

## **Esildis 2016.a. teaduspreemia pälvinud tööde tsükkel: Taime- ja seenekoosluste mitmekesisust ning nende omavahelisi seoseid mõjutavad tegurid**

**Martin Zobel (kollektiivi juht), John Davison, Mari Moora, Maarja Öpik**

### **Tööde tsükli üldiseloomustus**

Tööde tsükkel koosneb 21 artiklist, mis on avaldatud tunnustatud rahvusvahelistes teadusajakirjades. Esitatud töödest on üks avaldatud ajakirjas *Nature* ning kaks ajakirjas *Science*.

### **Tööde tsükli sisuline iseloomustus**

Esitatud tööde tsükkel käsitleb taimekoosluste ja taimejuurtes elutsevate sümbiontsete arbuskulaar-mükoriisete seente (AM seente) mitmekesisust ja neid mõjutavaid tegureid. Taimekooslusi on uuritud kaua ning kogunenud informatsiooni on palju, aga meie uurimused on suunatud valdkondadesse, mis on siiani vähem tuntud – taimekoosluste funktsionaalne struktuur, koosluste struktuuri ja mitmekesisuse muutumune globaalses skaalas, taimekoosluste muutumine seoses viimase 50,000 aasta kliima muutumisega. Erilist huvi taimekoosluste juures pakub meile aga seos sümbiontsete AM seentega ning nende seente roll taimekoosluste kujundajana. AM seened elavad >80% maismaa taimeliikide juurtes, aidates taimedel hankida mullast toitaineid ja saades vastu süsivesikuid. Kui hakkasime nimetatud küsimusega tegelema, selgus, et AM seente ökoloogia ja mitmekesisuse kohta on väga vähe teada, mistõttu osutus möödapääsmatuks pühendada tähelepanu ka puhtalt AM seenekoosluste uurimisele. Viimati nimetatud valdkonnas oleme olnud pioneerid, mistõttu tuli lahendada ka hulga meetodilisi probleeme. Tööde tsükliis võib eristada kolme peamist teemaderingi.

#### ***I. Taimekoosluste struktuur ja mitmekesisus***

Oluline osa meie uurimustest antud teemal on pühendatud taimekoosluste mitmekesisuse selliste mustrite kirjeldamisele, mis on seni teadusele vähe tuntud. Meie osalusel on valminud unikaalne uurimus arktiliste taimekoosluste dünaamikast viimase 50,000 aasta jooksul. Samuti oleme osalised taimekoosluste produktiivsuse ja mitmekesisuse seoste globaalses uurimises. Meetodilises plaanis oleme edasi arendanud taimede molekulaarsete määramismeetodite ökoloogilisi rakendusi.

#### ***II. Seos taimekoosluste ja AM seenekoosluste vahel***

Seose uurimine taime- ja AM seenekoosluste vahel on seni põhinenud väga lihtsustatud mudelsüsteemidel, usaldusväärsed vaatlused looduses puuduvad pea täielikult. Meie oleme eksperimentides kasvatanud taimi mitte erinevate seenekultuuride manulusel (mis on tavaline meetodika), vaid inokuleerinud taimejuuri hoopiski looduses esinevate AM seenekooslustega. Need tööd näitavad, et sümbiontsete seente olemasolu või puudumine mingis ökosüsteemis võib taimede kasvu ja seeläbi kogu taimekoosluse struktuuri oluliselt mõjutada. Kirjeldavates

töodes oleme liikunud kahes suunas. Esiteks oleme näidanud, et looduslike taime- ja AM seenekoosluste koosseisu ko-variatsioon on tõepoolest olemas. Seda on varem küll teoreetiliselt eeldatud, kuid tõendid olid ebapiisavad. Teiseks oleme aluse pannud uuele kirjeldavale uurimissuunale – erineva mükoriissusega taimeliikide leviku ja ökoloogia uurimisele. Seeläbi oleme saanud uusi teadmisi, kuidas sümbiontsete seente olemasolu taimejuurtes mõjutab nende levikut, ökoloogiat ja seeläbi potentsiaalselt terveid ökosüsteeme.

### **III. AM seente elurikkus**

Taime- ja AM seenekoosluste seoseid uurides selgus kohe, et baasteadmised AM seente elurikkusest on väga puudulikud, mistõttu meie uurimisgrupil tuli antud küsimusega tõsisemalt tegeleda ning lahendada hulga meetodilisi probleeme, mis seonduvad seente molekulaarse määramisega nn. keskkonnaproovidest.

Antud teemaderingi kõige kaalukamaks tulemuseks on ilmselt AM seente globaalse elurikkuse ja seda mõjutavate faktorite kirjeldamine. Üllatuslikult on paljud AM seened globaalse levikuga. Kuna nende evolutsioneerumine on valdavalt toimunud peale mandrite lahkumist, kõneleb globaalne levik heast levimisvõimest. Oluliselt mõjutavad seente elurikkust ka mullatingimused ja maastike fragmenteeritusega seotud levimisbarjäärid. Globaalse fookuse kõrval oleme pööranud suurt tähelepanu ka AM seenekooslustele kohalikus skaalas, kus käsitleme valdavalt inimtegevuse mõju. Maakasutus on osutunud oluliseks AM seente mitmekesisuse määrajaks. See tähendab, et tugeva inimõju tingimustes võib kujuneda taimedele sobivate kasulike seente defitsiit, mis võib edaspidi mõjutada nii säilinud looduslikke taimekooslusi, kui ka aia- ja põllukultuure.

### **Kokkuvõttes**

Esitatud tööde tsükli uudsus peitub a) selliste seoste uurimises, mida varem on harva käsitletud – taimede kasvu sidumine looduslike AM seenekoosluste elurikkusega, taimede leviku seletamine läbi nende seotuse mükoriissete seentega; b) uudsete DNA-põhiste taimede ja seente määramismetoodikate väljatöötamine ja rakendamine; c) selliste mitmekesisuse muustrite uurimises, mis varem polnud võimalik kas meetodilistel või logistilistel põhjustel (taimekoosluste ajaloolise arengu uurimine igikeltsa proovide põhjal; juurtes elutsevate seente globaalse mitmekesisuse uuring, rohumaade taimekoosluste globaalne uuring).

### **Tsüklisse kuuluvate artiklite loend**

1. Bennett, A.E., Daniell, T.J., Öpik, M., Davison, J., Moora, M., Zobel, M., Selosse, M.A. & Evans, D. 2013. Arbuscular Mycorrhizal Fungal Networks Vary throughout the Growing Season and between Successional Stages. PLoS ONE 8.  
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0083241>

2. Davison, J., Moora, M., Öpik, M., Adholeya, A., Ainsaar, L., Bâ, A., Burla, S., Diedhiou, A.G., Hiiesalu, I., Jairus, T., Johnson, N.C., Kane, A., Koorem, K., Kochar, M., Ndiaye, C., Pärtel, M., Reier, Ü., Saks, Ü., Singh, R., Vasar, M. & Zobel, M. 2015. Global assessment of arbuscular mycorrhizal fungus diversity reveals very low endemism. *Science* 349: 970-973. <http://www.sciencemag.org/content/349/6251/970.full>
3. Davison, J., Öpik, M., Zobel, M., Vasar, M., Metsis, M. & Moora, M. 2012. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi detected in forest soil are spatially heterogeneous but do not vary throughout the growing season. *PLoS ONE* 7: e41938. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0041938>
4. Fraser, L.H., Pither, J., Jentsch, A., Sternberg, M., Zobel, M., Askarizadeh, D., Bartha, S., Beierkuhnlein, C., Bennett, J.A., Bittel, A., Boldgiv, B., Boldrini, I.I., Bork, E., Brown, L., Cabido, M., Cahill, J., Carlyle, C.N., Campetella, G., Chelli, S., Cohen, O., Csergo, A.-M., Díaz, S., Enrico, L., Ensing, D., Fidelis, A., Fridley, J.D., Foster, B., Garris, H., Goheen, J.R., Henry, H.A.L., Hohn, M., Jouri, M.H., Klironomos, J., Koorem, K., Lawrence-Lodge, R., Long, R., Manning, P., Mitchell, R., Moora, M., Müller, S.C., Nabinger, C., Naseri, K., Overbeck, G.E., Palmer, T.M., Parsons, S., Pesek, M., Pillar, V.D., Pringle, R.M., Roccaforte, K., Schmidt, A., Shang, Z., Stahlmann, R., Stotz, G.C., Sugiyama, S.-i., Szentes, S., Thompson, D., Tungalag, R., Undrakhbold, S., van Rooyen, M., Wellstein, C., Wilson, J.B. & Zupo, T. 2015. Worldwide evidence of a unimodal relationship between productivity and plant species richness. *Science* 349: 302-305. <http://www.sciencemag.org/content/349/6245/302.full>
5. Gotzenberger, L., De Bello, F., Brathen, K.A., Davison, J., Dubuis, A., Guisan, A., Leps, J., Lindborg, R., Moora, M., Partel, M., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., Zobel, K. & Zobel, M. 2012. Ecological assembly rules in plant communities—approaches, patterns and prospects. *Biological Reviews* 87: 111-127. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-185X.2011.00187.x/full>
6. Grilli, G., Urcelay, C., Galetto, L., Davison, J., Vasar, M., Saks, Ü., Jairus, T. & Öpik, M. 2015. The composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities in the roots of a ruderal forb is not related to the forest fragmentation process. *Environmental Microbiology* 17: 2709-2720. <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1111/1462-2920.12623/>
7. Hempel, S., Gotzenberger, L., Kuhn, I., Michalski, S.G., Rillig, M.C., Zobel, M. & Moora, M. 2013. Mycorrhizas in the Central European flora: relationships with plant life history traits and ecology. *Ecology* 94: 1389-1399. <http://www.esajournals.org/doi/full/10.1890/12-1700.1>
8. Hiiesalu, I., Öpik, M., Metsis, M., Lilje, L., Davison, J., Vasar, M., Moora, M., Zobel, M., Wilson, S.D. & Partel, M. 2012. Plant species richness belowground: higher richness and new patterns revealed by next-generation sequencing. *Molecular Ecology* 21: 2004-2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-294X.2011.05390.x/full>

9. Hiiesalu, I., Partel, M., Davison, J., Gerhold, P., Metsis, M., Moora, M., Öpik, M., Vasar, M., Zobel, M. & Wilson, S.D. 2014. Species richness of arbuscular mycorrhizal fungi: associations with grassland plant richness and biomass. *New Phytologist* 203: 233-244. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12765/full>
10. Moora, M. 2014. Mycorrhizal traits and plant communities: perspectives for integration. *Journal of Vegetation Science* 25: 1126-1132. <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1111/jvs.12177>
11. Moora, M., Davison, J., Öpik, M., Metsis, M., Saks, U., Jairus, T., Vasar, M. & Zobel, M. 2014. Anthropogenic land use shapes the composition and phylogenetic structure of soil arbuscular mycorrhizal fungal communities. *FEMS Microbiology Ecology* 90: 609-621. <http://femsec.oxfordjournals.org/content/90/3/609>
12. Ohsowski, B.M., Zaitsoff, P.D., Öpik, M. & Hart, M.M. 2014. Where the wild things are: looking for uncultured Glomeromycota. *New Phytologist* 204: 171-179. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.12894/full>
13. Öpik, M., Davison, J., Moora, M. & Zobel, M. 2014. DNA-based detection and identification of Glomeromycota: the virtual taxonomy of environmental sequences. *Botany* 92: 135-147. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/cjb-2013-0110>
14. Öpik, M. & Moora, M. 2012. Missing nodes and links in mycorrhizal networks. *New Phytologist* 194: 304-306. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2012.04121.x/full>
15. Öpik, M., Zobel, M., Cantero, J.J., Davison, J., Facelli, J.M., Hiiesalu, I., Jairus, T., Kalwij, J.M., Koorem, K., Leal, M.E., Liira, J., Metsis, M., Neshatayeva, V.Y., Paal, J., Phosri, C., Polme, S., Reier, U., Saks, U., Schimann, H., Thiery, O., Vasar, M. & Moora, M. 2013. Global sampling of plant roots expands the described molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza* 23: 411-430. <http://link.springer.com/article/10.1007/s00572-013-0482-2/fulltext.html>
16. Saks, U., Davison, J., Öpik, M., Vasar, M., Moora, M. & Zobel, M. 2014. Root-colonizing and soil-borne communities of arbuscular mycorrhizal fungi in a temperate forest understory. *Botany-Botanique* 92: 277-285. <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.1139/cjb-2013-0058>
17. Zobel, M. & Öpik, M. 2014. Plant and arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities - which drives which? *Journal of Vegetation Science* 25: 1133-1140. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jvs.12191/full>
18. Thiery, O., Moora, M., Vasar, M., Zobel, M. & Öpik, M. 2012. Inter- and intrasporal nuclear ribosomal gene sequence variation within one isolate of arbuscular mycorrhizal fungus,

Diversispora sp. *Symbiosis* 58: 135-147. <http://link.springer.com/article/10.1007/s13199-012-0212-0/fulltext.html>

19. Uibopuu, A., Moora, M., Öpik, M. & Zobel, M. 2012. Temperate forest understorey species performance is altered by local arbuscular mycorrhizal fungal communities from stands of different successional stages. *Plant and Soil* 356: 331-339. <http://link.springer.com/article/10.1007/s11104-011-1116-0/fulltext.html>

20. Varela-Cervero, S., Vasar, M., Davison, J., Barea, J.M., Öpik, M. & Azcon-Aguilar, C. 2015. The composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities differs among the roots, spores and extraradical mycelia associated with five Mediterranean plant species. *Environmental Microbiology* 17: 2882-2895. <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/doi/10.1111/1462-2920.12810>

21. Willerslev, E., Davison, J., Moora, M., Zobel, M., Coissac, E., Edwards, M.E., Lorenzen, E.D., Vestergard, M., Gussarova, G., Haile, J., Craine, J., Gielly, L., Boessenkool, S., Epp, L.S., Pearman, P.B., Cheddadi, R., Murray, D., Brathen, K.A., Yoccoz, N., Binney, H., Cruaud, C., Wincker, P., Goslar, T., Alsos, I.G., Bellemain, E., Brysting, A.K., Elven, R., Sonstebo, J.H., Murton, J., Sher, A., Rasmussen, M., Ronn, R., Mourier, T., Cooper, A., Austin, J., Moller, P., Froese, D., Zazula, G., Pompanon, F., Rioux, D., Niderkorn, V., Tikhonov, A., Savvinov, G., Roberts, R.G., Macphee, R.D.E., Gilbert, M.T.P., Kjaer, K.H., Orlando, L., Brochmann, C. & Taberlet, P. 2014. Fifty thousand years of Arctic vegetation and megafaunal diet. *Nature* 506: 47-51. <http://www.nature.com/nature/journal/v506/n7486/full/nature12921.html>