotovljeno, da rast iglavcev pospešuje fosfor, ki ga mikorizne glive sproščajo v zemlji. Rastline z razvito mikorizo sprejmejo tudi do 234 % več fosforja kot rastline brez mikorize, pa tudi do 75 % več kalija in do 86 % več dušika. Uporaba izotopov pri raziskavah je potrdila domnevo, da fosfor, kalcij, itd. posredujejo koreninam dreves glive. Micelij izredno hitro privzema mineralne snovi iz okolja. Glive prav tako oddajajo rastlini vitamine in rastne hormone, s katerimi vplivajo na njihovo rast. Raziskave



Sl. 2. Šest mesecev stara sterilna kultura borove korenine – tretirana z naravnim avksinom gobe *Boletus pinicola*



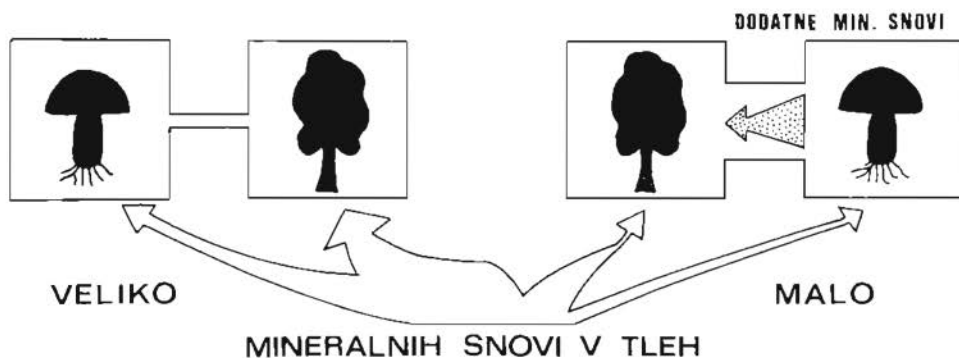
Sl. 3. Krivulja rasti micelija ajdovčka pri različnih koncentracijah kinetina



Sl. 4. Krivulja rasti micelija ajdovčka pri različnih koncentracijah eksudata borovih korenin

gob kot so jurček, peščenka, rdeča mušnica, so pokazale, da oddajajo v okolje avksine, gibereline, citokinine, s katerimi vplivajo na kalitev in rast borovih rastlinic, pa tudi na rast njihovih korenin. Citokinini vplivajo na sintezo klorofila, zato so borove kalice z razvito mikorizo bolj temno zelene. Avksini gobe povzročijo dihotomno rast borovih korenin, ki je za mikorizo bora značilna (sl. 1, 2). S tem se poveča absorpcijska površina koreninskega sistema in hkrati z njo seveda tudi sprejem hranilnih snovi iz tal. Giberelini pa vplivajo na kalitev, na prekinitev dormance semen in tudi na rast rastlin. Rastni hormoni gob so torej za drevo izrednega pomena.

Po drugi strani pa tudi višja rastlina s svojimi snovmi, ki jih eksudira v rizo-sfero, vpliva na rast in razvoj mikoriznih gliv. Korenine v svoji bližini pospešujejo rast simbiotskih gliv. Izločajo ogljikove hidrate, nekatere aminokisline in rastne substance. V eksudatu korenin najdemo precejšnje količine citokininov, ki pospešujejo rast gliv v nizkih koncentracijah (do največ 10^{-7} g/ml), v višjih pa zavirajo (sl. 3). Če citokininom dodamo še avksine, skupaj delujejo sinergistično, torej je efekt na rast še potenciran. Citokinini vplivajo predvsem na sprejem vode v micelij, pa tudi na sprejem nekaterih ionov, npr. Ca, ki igra pomembno vlogo pri prehajanju snovi skozi membrane. Zanimivo je, da na sprejem drugih ionov, ki smo jih raziskali, hormon ne vpliva v taki meri. Po drugi strani pa giberelini v glavnem zavirajo rast micelija. Le v izredno majhnih koncentracijah rast pospešujejo. Ob prisotnosti avksinov je inhibicija še močnejše izražena. V grobem koreninskem eksudatu so prisotni vsi rastni hormoni. Če si pripravimo različne koncentracije eksudata borovih korenin in jih damo v podlago, na kateri raste kultura jurčka *Boletus pinicola*, ugotovimo po enem mesecu, da eksudat v nižjih koncentracijah rast pospešuje, v višjih pa zavira (sl. 4). V celoti torej prevlada učinkovanje citokininov. Bor lahko torej s pospešujoče zavirajočim delovanjem rastnih substanc regulira razvoj mikorize. Na nivo rastnih hormonov v eksudatu pa vpli-



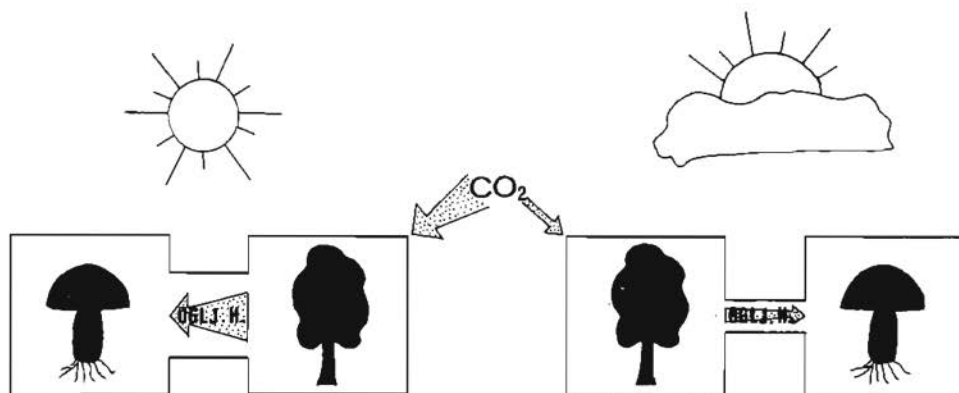
Sl. 5. Mineralna teorija o regulaciji razvoja mikorize (širina mostička med gobo in drevesom označuje bolj ali manj razvito mikorizo)

vajo predvsem zunanji faktorji, kot so temperatura, svetloba, koncentracija hranilnih snovi v zemlji, itd.

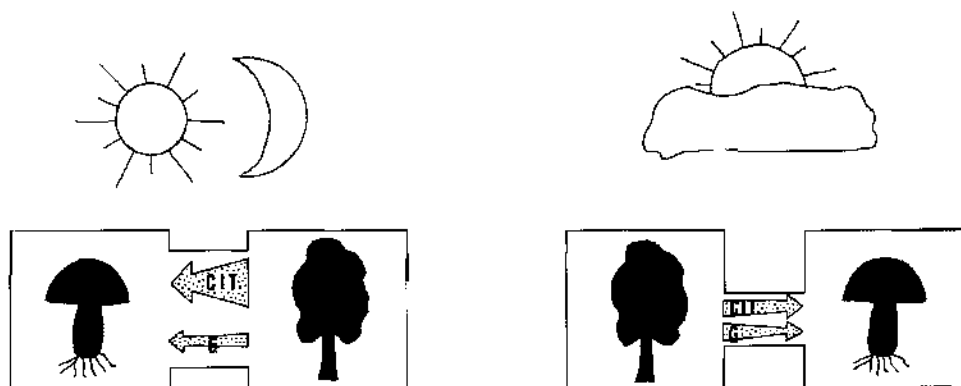
Z raziskavo faktorjev, ki regulirajo razvoj mikorize, se ukvarja veliko raziskovalcev. Rezultati bodo pomembni za aplikativne vede, kot so agronomija in gozdarstvo, kjer naj bi s pospeševanjem razvoja mikorize dosegli večji pridelek surovin in hrane.

Obstojata več teorij o regulaciji mikorize.

Leta 1937 je Hatch objavil teorijo o regulaciji mikorize, ki temelji na vplivu mineralnih snovi v tleh. Do simbioze pride ob pomanjkanju dušika, fosforja, kalija ali kalcija v tleh. Na tleh, bogatih z neštetimi ioni, je mikoriza slabše razvita (sl. 5). Björkman je s svojimi raziskavami potrdil to teorijo, obenem pa je odkril, da tudi intenziteta svetlobe preko fotosinteze vpliva na razvoj mikorize. Odkril je povezavo med eksudacijo ogljikovih hidratov iz korenin in razvojem mikorize. Čim večja je svetlobna intenziteta, tem več izloča rastlina ogljikovih hidratov, Sladkorji, ki jih izločajo korenine drevesa, pa služijo kot vir energije gobi, ki živi z njim v mikorizi (sl. 6). Tako je prišlo do karbohidratne teorije regulacije mikorize, ki pa je v povezavi z mineralno teorijo. Večja koncentracija ionov v tleh vpliva na transport in eksudacijo ogljikovih hidratov.

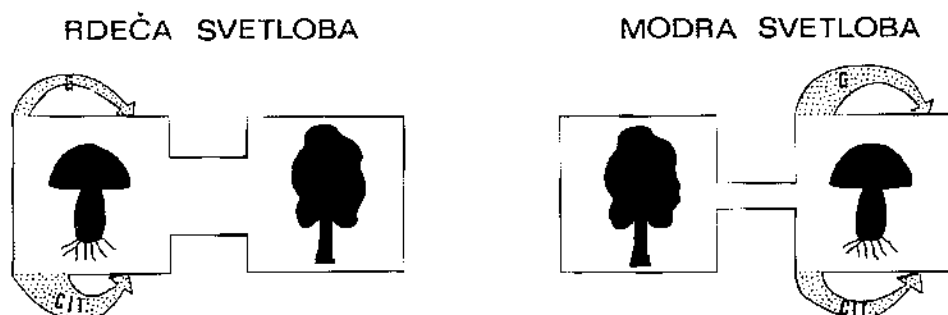


Sl. 6. Karbohidratna teorija o regulaciji mikorize

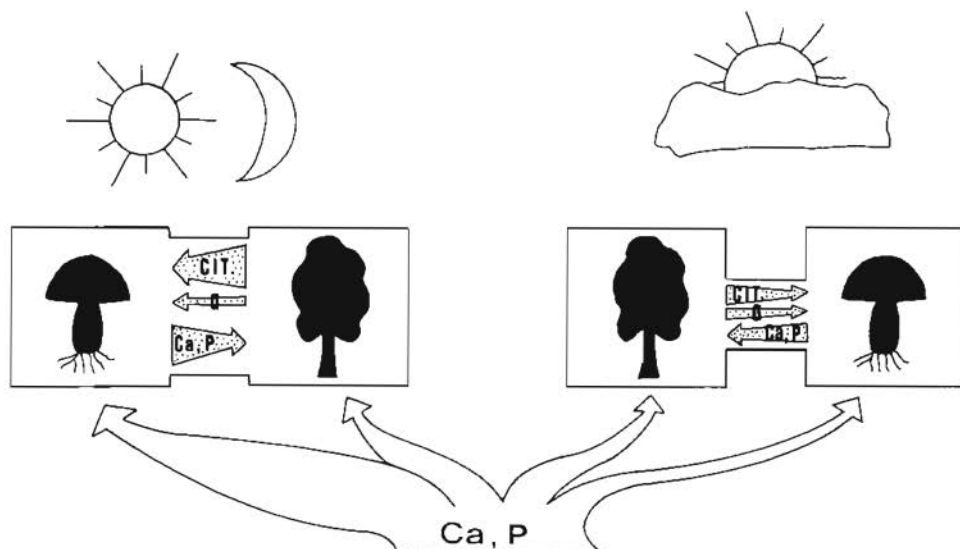


Sl. 7. Vpliv svetlobe na eksudacijo hormonov iz borovih korenin in s tem na razvoj mikorize

Poleg omenjenih teorij o razvoju mikorize, ki slonijo na odvisnosti prehranjevanja, pa se v zadnjem času vedno bolj uveljavlja hormonalna teorija, ki preko regulacije rasti in metabolizma z rastnimi substancami vpliva na rast simbiotskih partnerjev in s tem tudi na razvoj simbioze. Na koncentracijo rastnih snovi pa v veliki meri vpliva ravno svetloba, tako intenziteta kot tudi fotoperioda. V daljšem dnevu ali pa intenzivnejši svetlobi se eksudira iz borovih korenin več citokininov, ki pospešujejo rast gliv. Na nivo giberelinov, ki v glavnem inhibirajo rast gliv, svetloba ne vpliva tako izrazito, vendar jih je pri daljšem dnevnem osvetljevanju manj. Svetloba torej vpliva na eksudacijo hormonov in s tem posredno tudi na rast micelija (sl. 7). Prav tako vpliva svetloba tudi na rast mikoriznih gliv samih. Modra svetloba zavira rast mikoriznih gliv, tema in rdeča svetloba rast pospešujeta. Tudi pri dnevni svetlobi raste micelij hitreje. V hifah micelija, ki je rasel v modri svetlobi, so veliko večje koncentracije giberelinov kot pa v miceliju, ki je rasel pod vplivom rdeče svetlobe. Obratno pa je v modri svetlobi navadno manj citokininov (sl. 8). Ker ob daljši fotoperiodi svetloba ne zavira rasti micelija pod površjem zemlje, pospešuje pa eksudacijo hormonov iz korenin, ki pospešujejo rast gobe, je rast micelija okrog korenin intenzivnejša kot v kratkem dnevu ali slabi svetlobni intenziteti. Te raziskave v laboratoriju lahko posplošimo in primerjamo z iskušnjami amaterjev, ki nabirajo gobe po polni luni. Ta namreč podaljša fotoperiodo in zaradi rdeče svetlobe še pospešuje rast micelija. Razvoj plodišč pa sledi intenzivnejši rasti micelija.



Sl. 8. Vpliv svetlobe na rast micelija



Sl. 9. Hormonalna teorija regulacije mikorize v povezavi z mineralno in karbohidratno teorijo

Citokinini skupaj z avksini vplivajo na večji sprejem vode v hife micelij. Sveža teža kulture, ki raste na mediju z dodanimi hormonoma, je bistveno večja od kontrolne in tudi procentualno večja od suhe teže. Poskusi z markiranim kalcijem so pokazali, da citokinin vpliva stimulatивно tudi na sprejem kalcija v micelij glive. Višja koncentracija hormonov v koreninah bora, vpliva na sprejem kalcija v glivo in preko nje v drevo (sl. 9). Ne vplivajo pa hormoni na sprejem različnih ionov v enaki meri.

Kot vidimo, so vsi do sedaj odkriti faktorji, ki regulirajo razvoj mikorize, v odvisnosti drug od drugega. Razvita mikoriza pa na račun vseh omenjenih medsebojnih vplivov vodi do boljše rasti partnerja. Drevo je močnejše, se hitreje razvija in je tudi bolj odporno proti parazitom. Vse te prednosti pridejo do izraza predvsem na revnih tleh. V nekaterih državah imajo s pogozdovanjem biološko revnih tal že precejšnje izkušnje. K sadiki dodajo pri pogozdovanju še micelij, vzgojen v laboratoriju, ali spore simbiotskih gliv. Uspeh je izreden. Tudi naš Kras bi bil primeren za ta način pogozdovanja. V Sloveniji moramo pomen gob za normalno rast dreves šele spoznati in razmisliti, kako lahko mikorizo vključimo v proces pogozdovanja revnih tal.

MYKORRHIZA – SYMBIOSE ZWISCHEN PILZEN UND HÖHEREN PFLANZEN

Zusammenfassung

Alle die Entwicklung der Mykorrhiza regulierenden Faktoren, die bisher entdeckt wurden, hängen voneinander ab. Aufgrund aller gegenseitigen Einflüsse verbessert die entwickelte Mykorrhiza den Wuchs des Partners. Der Baum ist kräftiger, entwickelt sich schneller und zeigt eine erhöhte Widerstandskraft gegenüber Parasiten auf. Alle diese Vorzüge kommen vor allem auf armen Böden zum Ausdruck. In einigen Ländern hat man bei der Aufforstung biologisch armer Böden schon reichlich Erfahrungen gewonnen. Den Pflanzen wird ein im Labor aufgezogenes Mycelium dazugegeben oder aber Sporen symbiotischer Pilze. Der Erfolg ist ausserordentlich. Auch unser Karst würde sich für diese Art der Aufforstung eignen. In Slowenien muss die Bedeutung der Pilze für den Baumwuchs erst erkannt werden und es ist auch noch zu bedenken, wie die Mykorrhiza in den Prozess der Aufforstung auf armen Böden eingeschlossen werden kann.