

Iidne tarkus uude aega – kuidas mõista mikroobide jõudu

Anne Biklé & David R. Montgomery

Tilluke talunik kõnnib jahedal hommikul mööda oma lemmikpõldu, otsib viljas hõredaid laiike ja kahjurite jälgi. Lähedalasuvad töölised viipavad talle ja näitavad, et seni läheb kõik hästi. Nende heade uudiste peale suundub sipelgast talunik tundlaid väristades raja poole, mis viib tema allmaailmast välja. Eesmärk? Koguda rohkem orgaanilist materjali, et toita seenesaaki, millest elab tema ühiskond. Meil oleks lehelõikaja-sipelgatelt mõndagi õppida. Nemat ei osta ühtki sisendit sisse, nende põllud annavad ohtrat saaki ning kahjulikud umbrohud ja kahjurid ohustavad neid harva. Nende saagi tagavad olendid, kes on väiksemad neist endistki: ainuraksed mikroorganismid. Lehelõikaja-sipelgate põllumajandus ei ole meie mõistes mahepõllumajandus, ehkki orgaaniline aine on mängus, ent samuti ei ole see tavapärane peavoolu-põllumajandus. Vaata kuidas tahad, need sipelgad-talunikud on välja mõelnud, kuidas tegutseda mikroobimaailmaga koos, mitte selle vastu.

Lehelõikaja-sipelgad kasutavad ära seente lagundamisvõimet, et kultiveerida *Agaricaceae* sugukonna teatud liike. Selleks peavad sipelgad seentele andma lagundamiseks orgaanilist ainet. Nad suunduvad oma maa-aluste põldude kohale puude võradesse, koguvad sealt lehti ning lõikavad neid hoolikalt üha väiksemateks tükikesteks. Sipelgas surub oma võimsad lõuad ümber ebakorrapärase, hulknurkse kujuga lehetüki ning asub seda mööda pikka koduteed vinnama. Kümned teised teevad sedasama, tekitades tillukeste roheliste purjede laine, mis mööda puutüve alla voolab.

Sipelgad kaitsevad seenesaaki kahjurite eest oma mikrobioomi bakteriaalse liikme (*Pseudonocardia* ühe liigi) abiga, kes elab nende eksoskeleti pragudes ja õnarustes. See bakter eritab antimikroobset ühendit, mille abil sipelgad takistavad sissetungival mikroseeneliigil *Escovopsis*'el oma seenepõlde vallutamast ja neil parasiteerimast. Isegi sipelgate põllumajanduses on väga tähtis, et saak saaks piisavalt lämmastikku. Selles osas abistab neid bakteriliik *Klebsiella*, mis elab sipelgate põldudel koos seentega ja muudab õhus leiduvat lämmastikku seentele kättesaadavaks lämmastikuvormiks. Kui seened toituvad värsketest lehtedest, paisuvad nende juurelaadsete hüüfide otsad. Sinna tekivad tillukesed viinamarjakobaraid meenutavad moodustised, kus leidub rikkalikult rasvu ja suhkruid, millest sipelgad toituvad. Samuti leidub neis ka asendamatuid aminohappeid, mida seen valmistab *Klebsiella* bakterite abiga saadud lämmastikust. Ja mis sipelga kehasse siseneb, peab sipelga kehast muidugi ka väljuma, sealhulgas ka seedimata seeneensüümid, mis lehematerjali lagundavad. Sipelgad ei kogu ega kõrvalda oma „kaitsepoogitud“ sõnnikut, vaid pudistavad selle laiali, umbes nagu lehmad ja muud mäletsejad teevad, kui neil lastakse vabalt rohtu süüa. On siiski üks tähtis erinevus. Sipelgad paigutavad sõnniku sihipäraselt oma seenepõldude neisse osadesse, mis ei ole kuigi uued ja värsked ja kus seetõttu ensüüme napib. Ensüümirikka sõnniku peale laotatakse värsket lehematerjal, mis põhjustab plahvatusliku seenekasvu ja toidab sipelgaid. Teisisõnu multšivad need pisitalunikud oma seenepõlde erineva orgaanilise ainega.

ÜHISED ALUSED

Olgu tegu sipelga või inimesega, orgaanilise aine loomise ja ringluses hoidmise praktika on igas suuruses taludele tugevaks aluseks. Seda taipasid ka mõned 20. sajandi alguse progressiivsed talunikud nagu Sir Albert Howard ja Lady Eve Balfour. Oma kogemuste tuginedes asusid Howard, kes oli tegutsenud Indias agronoomina, ja Balfour, kes pidas Inglismaal talu, edendama kasulikku mullaelustikku, iseäranis mükoriisat moodustavaid seeni kui terve saagi saamise võtmelemente. Nad andsid teada mitmetest juhtudest, kus

põllukultuurid, mis kasvasid nende terminit kasutades „elaval mullal“, osutusid kahjurite ja patogeenide tõrjumises tõhusamaks.

Howard ja Balfour arvasid lisaks, et kasulik toime põllukultuuridele jõuab ka neid söövate loomade ja inimesteni. Tollane teadus ei suutnud aga selgitada, millised mehhanismid on mulla elurikkuse kasuliku toime taga. Pärast Teist maailmasõda asusid põhivoolu teadlased ja tavatalunikud järjest enam nende ideedest loobuma.

Tänapäevane kiirelt laienev taimede mikrobioomi teadus paljastab Howardi ja Balfouri poolt ette kuulutatud põhilised teed ja mehhanismid – ja veel palju muud. Taimede ja neid katvate mikroobide kohta käivad uued avastused ja leiud on põllumajanduslikust vaatepunktist eriti tähtsad, kuna muld on maailma suurim mikroorganismide varasalv.

Selgub, et mullamikroobide kogukonnad hoiavad töös toitainetsükleid, mis on põllumajanduses kõige tähtsamad, eeskätt lämmastiku ja süsiniku osas. Maa kõige väiksemad olendid tagavad, et orgaaniline aine, surnud taimede ja loomade jäänused, kaasatakse uue elu loomise tsükklisse. Samuti vahendavad nad kivimite murenemisel vabanevate mineraalainete liikumist ja aitavad neil jõuda taimedesse (ning sealtkaudu inimestesse ja loomadesse, kes neid taimi söövad). Mullaelustiku kogukonnad loovad bioloogilise luureandmestiku, mis annab põllukultuuridele märku, kui on vaja toota fütokemikaale.

Mikrobioomiteaduse avastused aitavad ümber kujundada meie põllumajandus- ja aianduspraktikaid. Kas me peaksime edaspidigi püüdma hävitada eluvorme, mida peame probleemseteks, või hoopis kultiveerima neid, mis aitavad meie saagil edukamalt valmida? Regeneratiivne põllumajandus on üks võimalikke samme teise variandi suunas, sest see kasutab ära mikrobiaalseid suhteid, mis on saagi tervise ja heaolu aluseks.

UUS MÕTLEMINE

Kõige keerukam asi iidsete mikroobitarkuste toomisel tänapäeva põllumajandusse on see, et see nõuab meie mõtteviisi muutmist. Tavatarkus võib olla küll võimas ja kasulik ning aidata kehtestada norme ja tõhusaid võtteid, aga kui meie mõtlemine muutub nii jäigaks, et me ei suuda enam vastu võtta uut teavet ja tõendeid, siis hakkab see takistama innovatsiooni, loovust ja progressi. See on aga viimane, mida me põllumajanduses vajame, sest vaja on kohaneda kliimamuutustega ning tulla samas toime mulla viljakuse ja toidu toitainesalduse vähenemisega.

Tasub küsida, kust meie ideed mikroobide kohta üldse pärit on. 1860. aastatel said kahe särava rivaali, Prantsuse keemiku Louis Pasteuri ja Saksa mikrobioloogi Robert Kochi tööst alguse põhjanevad läbimurded selles, kuidas me mõistame mikroobimaailma. Oma laboris, mis oli täis hullunud marutõbiseid koeri, arendas Pasteur välja viisi, kuidas tulla toime marutõvega. Kochi tegevus oli sama riskantne, tema pidas laboris tuberkuloosibakterist saadud bakterikultuure. Kahe peale jälitasid nad üht nakkushaigust teise järel, jõudes seda põhjustava mikroorganismini. Nende töö viis pisikuteooriani ning pani alguse teaduslike tõendite kogumile, mis tegi revolutsiooni sajandeid inimesi piinanud nakkushaiguste tuvastamises ja ravis.

Kogemused patogeensete mikroobidega mõjutasid tugevalt meie suhteid mikroobimaailmaga tervikuna. Pisikuteooriast tõusis tohutult kasu, aga samas viis see suurema osa meist mõtteni, et kõik mikroobid, millega me kokku puutume, tuleb kas kõrvaldada või tappa. See mõtteviis tekitas probleemi, kahjulikult ebatäieliku pildi mikroobide rollist põllumajanduses, ühes inimkonna kõige märgilises ja olulisemas tegevusvaldkonnas.

NUMBRITENA

Hiljutised hinnangud Maa elustiku rikkuse ja arvukuse kohta aitavad laiendada meie vaadet mikroobimaailmale. Hinnanguline nimetatud ja nimetamata liikide arv jääb nüüd vahemikku 1–6 miljardit. See on küll silmipimestavalt suur arv, ent arvestagem, et suurem osa liike on

ainuraksed (mikroobid). Arvatakse, et bakterid üksinda moodustavad 70–90 protsenti praegu elusolevast umbkaudu miljardist liigist.

Need numbrid omandavad suurema tähenduse ja olulisuse, kui võtta arvesse, et suurem osa mikroobimaailmast elab tihedates suhetes peremeesorganismiga, milleks võib olla taim, loom, seen või ka teine mikroob. Pealekauba on selgunud, et suurem osa mikroobe on sümbiondid, mitte haigusi põhjustavad patogeeneid.

Kõige suurema töö meie silmade ja mõistuse avamisel sellele faktile on ära teinud Lynn Margulis, bioloog, kellel oli oskus mõelda väljaspool väljakujunenud dogmasid. Margulis hakkas mikroobimaailma uurima umbes 50 aasta eest. Tema kõige tuntum idee tulenes küsimusest, millest oleneb kogu Maa elustiku mõistmine: kuidas tekkis üldse hulkrakne elu, millest koosneme meie ja kõik muud loomad, taimed ja seened?

Margulis pakkus, et see pikk protsess sai alguse umbes 2 miljardi aasta eest. Sel ajal oli kogu Maa elustik mikroobne. Nagu kõik, mis praegu elus on, vajasis ka need mikroobid toitu. Ühel päeval, kui üks mikroorganism sõi ära teise, juhtus midagi märkimisväärset. Sööja ja söödu jätkasid elamist ühinenud organismina, üks teise sees. Margulis nimetas seda endosümbioosiks, sisemiseks sümbioosiks. Ta näitas järgmisena, et sadade miljonite aastate vältel tekkisid mitmete sõltumatute mikroobsete ühinemiste alusel tüvikonnad, millest arenesid välja ussikesed, tiigrid, seened ja taimed – ja kõik muud eluvormid, mis meile praeguseks teada on.

Margulise idee, et sümbiootilised suhted olidki hulkrakse elu aluseks, ajas akadeemilistes ringkondades paljudel karva turri. Ketserlik mõte, et organismid võivad ühineda ja uudsel viisil koos tegutsema asuda, et ellujäämisvõimalusi parandada, läks vastuollu klassikalise seisukohaga, et uute liikide teket ajendas konkurents. Kümneid aastaid pärast seda, kui Margulis kolleege oma endosümbioosi teooriaga raputas, oli see kogunud piisavalt toetavaid tõendeid genoomikast, raku- ja molekulaarbioloogiast ja muudest valdkondadest, et tema kunagi ennekuulmatu idee ilustab nüüd algtaseme bioloogiaõpikuid.

KOOS ON PAREM

Nüüdsel ajal lõikab põllumajandus kasu endosümbioosi ideest, millest lähtuvalt ei olegi eluvormide vaheline peamine suhtlusviis üksnes konkurents. Koostöö ja kohanemine on samuti tähtsad ja aitavad edasi viia ökoloogilisi protsesse, mis toetavad elu sellisena, nagu meie seda teame.

Selles valguses on ilmne, miks kogu mikroobimaailma vaatlemine läbi suhteliselt napiarvuliste patogeeneide prisma võib meid eksiteele viia. Samuti tähendab see, et põllumajandus peab mikroobimaailmale lähenema palju nüansseeritumalt ja mõistvamalt. Võtame näiteks toidutaimede lämmastikuvajaduse. Kaua aega enne sünteetilise lämmastikväetise loomist tuginesid talunikud toidutaimede ning lämmastikku töötlevate bakterite sümbiootilisele suhtele. Sellised suhted on kõigist botaanilise maailma sümbioosidest kõige spetsiifilisemad ja vanemad, need on isegi tolmeldamisest miljuoneid aastaid vanemad. Seda leidlikku looduslikku tehnoloogiat on mõistlik ära kasutada. Taimede ja teatud mullas elavate bakterite vaheline on keerukas keemiline kommunikatsioon. Juuremügarates elavad bakterid seovad õhulämmastikku ja muudavad selle taimedele kättesaadavasse vormi. Vastutasuks saavad bakterid peremeestaimelt pideva varu süsivesinikke ja muid toitaineid.

Sümbioosid aitasid botaanilist maailma ühendada ka teatud sorti seentega, kui esimesed taimed 450 miljoni aasta eest kuivale maale tulid. Kuna varasemat taimset elu ei olnud, siis puudus ka pinnas ja väheses mullas nappis orgaanilist ainet. Olukord oli küps, et välja saaksid areneda sümbiootilised suhted, arvestades nende roheliste pioneeride ja resideeruvate seente tugevaid ja nõrku külgi.

Mullas elavad seened võtsid fosfori ja muud mineraalained ja transportisid need läbi oma

hüüfide esimeste kuivamaataimede juurtesse, kuid taimed pidid aga midagi vastu andma. Kuna taimedel on võime muuta päikesevalgus ja süsinikdioksiid energiarikkaks toiduks, juhtisid nad osa oma fotosünteesi saaduseks olevatest süsivesikutest juurte kaudu välja, toitaineid toovate seente hüüfidesse.

Need lõputud edasi-tagasi vahetused aitasid tekitada rohkem taimset biomassi ja seeläbi uue toitainetallika mullaelustikule; see taimne orgaaniline materjal oli rikas mineraalainete, fütokemikaalide ja muude ühendite poolest.

Selle kontseptsiooni talus rakendamine nõuab filosoofilist lähenemist, millest Põhja-Dakota talunik Gabe Brown väga hästi aru sai. Tavapõllumajandust viljeledes ärkas ta hommikul üles ja mõtles, mida sel päeval ära tappa. Nüüd viljeleb ta regeneratiivset põllumajandust ning hommikul üles ärgates mõtleb ta, millel ta aitab ellu jääda. Samamoodi on hakanud mõtlema paljud talunikud, nii mahe- kui ka tavapõllumajanduses. Selline vaatenurga muutus on esimene samm iidsete tarkuste taga oleva teaduse ja tänapäevase põllumajanduse omavahelise lepitamise teel.

Külastasime kogu maailmas talunikke, kes olid taastanud oma mulla viljakuse, ja veendusime, et regeneratiivne põllumajandus tugineb kolmele põhimõttele. Esmalt tuleb miinimumi viia kündmine ja äestamine, võimalusel need hoopis ära lõpetada – need rebivad mikroobide ja teiste mullas elavate organismide kodult katuse ja seinad maha. Teiseks tuleb alati põllul midagi kasvamas hoida. Taimkatteta põld ei tähenda mulla „puhkamist“, vaid mikroobikogukondade ja muu pinnaseelustiku näljutamist. Kolmandaks tuleb kasvatada palju erinevaid kultuure. See on parim lahendus maa-aluse elustiku toitmiseks, destabiliseerides ja häirides samas kahjurite ja patogeenide populatsioone. Teisisõnu, visake ader käest ja asuge kasvatama arvukaid kultuure. Need regeneratiivse põllumajanduse tugisambad loovad ja kaitsevad sümbioose, mida meie toidutaimed ja loomad vajavad selleks, et ellu jääda ja õitseda. Seda iidset tarkust on meil tänases päevas järjest enam tarvis.

Anne Biklé on mullabioloog, kes kirjutab inimeste, taimede, toidu, tervise ja keskkonna vahelistest seostest. David R. Montgomery õpetab Washingtoni ülikoolis geomorfoloogiat ja uurib geoloogiliste protsesside mõju ökoloogilistele süsteemidele ja inimühiskondadele. Nad on kirjutanud muu hulgas raamatud „Dirt“ (Muld), „The Hidden Half of Nature“ (Looduse peidetud pool) ja „Growing a Revolution“ (Kasvatades revolutsiooni). Vt ka Dig2Grow.com

Lühendatult artiklist Anne Biklé & David R. Montgomery „Ancient Wisdom for Modern Times“, Acres USA, nov 2018