

Dr. Mara PRŠA
Poljoprivredni fakultet, Zagreb

O sezonskom kolebanju i periodičnosti mikroorganizama u tlu

Zasluga je radova Dokučajeva, Kostićeva, Ivanovskog, Viljamsa, a naročito Waksmana, Beijerincka i Winogradskog, što se zemljišna mikrobiologija toliko razvila, da se danas može smatrati posebnom naučnom disciplinom. Tlo se počelo smatrati kao nešto »živo« naseljeno mnogobrojnim i raznovrsnim organizmima, višim i nižim biljkama. U tlu je sve podvrgnuto dinamičkim promjenama. Mineralizacija kao i sinteza teku paralelno, a među svim stanovnicima tla postoje složni uzajamni odnosi. Tlo je veoma komplicirana i složena prirodna neograničena sredina. Sastav mikroflore tla, kao i njena funkcija, zavisi u prvom redu od biljnog pokrova, fizikalnih i kemijskih svojstava tla, a isto tako i o uzajamnom odnosu djelovanja raznih grupa mikroorganizama. Iz tih je razloga zemljišna mikrobiologija i najslabiji dio mikrobiologije. H u d j a k o v smatra, da je zadaća zemljišne mikrobiologije u prvom redu upoznavanje zakona jedinstva i uzajamnog djelovanja samog tla, biljke i mikroorganizama, a tom je djelovanju cilj pravilno usmjerenje mikrobioloških procesa. Zasluga je Winogradskog, da su metode kojima se rukovodi i savremena zemljišna mikrobiologija »ekološke«. Uočavanje jedinstva organizama i uslova sredine u kojoj se nalaze opća je karakteristika bioloških nauka, a životna djelatnost jednog organizma rezultanta njegovog uzajamnog odnosa prema sredini koja ga okružuje. Da bi se upoznali zakoni po kojima se odvijaju mikrobiološki procesi, odnosno da bi se upoznalo tlo kao cjelina, potrebna je tijesna suradnja svih naučnih disciplina, koje se bave proučavanjem tla s raznih aspekata. Zemljišna je mikrobiologija dakle, povezana s pedologijom, ishranom bilja obradom tla i drugim disciplinama. Samo je na taj način moguće sva teoretska razmatranja o tlu, primijeniti u praksi na zadovoljavajući način.

Zemljišna mikrobiologija zauzima već danas važno mjesto u sistemu agromomska nauka. Od mikrobioloških procesa u tlu zavisi uspjeh gospodarske proizvodnje. Važni procesi što se odigravaju u tlu kao ciklus kruženja ugljika, dušika, fosfora i ostalih elemenata, zatim razlaganje biljnih ostataka, pa stvaranje povoljne strukture tla u tijesnoj su vezi s radom i djelatnošću mikroorganizama. Savremena nauka ne samo, da se bavi mikroorganizmima kao mineralizatorima, nego posvećuje isto toliku pažnju takozvanim mikroorganizmima aktivatorima, čija se uloga sastoji u aktiviranju raznih životnih funkcija biljaka. Mnoga istraživanja u Americi (Starkey), Kanadi (Lochehead), Francuskoj (Pochon), te istraživanja sovjetskih mikrobiologa dokazuju, da mikroorganizmi stvaraju u tlu biološki aktivne metabolite, specifične produkte svoje životne djelatnosti — vitamine, a naročito faktore rasta. Pitanja, odnosno, problemi ishrane bilja tijesno su povezani s djelatnošću mikroorganizama u tlu, što savremena nauka o ishrani bilja nikako ne smije zanemariti.

Metode istraživanja zemljišne mikrobiologije nisu precizne. Nedostatak takvih metoda onemogućava izučavanje uloge i rada mikroorganizama neposredno u tlu.

Zbog toga i nije dovoljno objašnjena uloga mikroorganizama u ishrani bilja, u plodoredu, odnosno, uloga mikroorganizama u samom povišenju priroda gospodarskih kultura. Složeni kompleksi fizičkih i kemijskih faktora (prirodna neograničena cjelina) te razni drugi ekološki faktori, koji uvjetuju tok mikrobioloških procesa, često onemogućavaju zapažanje karakteristika životne djelatnosti mnogih grupa mikroorganizama, koji se nalaze u tlu. **Složena struktura tla onemogućava dobivanje potpunijih rezultata, koji bi se mogli postići upotrebljenim metodama za istraživanja.** Berezova, poznati sovjetski mikrobiolog smatra, da nisu jedino nedovoljno precizne metode razlog nepotpunog poznavanja karakteristika životne djelatnosti mikroorganizama u tlu, već je uvjetovano i mnogim nesavremenim teoretskim postavkama o zakonomjernosti njihovog razvoja. Slično je mišljenje Kononove, koja naglašava, da je na pr. Krasilnikov doista utvrdio rasprostranjenije fiksatora dušika u rizosferi raznih biljaka, ali nije objasnio ulogu tih bakterija u **uspostavljanju ravnoteže dušika u tlu.** Osim toga, ona smatra, da samo izučavanje mikroorganizama, a zaobilazanje pitanja njihovog **učestvovanja u uspostavljanju ravnoteže** ovih ili onih elemenata uključenih u proces ne će dati realnu sliku djelatnosti mikroorganizama u tlu. Reguliranje mikrobioloških procesa u tlu, a to je zadaća zemljišne mikrobiologije ne će biti moguće bez detaljnijeg poznavanja uzajamne biološke (aktivnosti) djelatnosti nekih grupa mikroorganizama u tlu. **Mikrobiološki procesi u tlu teku po nekim specifičnim zakonima, čije se djelovanje mijenja u različitim uslovima sredine.**

Interesantna je pojava sezonskih kolebanja i periodičnosti razvoja mikroorganizama u tlu. Proučavanje tih pojava nema samo teoretsko nego i veliko praktično značenje. Ono je jedno od objašnjenja uloge mikroorganizama u mineralizaciji organske tvari, ishrani bilja itd. Tok mikrobiološkog života u tlu pokazuje periodički karakter razvoja pod utjecajem promjene temperature, vlage i drugih varljabilnih biofaktora. Ove sezonske promjene obuhvataju prvenstveno površinske slojeve tla, ali time mijenjaju i mikrobiološku sliku ukupnog profila, dakle, različna se aktivnost mikroorganizama tla u ljetnim i zimskim mjesecima objašnjava **kolebljivošću (nejednakim) ekološkim faktorima.**

Dinamiku razvoja mikroflore tla pratio je Hudjakov. On je primijetio, da se u proljeće količina mikroorganizama znatno povećava i postiže maksimum početkom ljeta, zatim se količina mikroorganizama jako umanjuje, i na tom stupnju ostaje gotovo čitavo ljeto usprkos činjenici, što su optimalni vanjski uslovi. U jesen se opet javlja znatno povećanje broja mikroorganizama. Na osnovu ovih zapažanja moglo bi se zaključiti da se i mikroorganizmi u tlu razvijaju u pravilnoj krivulji (geometrijska progresija) kao što je to slučaj s razvojem mikroorganizama u čistoj kulturi u drugim sredinama. Međutim, **taj bi zaključak bio netočan.** Maksimalna količina živih mikroorganizama u 1 gramu tla u najboljem slučaju dostiže desetke ili nekoliko stotina milijuna, a u čistim kulturama maksimalan broj iznosi i nekoliko desetaka milijardi. Krivulja razvoja mikroorganizama tla čini se jednoličnom i zbog toga, što su se **mikrobiološke analize provodile u razmacima od 2—3 nedjelje,** ili većim pa se u vegetacionom periodu vršilo svega 4—5 analiza, a na osnovu tih rezultata dobivena je predožba o dinamici procesa u toku jedne sezone. Posve druga krivulja se dobiva, kad se analize provode svakog dana u toku dužeg vremenskog perioda. Na taj se način, **po zakonu periodičnosti** dobiva nepravilna krivulja. **Broj mikroorganizama se znatno koleba čak i u razdoblju od 24 sata.** Kad se analize vrše neprekidno nekoliko dana, opaža se, da su mikroorganizmi sposobni za vrlo brzo razmnažanje, samo što se proces periodički zaustavlja, veći dio sta-

nica odumire, a preostale se ponovo razmnažaju, zatim opet veći dio stanica odumire i proces se ponavlja. Prošlo je već gotovo trideset godina otkako je otkrivena periodičnost razvoja mikroorganizama u tlu, ali je objašnjena samo činjenica da se u tlu mikroorganizmi ne razvijaju po principu zakonitosti razvoja čistih kultura. Taj problem još nije teoretski objašnjen. Periodičnost razvoja mikroorganizama u tlu uslovljena je **vanjskim faktorima**, ali **Hudjakov** smatra, da prvenstveno zavisi o unutarnjim zakonomjernostima, koje vladaju u tlu. Objasniti periodičnost razvoja mikroorganizama u tlu, značilo bi omogućiti upravljanje mikrobiološkim procesima, odnosno, potčinjavanje **mikrobioloških procesa potrebama poljoprivrede u prvom redu povišenju prinosa gospodarskih kultura**. To je jedan od osnovnih problema zemljišne mikrobiologije, kako je već ranije naglašeno.

Istražujući razvoj mikroorganizama u tlu, **Viljams** primjećuje, da se u ljetnim mjesecima kada tlo nema dovoljno vlage (kada je isušeno) intenzivno odigravaju aerobni procesi. Za dalji tok ovih procesa potrebna je vlaga, koja nastaje u mikrobiološkom aerobnom procesu razgradnje organske tvari, koji ne prestaje ni potpunim isušivanjem substrata. U drugoj polovini jeseni i zimi mikrobiološki se procesi u tlu zaustavljaju zbog niskih temperatura. U proljeće, kada se zemlja ugrije, ponovno nastaje intenzivan razvoj zemljišne mikroflore. **Viljams** smatra da je limitativni faktor za razvoj mikroorganizama u tlu — temperatura.

Mišustin usvaja **Viljamsovu** hipotezu, a sam navodi tri osnovna perioda razvoja mikroorganizama u jednoj godini, ako je temperatura zraka viša od 5° C.

1. Period aktivne djelatnosti mikroorganizama, kada je povoljna vlaga i temperatura. U tom se periodu aktivno odigravaju mikrobiološki procesi.

2. Period depresije mikrobioloških procesa, koji nastupa pri deficitu vlage u tlu. Zbog nedostatka vlage, zaustavlja se razmnažanje mikroorganizama, a prevladavaju fermentativno-kemijski procesi.

3. Period potpunog obustavljanja mikrobioloških procesa zbog jakog isušivanja tla.

Mišljenje **Mišustina** dakle, **predviđa obustavljanje svih mikrobioloških procesa u tlu u razdoblju od 5—9 mjeseci** u kojem mikroorganizmi ne učestvuju ni u pripremi hrane za biljke. Međutim, ova pretpostavka **ne vodi računa o prilagodživanju mikroorganizama** na prilike, koje vladaju u tlu, iako je dokazano da se neke plijesni razmnažaju i na temperaturi nižoj od 0° C (**Čistjakov** i **Bočarov**), a iz radova se **Fehera** (1933.), **Cobb-a** (1932.) kao i drugih vidi, da djelatnost mikroorganizama ne prestaje na niskim temperaturama (zimi).

Istraživanja **Samcevič-a**, ruskog mikrobiologa, pokazuju, **da u vlažnim tlima** (černozem) kod temperature 2—4° C količina mikroorganizama u toku **4—5 nedjelja** oštaje nepromijenjena, jer ni u jednom uzorku nije bilo dokazano povećanje njihovog broja. Kada su isti uzorci stavljeni u termostat na temperaturu od 26—28° C, a vlaga je iznosila 60%, broj se mikroorganizama u toku **10—12 dana** naglo smanjio, a za daljnjih **4—6 nedjelja** ostalo je svega 10—15% početnog broja mikroorganizama. **Samcevič** je zaključio, da je vjerojatan razlog smanjenja broja mikroorganizama, **usprkos povoljnoj vlazi i temperaturi**, stvaranje takvih nuzproizvoda životne djelatnosti, koji onemogućavaju njihov dalji razvoj. To je slučaj i u drugim sredinama.

U literaturi ima vrlo malo analitičkih podataka o **dinamici rasprostranjenja i djelatnosti mikroorganizama u tlu različitih klimatskih zona** kao i podataka o mikroflori tla u zimskom periodu (zimi).

Samcevič je vršio istraživanja o **sezonskom kolebanju** broja mikroorganizama u južnim te sjevernim oblastima i došao je do vrlo interesantnih podataka. Istraživanja su vršena i u zimskom periodu. U južnim je oblastima, u skladu s Mišustinovom teorijom, bio period punog prekida mikrobioloških procesa zbog niske temperature (niže od 5°C) pet mjeseci (od novembra do marta), a zbog isušenosti tla 2,5–3 mjeseca (**druga polovina jula, august i septembar**), što znači, da su mikrobiološki procesi u tlu mirovali **7,5–8 mjeseci**. Osim toga, zbog nedostataka vlage, smanjeni su mikrobiološki procesi u razdoblju od oko 1,5 mjesec (**druga polovica maja, juni te početak jula**) u kojem prevladavaju fermentativno-kemijski procesi. Na period aktivne mikrobiološke aktivnosti otpada svega **2–2,5 mjeseca (april, prva polovina maja i oktobar)**. Period jake isušenosti tla na jugu počinje već u maju, a svršava u oktobru.

Iz analiza je ustanovljeno, da je najveći broj bakterija kako aerobnih tako i anaerobnih, aktinomiceta i gljiva u sloju od 0–20 cm, a u dubljim se slojevima taj broj naglo smanjuje.

Od maja do oktobra, kada je temperatura povoljna (oko 17,5° C) bila je količina saprofitnih aerobnih bakterija kao i aktinomiceta i gljiva mnogo manja, nego od **novembra do aprila**, kada je temperatura zraka bila svega 0° C. Ovaj podatak se može objasniti time, što je u ljetnim mjesecima, bez obzira na povoljnu temperaturu, vlaga tla **veoma niska**. Niska temperatura, od novembra do aprila, zadržava razvoj mikroorganizama, ali je njezino djelovanje neznatnije nego **nedostatak vlage u ljetnoj sezoni**. Broj sporogenih bakterija je mnogo veći u **ljetnim mjesecima** (niska vlaga, visoka temperatura) nego u **hladnim i vlažnim mjesecima (novembar, april)**, jer su one otpornije prema nedostatku vlage. Iz svega što je navedeno proizlazi, da je limitativni faktor razvoja mikroorganizama u **južnim oblastima** u prvom redu **niska vlaga, pa tek onda temperatura**.

U sjevernim oblastima situacija je nešto drugačija. Maksimalna količina svih grupa mikroorganizama, nezavisno od godišnjeg doba, nalazi se na samoj površini tla, a s dubinom opada. **Maksimalna količina** mikroorganizama nađena je u **zimskom periodu (15 februar)**, a **minimalna u jesen (30 oktobar)**. Ukupan broj saprofitnih bakterija te aktinomiceta bio je **tri do četiri puta** veći zimi nego u ljetnom i jesenskom periodu, a **sporogenih bakterija i gljiva veći** jedan i pol do dva puta. Vidi se, da je broj mikroorganizama zimi mnogo veći nego ljeti, što također ukazuje da u **istraživanim rajonima vlaga zemlje ima veće značenje za razvoj mikroorganizama nego niska temperatura**.

Rajka Strunjak je istraživala sezonska kolebanja mikroorganizama na imanju Poljoprivredne stanice Đakovo. Istraživanja su poduzeta u namjeri, da se odredi broj mikroorganizama na razne načine obrade i gnojidbe tla. Analize su vršene u proljeće, ljeto i jesen. Rezultati su pokazali, da je broj aerobnih bakterija, aktinomiceta i gljiva bio uglavnom najveći u proljeće i jesen, dok se broj mikroorganizama svih grupa znatno smanjio u ljetnoj sezoni. I naša su istraživanja mikroflore Lonjskog polja vršena u proljeće, ljeto i jesen pokazala slične rezultate (Prša). Ustanovljeno je, da je vlaga tla odlučujući faktor reguliranja razvoja mikroorganizama u rajonima istraživanja.

Iz iznesenog možemo zaključiti slijedeće:

1. Problem sezonskih kolebanja i periodičnosti razvoja mikroorganizama u tlu jedan je od važnih problema zemljišne mikrobiologije.

2. Objašnjenje periodičnosti razvoja mikroflore tla omogućilo bi **upravljanje mikrobiološkim procesima**, odnosno, potčinjavanje tih procesa **povišenju prinosa gospodarskih kultura** (Hudjakov).

3. Dosadašnja istraživanja objašnjavaju, da se mikroorganizmi u tlu ne razvijaju **po principu zakonitosti razvoja čistih kultura**. **Periodičnost je pravilo razvoja mikroorganizama u tlu.**

4. Istraživanja o sezonskom kolebanju dokazuju, da tok mikrobiološkog života u tlu **podliježe kolebanjima pod utjecajem promjene temperature, vlage i drugih biofaktora**. **Primarni su limitativni faktori razvoja — nedostatak vlage i temperatura.**