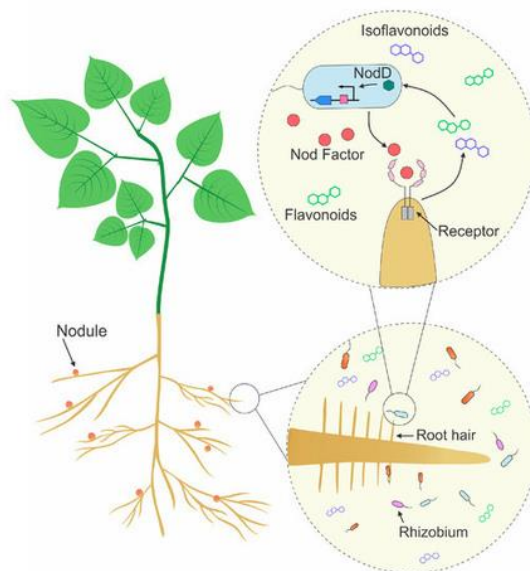


## Biološka fiksacija dušika

Dušik je esencijalni element koji se oko nas nalazi u različitim anorganskim i organskim oblicima. Također je makroelement neophodan za optimalan rast i razvoj poljoprivrednih usjeva i postizanja optimalnih prinosa. Sastavni je dio aminokiselina, nukleinskih kiselina, enzima i klorofila i njegov deficit dovodi do poremećaja u rastu, razvoju i reprodukciji biljke a time i do smanjenja prinosa. Dušik se u poljoprivrednoj proizvodnji najviše namiruje primjenom gnojiva. Međutim polovica potreba ovog elementa može se namiriti uz pomoć mikroorganizama. U atmosferi se dušik nalazi u plinovitom obliku u količini od 78 %. Ovaj oblik dušika biljke ne mogu koristiti ali mogu mikroorganizmi koji imaju sposobnosti fiksacije atmosferskog dušika i njegove redukcije u biljkama pristupačan oblik – amonijak uz pomoć enzima nitrogenaze. Nitrogenaza je dvokomponentni enzim kojeg čine: dinitrogenaza reduktaza (Fe-protein) i dinitrogenaza (Fe-Mo protein). Ovakav oblik fiksacije dušika naziva se biološka fiksacija dušika a mikroorganizmi se nazivaju diazotrofni mikroorganizmi. Mikroorganizmi koji imaju mehanizme za ovakvu vrstu fiksacije su malobrojni, radi se o pojedinim predstavnicima bakterija, cijanobakterija i arheobakterija. S obzirom na stvaranje simbiotskih odnosa s višim biljkama ova vrste fiksacije može biti simbiozna i asimbiozna. *Asimbiozni fiksatori dušika* su slobodnoživuće cijanobakterije npr., predstavnici roda *Anabena* i *Nostoc*, potom mikroorganizmi tla poput predstavnika roda *Azotobacter*, *Bacillus*, *Clostridium* i *Klebsiella*. Ova vrsta fiksacije se može odvijati u aerobnim ili anaerobnim uvjetima. Asocijativni mikroorganizmi vezani su uz rizosferu trava i žitarica poput roda *Azospirillum* i vežu u prosjeku od 20 - 50 kg dušika po hektaru godišnje. *Simbiozni fiksatori dušika* žive u mutualističkom odnosno obostrano korisnom odnosu s leguminozama. Simbionti su kvržične bakterije odnosno predstavnici roda *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, i biljke porodice *Leguminosae*. U simbiotske fiksatore ubraja se i rod *Frankia* i drvenaste kriptosjemenjače i već spomenute cijanobakterije koje žive u suživotu s biljkama roda *Azolla*. Navedeni predstavnici također spadaju u bakterije promotore rasta biljaka odnosno "Plant growth promoting rhizobacteria" koje su osim fiksacije dušika odgovorne za biosintezu biljnih hormona poput auksina i giberelina koji potiču rast prvenstveno korijenovog sustava i smanjuju utjecaj abiotskog i biotskog stresa na samu biljku. Za poljoprivrednu proizvodnju

najznačajnija je simbioza bakterija s leguminozama. Na molekularnoj razini dolazi do otpuštanja biljnih flavonoida pri čemu se aktiviraju Nod D nodulacijske bjelančevine u kompatibilnoj rizobnoj bakterijskoj stanici, a koji induciraju transkripciju nodulacijskih gena bakterija koji su potrebni za sintezu Nod faktora. Receptori u stanicama korijena biljke prepoznaje Nod faktore i pokreću signalni put neophodan za proces infekcije i nodulacije leguminoza (Slika 1). Potom dolazi do savijanje korijenovih dlačica na kojima se nalaze kvržične bakterije. Stvara se infekcijska nit i stanice rizobija ulaze u kortikalne stanice korijena. Dioba kortikalnih stanica korijena rezultira stvaranjem nodula tj. kvržica. Aktivne kvržice su u poprečnom presjeku crvene boje od pigmenta leghemoglobina koji kontrolira koncentraciju kisika u nodulu te sprječava inaktivaciju nitrogenaze. U nodulima rizobiji poprimaju razgranati oblik i tvore bakterioide. Između članova simbioze vlada visoki stupanj specifične povezanosti što znači da će rod *Rhizobium* nodulirati samo određen broj biljnih rodova. Simbiotskom fiksacijom dušika može se fiksirati u prosjeku 200 - 300 kg dušika po hektaru godišnje, po nekima autorima i više. Prednosti biološke fiksacije su mnogobrojne, a ističu se ekonomski tj. manjih troškova proizvodnje kroz manju mineralnu gnojidbu i okolišni zbog manjeg zagađenja tla, zraka i voda.



Slika 1: Clua i sur. (2018): Compatibility between Legumes and Rhizobia for the Establishment of a Successful Nitrogen-Fixing Symbiosis, Genes 9 (3)