

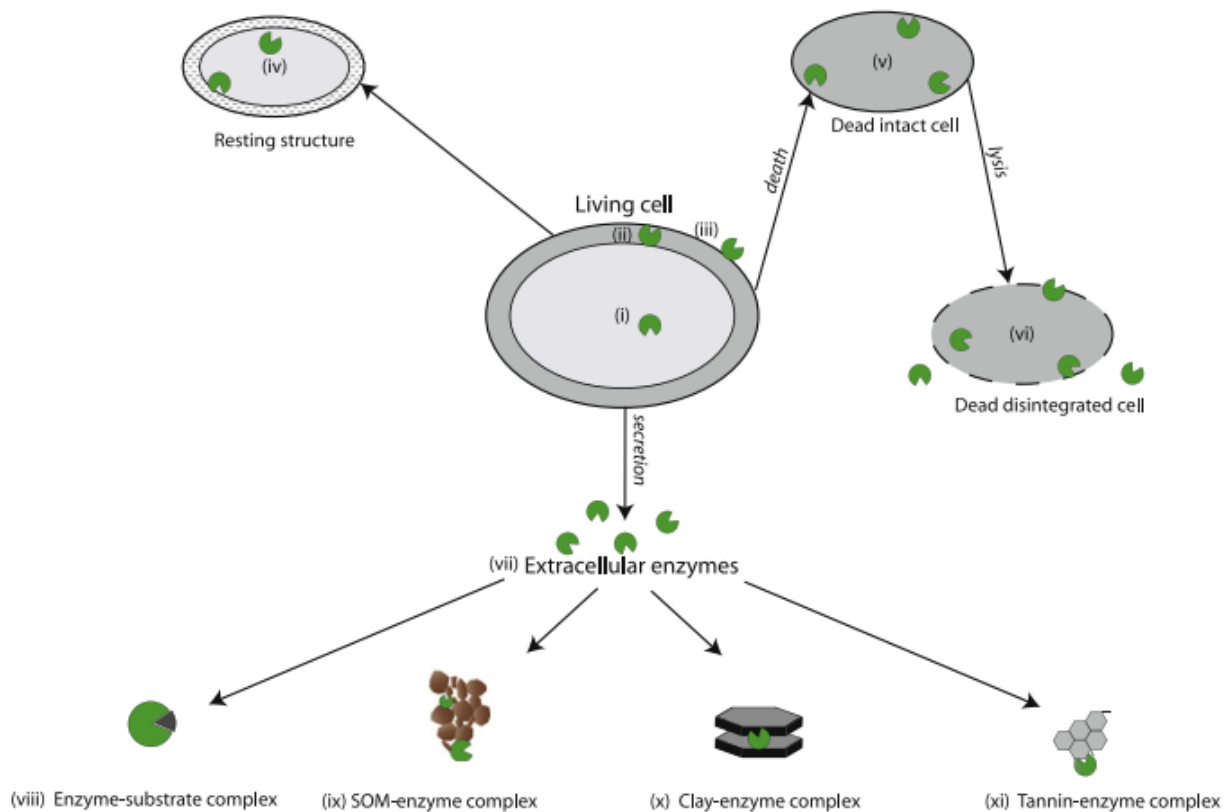
## Ekstracelularni enzimi u tlu

Ekstracelularni ili izvanstanični enzimi predstavljaju skupinu enzima koje različiti organizmi tla otpuštaju u svoj okoliš. Pri tome prednjače različiti mikroorganizmi kao najznačajniji izvor ekstracelularnih enzima ali ovdje treba pridodati i biljke te faunu tla. Zašto bi jedna bakterija izlučivala vlastitu biomasu u izvanstanični prostor? Nije li to kontraproduktivno jer je energetski skupo trošiti energiju i gradivne elemente na strukturu koju će se izbaciti iz stanice? Naočigled je sinteza i izlučivanje ekstracelularnih enzima za stanicu nepovoljan proces no potrebno je razmotriti koja je funkcija tih enzima u okolišu, što će oni ostvariti u tlu.

Enzimi općenito su tvari koje sintetiziraju organizmi, a koje omogućuju tj. kataliziraju događanje različitih biokemijskih reakcija. Jednako tako i ekstracelularni enzimi omogućuju događanje različitih promjena tvari mahom razgradnji u izvanstaničnom prostoru. S obzirom na način na koji obavljaju razgradnju ekstracelularne enzime možemo podijeliti na hidrolitičke i oksidacijske enzime. Njihovim djelovanjem započinje razgradnja mrtve organske tvari i remineralizacija u njoj prisutnih anorganskih sastavnica, proces koji će kroz daljnju metaboličku aktivnost mikroorganizama osloboditi u organskoj tvari vezane nutrijente potrebne za rast biljaka. No o istim nutrijentima ne ovisi samo rast i razvoj biljaka već i samih mikroorganizama. Mikroorganizmi dakle izlučuju ekstracelularne enzime da bi povećali dostupnost hranjivih tvari za potrebe vlastitog rasta. Kao i biljke, bakterije i gljive imaju staničnu stijenku koja im onemogućuje fagocitozu tj. inkorporaciju čestica mrtve organske tvari u citoplazmu radi čega se čestice trebaju usitniti, polimeri se trebaju razgraditi na sastavne molekule koje su dovoljno male da ih se unese u stanicu. Tome usitnjavanju služe ekstracelularni enzimi. Prema tome ekstracelularni enzimi mogu biti upotrebljeni za praćenje promjena u kruženju nutrijenata u tlu. Time oni postaju i važan alat kojim tek trebamo ovladati koji ima potencijal štititi zalihu organske tvari u tlu te također reducirati upotrebu umjetnih gnojiva tj. pridonjeti nastajanju agroekosistema koji efikasno troše nutrijente te su klimatski neutralni.

Ovaj zadatak s aspekta ekstracelularnih enzima nije lagan jer su ekstracelularni enzimi u tlu prisutni na mnogo različitih načina ili bolje reći može ih se naći na različitim mjestima u tlu. Postoje ekstracelularni enzimi koji su vezani za stanicu koja ih je proizvela te postoje enzimi koji su difundirali dalje od stanice te su u slobodnom stanju u vodi u tlu ili su vezani za različite nežive sastavnice tla (Slika 1).

Kako profilirati strukturu enzima na način da njihova aktivnost u tlu pospješi dostupnost nutrijenata i time pospješi biljnu proizvodnju, a istovremeno poveća akumulaciju ugljika u tlu nije poznato. Može li se manipulacijom faune tla pospješiti poželjne procese i na koji način, upotrebom bioturbatora kao što su gujavice ili praživotinja kao predatora bakterija ili različitom obradom tla nije za sada jasno. Također potrebno je znati koji enzimi imaju najvažniju ulogu u poljoprivrednom tlu u smanjivanju utjecaja poljoprivrede na okoliš, a sve sa ciljem nastajanja poljoprivredne proizvodnje koja će efikasno trošiti nutrijente te biti klimatski neutralna.



Slika 1. Smještaj enzima u tlu. Enzimi su sintetizirani u citoplazmi bakterijskih stanica (i), te se mogu nakupljati u periplazmatičnom prostoru Gram negativnih bakterija (ii) ili na površini stanica, u polisomima ili u biofilmovima (iii), u trajnim stadijima kao što su spore gljiva, ciste praživotinja i endospore bakterija (iv), u mrtvim stanicama ili u raspadnutim stanicama (v), ispušteni iz stanica curenjem ili iz liziranih stanica (vi), ispušteni iz stanica transportom u vodu tla (vii), u kompleksu sa substratom (viii), u kompleksu sa organskom tvari tla (ix), u kompleksu sa česticama ili u agregatima gline (x) i u kompleksu sa taninima (xi). Slika preuzeta iz: Burns RG, DeForest JL, Marxen J, Sinsabaugh RL, Stromberger ME, Wallenstein MD, Weintraub MN, Zoppini A (2013) Soil Enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biology & Biochemistry*, 58, 216-234.