

To 22.8.2019 Erikoiskasveista valkuaista, väriä ja viljavuutta – kasvitutkimusta ilmassa, maalla ja maan alla

Postdoc-tutkija Pirjo Yli-Hemminki

### Kasvien kasvua edistävät juuristobakteerit

- Peltomaan on täynnä mikroskooppisia eliöitä, joiden määrä ja yhteisön koostumus vaihtelevat muun muassa ilmaston, maalajin, pH:n, kosteuden, kasvilajin mukaan, ja maanviljelyssä lannoitus, maan muokkaus ja pellon käytön historia vaikuttavat (eli viljelijä vaikuttaa maamikrobeihin aina)
- Viljelykasvien versojen pinnoilla, juurien pinnoilla, soluväleissä sekä juurinystryöissä ja juurikeräisissä vuorovaikuttaa bakteereita ja sieniä
- Tutuimmat näistä ovat kasvien kasvua edistäviä siten, että ne muodostavat symbioottisia yhteisiä rakenteita kasvien kanssa, kuten tyypeä sitovat *Rhizobium*-bakteerit palkokasvien juurinystryöissä, ja *Glomus*-sienet suurimmalla osalla viljelykasvien juurikeräisissä

\*\*\*

- Varsinaiset kasvien kasvua edistävät juuristobakteerit elävät vapaina juurinystryöiden, sienijuurien ja juurien pinnoilla
- Kasvien kasvua edistäviä bakteerilajeja on useita, ja samalla lajilla voi olla monta hyödyllistä vaikutusta
- Yleensä tavallisessa peltomaassa on suuri bakteerien lajimäärä ja myös valmiiksi kasvien kasvua edistäviä bakteereita odottamassa juurikontaktia
- Kasvien juurieritteet ruokkivat ja valikoivat maan bakteereita ja siten juuristossa rikastuvat eri bakteerit kuin paljaassa maassa

\*\*\*

- Kasvien kasvua edistävien juuristobakteerien vaikutuksia on luokiteltu seuraavasti:
  - **Kasvitautilien torjunta**, jonka yksinkertaisin mekanismi on kilpailu. Palkokasvien tyypin sidonnasta vapautuu vetyä, jota hapettavat bakteerit kilpailevat juurinystryöiden pinnoilla muita mikrobeja vastaan. Hyötybakteerien tuottamat sideroforit sitovat rautaa niin, ettei sitä jää taudinaiheuttajille. Ennen kaikkea, bakteerit (ja sienet) tuottavat antibiootteja, kitiiniä hajottavaa entsyymiä, haihtuvaa vetysyanidia, joilla ne taistelevat toisia mikrobeja vastaan. Bakteerit voivat laukaista kasvissa myös systeemisen puolustuksen solutasolla taudinaiheuttajia vastaan (ikään kuin rokotusvaikutus)
  - **Kasvien kasvun säätely**, jolloin bakteerit vaikuttavat kasveihin tuottamallaan kasvihormoneilla (auksiini, etyleeni, gibberelliini, sytokiniini) tai ne saavat kasvit erittämään kasvihormoneja. Bakteerit voivat hajottaa esim. etyleeniä, jolloin sen kasvua hidastava ja seneskenssiä aiheuttava vaikutus vähenee. Esim. tattari saattaa erittää juuristaan L-tryptofaania, joka on auksiinin esiaste, ja jota bakteerit voivat muokata auksiiniksi. Auksiini lisää juurten kasvua ja siten kasvien ravinteidenottoa laajenee
  - **Kasvien ravinteidenoton edistäminen**, joka johtuu bakteerien tekemästä eloperäisen aineksen entsyymaattisesta hajottamisesta ja maahiukkasiin sitoutuneiden ravinteiden louhimisesta orgaanisilla hapoilla ja kelatoivilla molekyyleillä. Bakteerit voivat louhia fosforia ja muitakin ravinteita, joita sienijuuri sitten kuljettaa kasville. Sienijuuri laajentaa kasvin juuriston pinta-alaa, ja rihmaston pinnalla elävät bakteerit lisäävät ravinteiden vapautumista. Fosforia louhivia bakteereita on muun muassa suvuissa *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* ja *Serratia*
  - **Vapaat N-sitojabakteerit** (kuten *Azotobacter* ja *Azospirillum*) eivät voi korvata typpilannoitusta mutta niillä on muitakin hyviä ominaisuuksia: fosforin louhinta, sideroforien tuotto, auksiinin tuotto, etyleenin hajotus, vetysyanidin tuotto

\*\*\*

- Suurissa maatalousmaissa kasvien kasvua edistäviä bakteereita on eristetty eri maalajeilla kasvavien viljelykasvien juuristoista, ja niitä on lisätty laboratoriossa myyntitarkoitukseen. Puhutaan biokontrollista, biostimulanteista (biologiset kasvunsäätimet?), biolannoitteista
- Bakteerien ominaisuuksia on testattu laboratoriossa: esim. niiden kykyä liuottaa Ca-P, vaikutusta kasvien juurien kasvuun jne.
- Maahan lisättäviin kasvien kasvua edistäviin bakteeriymppeihin on kohdistettu paljon odotuksia
- Samassa ympäristössä saattaa olla useita eri bakteerikantoja ja mykorrhizasienttejä
- Hyötymikrobien ympäristöön saattaa olla tehotonta, koska laboratoriossa kasvatetut kannat joutuvat kilpailemaan maan luontaisen mikrobiyhteisön kanssa. Jopa 70% ympäristöistä peltokokeissa on ollut tehottomia...
- Mikrobiymppejä on valmistettu erilaisilla kantaja-aineilla pilleröimällä, mikä suojaaa bakteereita ensikosketukselta maassa ja vapauttaa ne hitaasti kantaja-aineen hajotessa (esim. kasviperäiset tärkkelys- ja selluloosapohjaiset materiaalit, savimaat, sota, mato- ym. kompostit, turve, hiili, humusaineet)
- Hyötymikrobeja pitää olla riittävä määrä maassa, jotta ne voivat lisääntyä juuristossa ja auttaa kasvien kasvua

\*\*\*

- Bakteerit tarttuvat maasta juuriin kasvien erittämien houkuttimien puoleensa vetäminä
- Kasvien juuriripheet ja juurieritteet ovat juuristomikrobien ruokaa ja hiilen lähde toisenvaraisille bakteereille:
  - Orgaanisia happoja, aminohappoja, sokereita, fenoleja, flavonoideja, pitkäketjuisempia hiilihyaatteja, entsyymejä, vitamiineja...
- Eri kasvilajeilla (jopa lajikkeilla) on erilaiset juurieritteet, ja myös korjuutähteet eroavat niiden C:N:P suhteen ja allelokemikaalien suhteen, mikä puolestaan vaikuttaa maaperän mikrobeihin
- Kasvien ravinteidenottoa pyritään tehostamaan juuriston hallinnalla, johon vaikuttavat kasvilajin juuriston rakenne ja juurieritteet, symbioosit typensidontabakteerien ja sienijuuren kanssa sekä esim. sekaviljely, jossa kasvilajit ovat vuorovaikutuksessa. Sekaviljelyssä toistensa lomassa kasvavissa juurissa voi rikastua bakteereita ja sieniä, jotka olisivat muuten monokulttuurissa vähemmistönä (esim. härkäpapu, jolla on sekä typpinystyrä että sienijuuri, kasvaisi yhdessä tattarin kanssa, jolla puolestaan on monipuolinen juurieritys -> tehostuuko ravinteidenotto ja rikastuuko mikrobiyhteisö?)
- Maanviljelyssä on monta muuttuvaa osaa, joita viljelijä yrittää hallita taatakseen kasvin kasvun ja hyvän sadon
- Maan hyvä rakenne, jossa juuret saavat kosteutta ja happea, on edellytys hyvälle biologisille vuorovaikutuksille

*Take-home message*, neljä muistettavaa asiaa:

- Elävä kasvipeite pitää yllä juuristomikrobeja, joissa on kasvien kasvua edistäviä bakteereita
- Palkokasvien juurinysträt ja viljelykasvien keräsienijuuret ovat kasvien ja mikrobien yhteisiä rakenteita, jotka edesauttavat myös juurten pinnoilla eläviä vapaita kasvien kasvua edistäviä bakteereita
- Maahan ympätyt bakteerit joutuvat kilpailemaan luontaisen mikrobiyhteisön kanssa, joten ympäystekniikka pitää suunnitella tarkkaan, ja mielellään suunnitella koko peltosysteemi sellaiseksi että se ylläpitää monimuotoisuutta
- Miten vaikutus näkyy pellolla? Parantunut lannoitteiden käytön tehokkuus, vähentynyt kasvitautien esiintyvyys, parantunut panos:tuotos suhde, sadon laatu...?

Review-artikkeleita:

Martinez-Viveros et al. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (3): 293 – 319

Pii et al. 2015. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biol Fertil Soils* 51:403–415

Olivares et al. 2017. Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4:30