

2. MAAN VILJAVUUS

2.1 MAAN LUONTAININEN VILJAVUUS

Viljelymaa on elämää täynnä olevan maankuoren ylin kerros. Kasvit kasvavat maassa. Kasvit ekosysteemin tuottajina luovat elinmahdollisuudet edelleen eläimille ja ihmisille. Noin metrin kerroksesta ja pääasiassa noin 20 cm:n ylimmästä kerroksesta viljavaa maata riippuu elämän olemassaolo maapallolla. Maata ja maan viljavuutta tarkastellaan seuraavassa lähemmin. Maa on syntynyt mineraaliaineksesta rapautumisen kautta. Se koostuu kahdesta pääosasta: epäorgaanisesta (mineraaliaines) ja orgaanisesta eli eloperäisestä aineksesta (kasveista ja eläinjätteistä peräisin oleva osa). Näiden lisäksi maassa on ilmaa ja vettä.

2.1.1 MAAN KERROKSIA

Maa on elävän elimistön tavoin jatkuvasti toimiva systeemi – maa-kasvi-systeemi. Viljavassa maassa vilisee hyönteisiä, matoja, sieniä ja bakteereita. Maa koostuu erilaisista päällekkäisistä, toiminnallisista kerroksista. Jokainen kerros tarjoaa omat erityiset elinolot siinä eläville eliöille.

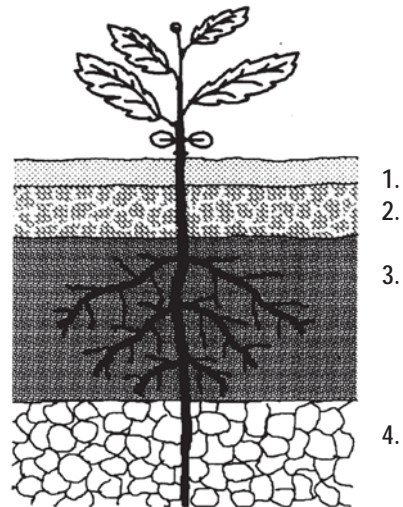
Maan *pintakerros* on biologisesti aktiivisin. Siinä voidaan erottaa toiminnallisesti kolme erilaista kerrosta:

1) *Karike- eli katekerros* on luonnontilaisessa maassa ylin kerros. Se koostuu eloperäisistä jätteistä (esim. lehdet ja neulaset), jotka putoavat maan pinnalle. Karikekerroksen paksuus voi olla paikasta riippuen muutamia senttimetrejä. Se suojaa maata sadepisaroilta, kulumiselta, kylmältä, auringonpahteelta jne.

2) *Lahoamiskerros* on edellisen kerroksen alapuolella. Se koostuu lähinnä kasvijätteistä, joita maan eliöstö on jo osittain hajottanut. Erilaiset maaperäeläimet, sienet ja bakteerit ovat tässä kerroksessa erityisen toimeliaita ja hajottavat eloperäistä ainetta. Ne myös tuottavat uusia aineita esim. mururakennetta lujittavia lima- ja humusaineita.

3) *Muruinen multakerros* eli *humuskerros* on noin 10–20 senttimetrin paksuinen maakerros, jossa pääosa juuristosta sijaitsee. Se on tiheästi juuriston täyttämä, biologisesti aktiivinen, muruinen ja ilmava. Täällä hiusjuurten vaiku-

MAAN KERROKSIA



1. Karikekerros

- ei juuria
- kuollut eloperäinen aine suojaa maan pintakerrosta
- lahoaminen alkaa

2. Lahoamiskerros

- ei juuria
- vilkas eloperäisen aineen hajoaminen
- lima- ja humusaineiden tuotantoa

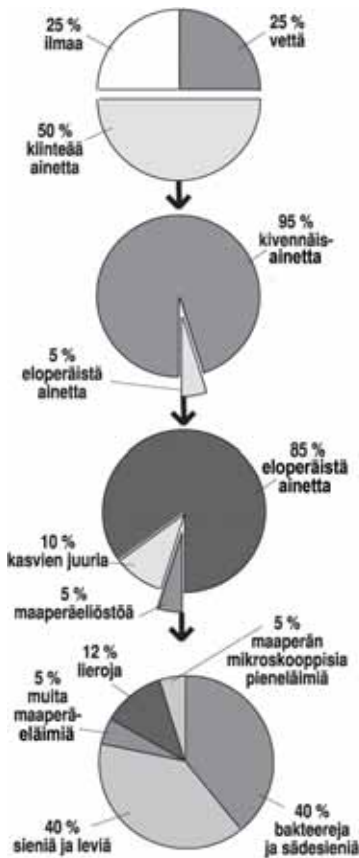
3. Muruinen multakerros

- pääosa juuristosta
- pääosa ravinteiden otosta
- veden ottoa
- aineenvaihdunta aktiivista
- murustamista ja humusaineiden tuotantoa

4. Pohjamaakerros

- pääjuuria
 - tukevat kasvia
 - veden ottoa
 - ravinteiden ottoa
- juuret ja lierot tekevät jatkuvia huokosia
- elävyys ja rapautumisaste laskevat alaspäin mentäessä

VILJAVAN NIITTYMAAN KOOSTUMUS



© HY/Mii Rajala/AH 1996

tusalueella tapahtuu pääasiassa hitaasti hajoavan eloperäisen aineksen hajoamista sekä maan rakennustoimintaa, kuten lima-aineiden muodostumista, murustumista ja humusaineiden valmistusta. Tästä toiminnasta vastaavat erityisesti bakteerit ja sienet. Samanaikaisesti nystyräbakteerit ja muut pieneliöt sitovat tässä kerroksessa ilmakehästä tyypeä. Aineenvaihdunta on erityisen aktiivista tässä kerroksessa, mm. kasvien ravinteiden otto tapahtuu pääosin tästä kerroksesta.

Edellisen kerroksen alapuolella oleva pohjamaakerros eli kivennäismaakerros koostuu pääasiassa rapautuvasta kiviaineksesta. Se voi olla olosuhteista riippuen muutama kymmenen senttimetrin–metrin paksuinen. Se on maaperän vesi- sekä ravinnevarasto. Maan ravinteet vapautuvat kasveille käyttökelpoiseen muotoon hitaasti kemiallisen, fysikaalisen ja biologisen vapautumisen avulla. Tällöin muodostuu myös savimineraaleja. Syvemmälle mentäessä mineraalikerroksen aktiivisuus vähenee.

Tämän kerroksen alapuolella on varsinainen peruskivennäisaine, joka on vielä rapautumatonta. Se on suuri, hitaasti käyttökelpoiseen muotoon tuleva ravinnevarasto. Se koostuu enimmäkseen piistä ja alumiinista. Mineraalikoostumuksesta riippuen siinä on lisäksi vaihtelevia määriä kalsiumia, magnesiumia, kaliumia, fosforia sekä hivenaineita.

Kasvipeitteisyys ja karikkeet maan pinnalla ovat tärkeitä maata suojaavan vaikutuksen takia. Ne myös suosivat monia pieneliöitä kuten kastelieroja. Kukin toiminto tapahtuu maassa parhaiten sille ominaisessa kerroksessa ja voimakas kerrosten sekoittaminen voi häiritä maakasvi-systeemin toimintaa.

2.1.2 MAAN VILJAVUUDEN ILMENEMINEN

VILJAVAN MAAN OSAT

Maa muodostuu kivennäisaineesta ja eloperäisestä aineesta. Viljavassa maassa on kiintoainetta tilavuudesta noin puolet, toinen puoli on jakaantunut veden ja ilman kesken. Seuraavassa esimerkissä on kiintoaineesta eloperäistä ainetta noin 5 % eli noin 125 t/ha 20 cm:n multakerroksessa. Eloperäisestä aineesta hitaasti ja erittäin hitaasti hajoavaa eloperäistä ainetta on noin 85 % ja maaperäeliöstöä noin 5 % eli noin 6 t/ha. Loput ovat kasvien juuria. Maaperäeliöstöstä noin 40 % on bakteereita ja sädesieniä, 40 % sieniä ja leviä, lieroja noin 12 % sekä loppu muita maaperäeläimiä.

Viljava maa on:

- muruista
- huokoista, ilmavaa
- hyvin vettä varastoivaa ja läpäisevää
- eloperäistä ainetta hajottavaa
- ravinteita ja muita kasvuun vaikuttavia aineita tuottavaa ja varastoivaa
- haitta-aineita syrjäyttävää
- vettä puhdistavaa

VILJAVUUSKÄSITE

Maan kykyä toimia kasvualustana ja tuottaa satoa nimitetään perinteisesti maan *viljavuudeksi* tai *sadontuottokyvyksi* eli *kasvukunnoksi*. Luonnonmukaisen viljelyn näkökulmasta maan viljavuus on kuitenkin ensisijaisesti maan *toiminnallinen kyky* tuottaa maan viljavuudelle ja kasvien kasvulle välttämättömiä ja hyödyllisiä tekijöitä. Viljavuus on ensisijaisesti maa-kasvi-systeemin eri osapuolten välistä toimintaa; maan mineraaliaineksen, eloperäisen aineksen, pieneliöstön ja juurten sekä ympäristön välillä.

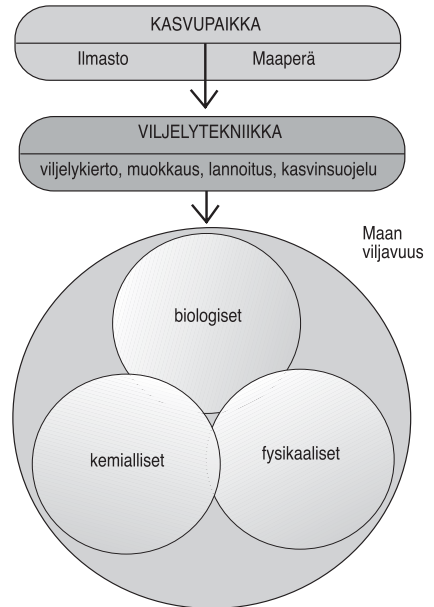
Maan viljavuus ilmenee maan kykynä tuottaa satoa eli saavutettuna *sadon määränä ja laatusa*. Viljavuuden kestävyys ilmenee mm. riippumattomuutena ulkopuolisista (uusiutumattomista) tuotantopanoksista (esim. ravinteet, kasvinsuojeluaineet, työ). Viljavuuden tärkeä ominaisuus on myös maa-kasvi-systeemin toiminnan *vakaus* pitkällä tähtäimellä. Maan vakauden eli *itsesäätelykyvyn* merkitys korostuu luonnonmukaisessa viljelyssä erityisesti ravinnetasojen ylläpidon ja happamuuden sekä tautien ja tuholaisien että rikkakasvien hallinnassa. Viljava maa pitää lisäksi *ympäristön hyväkuntoisena*. Viljavasta maasta *ravinnepestöt* ja *eroosio* jäävät vähäisiksi. Viljava maa *puhdistaa vettä*. Viljavalla maalla on suuri *puskurikyky* esimerkiksi maata happamoittavia tekijöitä vastaan. Se kykenee syrjäyttämään ja tekemään vaarattomaksi erilaisia haitallisia aineita, esim. hajottamaan kemikaaleja ja sitomaan raskasmetalleja.

Viljavuus riippuu maan minerologisista (= kallioperäisistä), kemiallisista, fysikaalisista ja biologisista tekijöistä. Maan viljavuuteen vaikuttavat mm. happamuus, ravinteisuus, vesitalous, lämpimyyden, eloperäisen aineksen määrä ja laatu, pieneliöt, kasvien juuret ja pieneliöstön ravinto sekä viljelijän työ. Keskeistä maan viljavuuden kannalta on se, miten koko maa-kasvi-systeemi toimii. Ei niinkään se, miten paljon maassa on jotain kasville hyödyllistä tekijää.

2.1.3 BIOLOGISET VILJAVUUSTEKIJÄT

Biologisia viljavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. kasvien juuret ja juurieritteet, pieneliöstö ja eloperäinen aines. Biologiset tekijät tekevät maan ylimmästä osasta elävää ruokamultaa.

MAAN VILJAVUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT



Odotuksia maan viljavuudelta:

Sato

- määrä ja laatu

Toiminnan säätely pitkällä tähtäimellä:

Kestävyys

- ravinteikas
- riippumattomuus uusiutumattomista panoksista

Vähäinen työntarve

- helppo muokata

Itsesäätely

- rikkakasvit, taudit ja tuholaiset
- happamuus

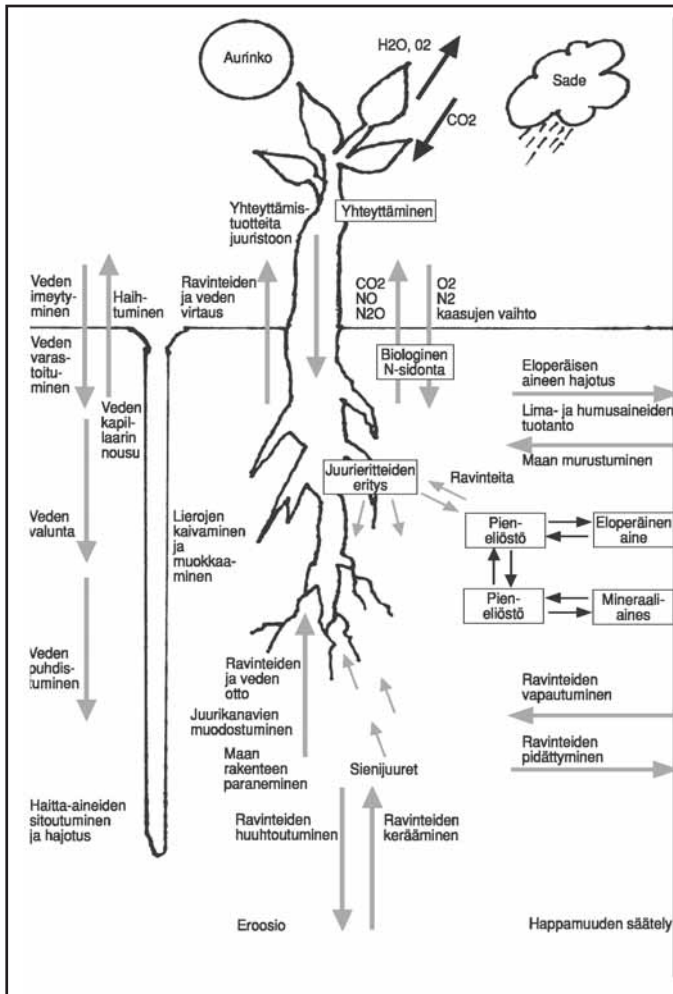
Ympäristö

- ravinnehävikkien ja eroosion minimointi

Puskurikyky

- haitta-aineiden syrjäyttäminen

VILJAVAN MAAN TOIMINTOJA



Viljavan maan (maa-kasvi -systeemin) toimintoja

Yhteystämien/kasvien kasvu

- yhteystämistuotteita juuriin ja maahan
- ravinteita ja vettä maasta kasviin

Ravinteiden otto ja kierto

- ravinteiden vapautuminen eloperäisen aineenhajotuksessa ja mineraaliaineksista
- ravinteiden passiivinen ja aktiivinen otto, symbioottinen ravinteiden otto

Eloperäisen aineksen hajotus

Eloperäisten aineksien tuotanto

- lima-aineita maan mururakenteen lujittamiseen
- humuksen muodostuminen

Maan murustuminen

- kemiallis-fysikaaliset prosessit
- biologiset prosessit

Maan hengitys

- happea ja typpeä ilmastusta maahan
- hiilidioksidia ja typen oksideja ym. maasta ilmaan

Veden kierto

- veden imeytyminen maahan
- veden varastoituminen maahan
- ylimääräveden valunta pohjamaahan ja edelleen salaojiin
- veden (kapillaarinen) nousu

Happamuuden säilyttäminen

- puskurikyky

Haitta-aineiden syrjäyttäminen

Veden puhdistaminen

KASVIEN JUURET JA JUURIERITTEET

Juuristo koostuu yhdestä tai useammasta isommasta juuresta, ohuemmista sivujuurista ja lyhyistä juurikarvoista. Eri kasvien juuriston määrä, tiheys ja syvyys vaihtelevat suuresti.

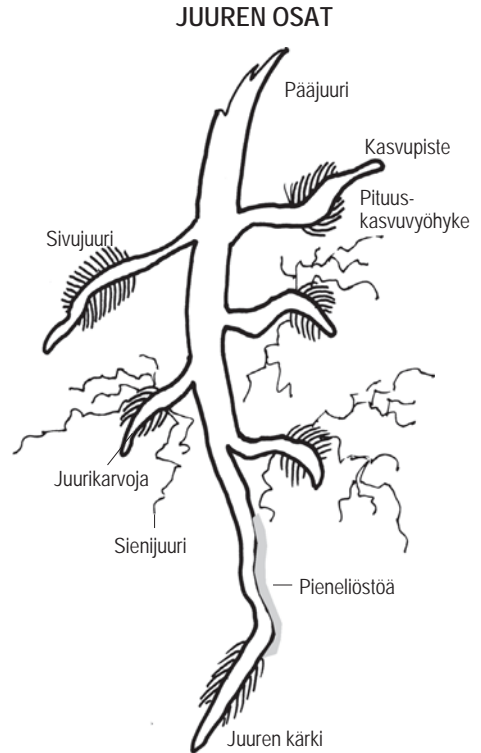
Kasvaessaan kasvit työntävät juurensa maahan maa-murujen ja kokkareiden väleihin. Ne ottavat maasta ravinteita ja vettä, jolloin maa kuivuu ja voi halkeilla. Juuret tekevät mekaanista työtä kasvaessaan tiiviiseenkin maa-

han. Juuret myös sitovat maata muruiseksi hiusjuurien ja juurikarvojen avulla. Juurten kuollessa maahan jää jatkuvia reikiä eli *juurikanavia*. Mikäli näitä jatkuvia juurikanavia on riittävästi, maa läpäisee hyvin liian sadeveden. Juurikanavia ja lierojen kaivamia käytäviä myöten seuraavan vuoden kasvin juurten on myös helppoa kasvaa maahan. Juurikanavia myöten myös maan kaasujen vaihto tapahtuu joutuisasti. Juurten toiminta on tärkeä *murustumista lisäävä* ja *rakennetta parantava* tekijä.

Kasvien yhteyttämistuotteista noin puolet ohjautuu juuriston kasvuun, toimintaan ja eritteisiin. Juuret erittävät hiilidioksidin lisäksi erilaisia *juurieritteitä* jopa neljänneksen yhteyttämistuotteiden määrästä. Juurieritteiden määrä riippuu ennen kaikkea kasvilajista ja kasvuolosuhteista. Maata parantavilla kasveilla erityis on runsasta. Eritteet auttavat kasvia mm. ravinteiden saannissa maasta. Ne toimivat myös pieneliöstön ravintona. Juurten pinnalla ja niiden välittömässä läheisyydessä (n. 1 mm) pieneliöstöä on kymmeniä kertoja muuta maata enemmän ja sen toiminta-aktiivisuus on vielä määränkin lisäystä suurempi. Tämän *juuristovyöhykkeen* eli *ritsosfäärin* pieneliöstö voi auttaa kasvia mm. ravinteiden saannissa ja suojata taudeilta. Juuriston ”jatkeena” voi useimmilla kasveilla toimia myös *sienijuuri*.

Juuret täyttävät parhaimmillaan noin 1–2 % maatilavuudesta. Juuriston ja juurikarvojen yhteenlaskettu pinta-ala voi olla monikymmenkertainen maanpäällisten osien pinta-alaan verrattuna. Juuriston kasvunopeus on heinäkasveilla keskimäärin noin 1,0–1,5 cm/vrk. Juurisienet voivat lisätä juurten laajuuden ja juurten tavoittaman maatilavuuden moninkertaiseksi. Juurikarvojen pituus ja lukumäärä on riippuvainen mm. lajikkeesta ja lannoituksesta. Oheisessa kuvassa on uuden ohralajikkeen (Linja NK94682) juurikarvat, jotka olivat keskimäärin 0,35 mm pitkiä. Vanhan Herse-lajikkeen juurikarvojen pituus oli 0,56 mm ja niitä oli enemmän. (Holtén ja Loes 2002, s. 311)

Vahvajuuriset kasvit (esim. apila) kykenevät kasvaamaan tiiviiseenkin maahan. Runsaasti juurimassaa tuottavat kasvit kuohkeuttavat maata, lisäävät maahan eloperäistä ainetta ja aktivoivat maan pieneliötoimintaa. Ne ovat näin *maata parantavia kasveja*. Viljat sekä varsinkin peruna, juurekset ja vihannekset ovat heikkojuurisina vaatelaita maan rakenteen suhteen.



Juurten kasvua suosivat mm. maan hyvä rakenne ja kohtuullinen maan vastus, kohtuullinen veden niukkuus, niukka typen saanti ja riittävä fosforin saanti, kompostilannoitus sekä runsas valon määrä ja suuri nettofotosynteesi. Lajikerot juurten kasvussa ovat suuria. Tämä on havaittu mm. tutkittaessa juurikarvojen pituuksia eri lajikkeilla. Niukalla ravinnetasolla eräillä lajikkeilla juurikarvat voivat kasvaa paljon pitemmiksi kuin toisilla lajikkeilla.

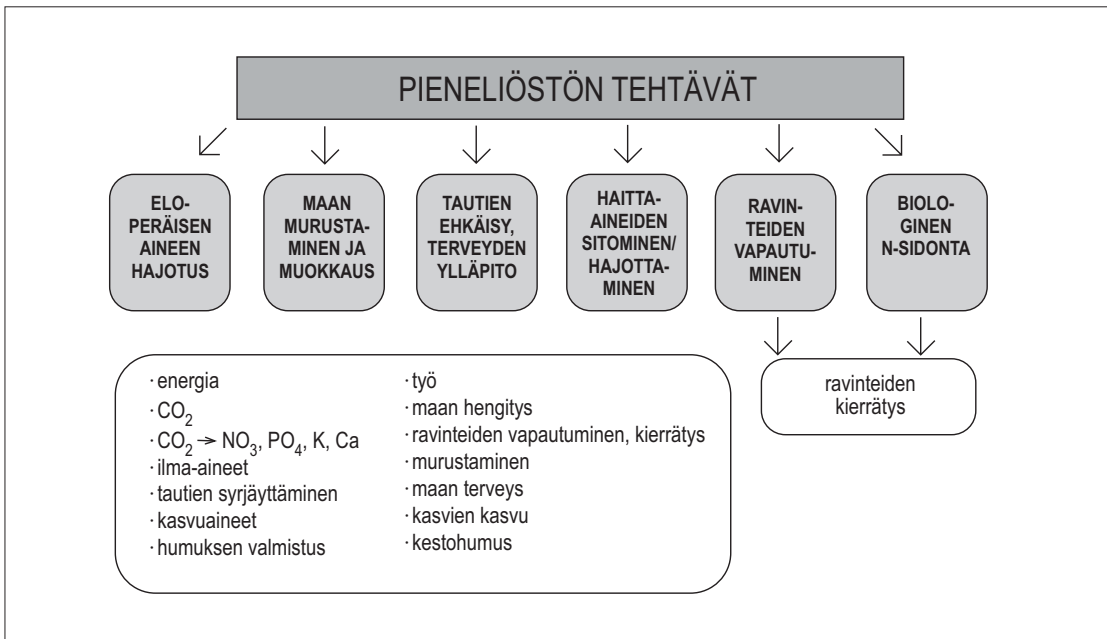
PIENELIÖSTÖ – MAAN MONIMUOTOISUUTTA

Sopiva pieneliöstön toiminta on maan viljavuuden ja kasvien hyvän kasvun perusedellytys. Kourallisessa elävää maata on pieneliöstöä lukumääräisesti enemmän kuin maapallolla ihmisiä. Lajirunsaus on myös melkoinen; maassa on erilaisia bakteereita, sädesieniä, sieniä, leviä, hyppyhäntäisiä ja lieroja. Suomalaisessa peltomaassa on pieneliöstöä keskimäärin 1,5–3,0 t/ha. Kaikkein viljavimmissa pelloissa, esim. jatkuvasti kompostilla lannoitetuissa puutarhoissa, pieneliöstöä on kuitenkin moninkertainen määrä. Oheiseen taulukkoon onkin otettu mukaan Braunsin esittämiä optimimääriä eri pieneliöryhmittä Keski-Euroopan olosuhteissa. Viljelyn kannalta erityisen merkittäviä yksittäisiä pieneliöryhmiä ovat mm. lierot, sienijuuria muodostavat sienet ja typensitojamikrobit. Monimuotoista pieneliöstöä pidetään viljavuudelle edullisempänä kuin yksipuolista. Pieneliöstön määriä tärkeämpää on kuitenkin se, miten ne toimivat.

PELTOMAAN PIENELIÖSTÖN MÄÄRÄ

	Elopaino kg/ha	Optimimassa kg/ha
Bakteereita	500	5 000
Sienirihmasto	1 000	10 000
Sädesieniä	200	5 000
Alkueläimiä	30–200	?
Sukkulamatoja	2–50	200
Punkkeja	3–30	100
Hyppyhäntäisiä	2–20	?
Änkyrimatoja	5–50	?
Hyönteistoukkia	10–100	?
Kovakuoriaisia	5–50	200
Hämähäkkejä	2–10	10
”Tuhajalkaisia”	2–10	20
Lieroja	10–1 000	4 000
Yhteensä	2–3 t/ha	20–30 t/ha

Huhta ym. 1978, Brauns 1968



Pieneliöstön tehtävät ja merkitys

Pieneliöstö toimii maassa useiden viljavuuden kannalta tärkeiden tehtävien suorittajana – ”viljavuusautomaatin moottorina”. Pieneliöstö *kierrättää* kasvi- ja eläinjalteisiin sitoutuneet aineet takaisin luonnon kiertokulkuun ja edelleen kasvien käyttöön. Hajotus- ja kierrätystehtävän ohella pieneliöt tuottavat monia muita maan viljavuudelle tärkeitä tekijöitä ja auttavat siten kasveja kasvamaan paremmin ja terveemmin – luonnollisella tavalla.

Eloperäisen aineen hajotus

Pieneliöstö hajottaa helposti hajoavaa eloperäistä ainetta. Näin ne saavat elintoimintoihin, kasvuun ja lisääntymiseen sekä työhön tarvitsemansa energian. Samalla rakentuu ja muodostuu uusia ja hyödyllisiä viljavuustekijöitä: lima-aineita maan mururakenteen lujittamiseen, ravinteita kasvien käyttöön, humusta ruokamullan rungoksi ja hiilidioksidia kasvien lehtiin nopeuttamaan yhteyttämistä. Riittävän vilkas hajotustoiminta estää myös monien tautien leviämistä.

Lierot

Suomessa elää toistakymmentä lierolajia, joista yleisimmät ovat peltoliero (enimmäkseen vaakasuorat käytävät), kasteliero (pystysuorat, syvät käytävät) ja onkiliero. Lierojen määrä vaihtelee noin 10 kg:sta 1 000 kg:aan hehtaaria kohti (eli 2–200 kpl/m²). Optimi on vieläkin suurempi. Pellon lierot tuottavat vuodessa muutamia kymmeniä jälkeläisiä.

Lierojen merkitys maan viljavuudelle on suuri. Käyttäessään kuollutta kasvimateriaalia ja lantaa ravintonaan ne tuottavat viljavuudelle hyödyllisiä tekijöitä. Aktiivisessa vaiheessa kesäaikaan ne voivat tuottaa päivässä jopa painonsa verran lantaa; esim. 1 000 kiloa lieroja tuottaa siten noin 1 000 kg lantaa. Lierojen lanta on monin verroin ravinteikkaampaa kuin ympäröivä ruokamulta tai pohjamaa. Maaperän kivennäisainekseen sitoutuneita ravinteita vapautuu aineen kulkiessa lieron suolen läpi. Näin ne rikastavat ravinteita kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Lierot myös kaivavat käytäviä sekä ruokamultakerrokseen että pohjamaahan. Näitä maan ”keuhkoputkia” myöten ilma vaihtuu maassa helposti, sadevesi imeytyy hyvin ja jankko läpäisee liian sadeveden salaojiin. Lierojen lanta on murustunut viljavuudelle edulliseksi muruiksi. Niiden lanta on lievästi emäksistä, joten lierojen toiminta auttaa maan pH:n säilyttämisessä. Lierot myös sekoittavat ja muokkaavat maata syödessään itsensä maan läpi. Samalla ne kuljettavat eloperäistä ainetta ja ravinteita syvempiin maakerroksiin.



Yleisimpiä peltomaan lieroja

Peltoliero

Ravintona maan pinnan alla oleva eloperäinen aines. Käytävät vaihtelevan suuntaisia, enimmäkseen vaakasuoria. Käytävän läpimitta n. 2–5 mm ja pituus n. 20–40 cm.

Kasteliero

Ravinto maan pinnalta. Käytävät suuria, pystyviä ja pystysuoria. Käytävän läpimitta n. 5 mm ja pituus yli 1 m.

Onkiliero

Ravintona maan pinnan karike. Vähän käytäviä, läpimitta n. 2–3 mm.

Lierojen lannan ja maan ominaisuuksia

Ominaisuus	Lierojen lanta	Maa (0 – 15 cm)	Maa (20 – 40 cm)
Kokonais-N (%)	0,35	0,25	0,081
Hilli (%)	5,2	3,32	1,1
C/N -suhde	14,7	13,8	13,8
NO ₃ -N (mg/l)	22,0	4,7	1,7
P (mg/l)	66	9,2	3,7
Vaihtuva Ca (mg/l)	2 793	1 993	481
Vaihtuva Mg (mg/l)	492	162	69
Kok. Ca (%)	1,2	0,88	0,91
Kok. Mg (%)	0,54	0,51	0,55
Kalium (mg/l)	358	32	27
pH	7,0	6,4	6,0
Kosteus	31,4	27,4	21,1

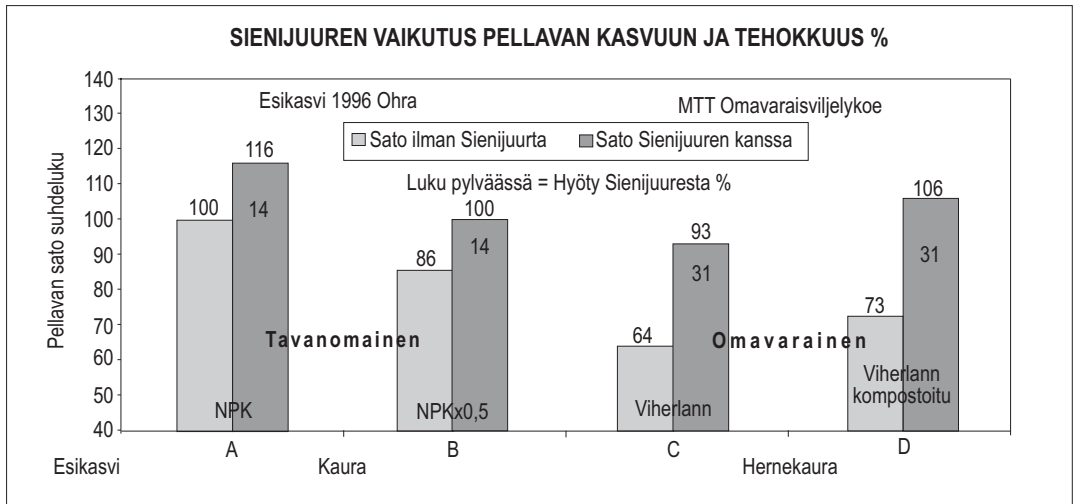
Buch 1986

Lierot tervehdyttävät maata syömällä taudinaiheuttajia ja tautisia kasvinjätteitä. Näin ne ovat viljelijän erinomaisia apulaisia maan muokkaajina, salaojittajina, lannoittajina ja murustajina sekä terveydenhoitajina. Runsas, aktiivisesti toimiva lierokanta on eräs elävän (biologisesti aktiivisen) maan tunnusmerkki.

MYKORRITSAT ELI SIENIJUURET

Mykorrhitsa eli *sienijuuri* on kasvin ja sienien välinen, molempia osapuolia sopivissa olosuhteissa hyödyttävä symbioosi. Sienirihmat kasvavat kasvien juuriin, jopa juurisolujen sisälle. Kasvista virtaa energiaa yhteyttämis- tuotteiden muodossa sienien ravinnoksi ja sienestä vastavasti ravinteita kasviin. Sienten rihmat kasvavat myös juurten ulkopuolelle juurikarvoja kauemmas ja pienempiin huokosiin keräten kasvin käyttöön ravinteita ja vettä. Kaikista kasveista yli 80 % muodostaa sienijuuren, viljelykasveista se puuttuu lähinnä vain ristikukkaisilta ja savikkakasveilta. Suomen peltomaissa esiintyy yleensä aina juurisieniä. Niiden määrä, lajisto ja kannat vaihtelevat. Sienijuuren toiminnan vaihtelu johtuu olosuhteiden vaihtelusta.

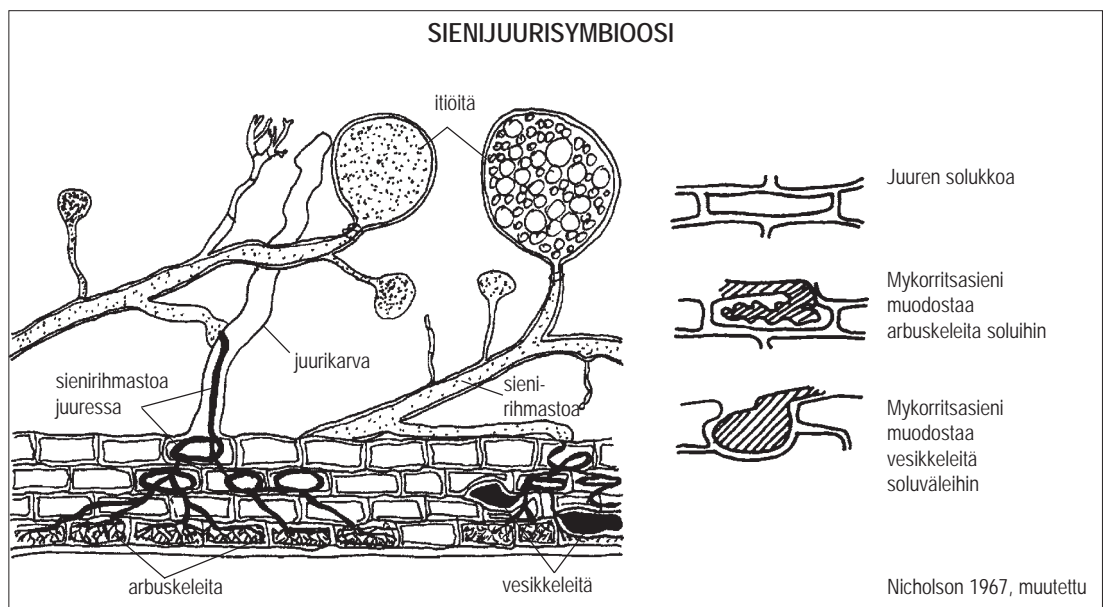
Sienijuuri voi olla monella tavalla isäntäkasville hyödyllinen. Se nopeuttaa maa-kasvi-systeemissä aineiden kiertoa, tehostaa energian virtausta ja vähentää hävikkejä. Sienijuuri tehostaa erityisesti vaikeasti liikkuvien ravinteiden, kuten fosforin sekä myös kuparin ja sinkin ottoa. Se voi kuljettaa kasviin myös typpeä, rikkiä, kalsiumia, magnesiumia ja rautaa. Usein se myös tehostaa isäntäkasvien biologista typensidontaa. Se voi suojata kasvia useilta stressitekijöiltä kuten kuivuudelta, maan happamuudelta,



Kahiluoto 1999 HY Mii Rajala 2002

(juuristo)taudeilta, joiltakin tuholaisilta ja raskasmetalleilta. Rihmasto voi ulottua jopa yli 10 cm:n etäisyydelle juurten pinnasta. Rihmasto tunkeutuu paljon pienempiin huokosiin kuin juurikarvat. Sienirihmat voivat lisätä juuriston pituutta jopa 200-kertaisesti maatilavuutta kohden. Sienijuurellinen kasvi tavoittaa täten paljon suuremman maatilavuuden kuin ilman sienijuurta.

Sienijuuri tehostaa fosforin ottoa erityisesti, kun maan fosforipitoisuus on alhainen ja fosforilähteet niukkaliukoisia. Sienijuuri näyttää olevan erityisen merkittävä hitaasti vapautuvaan eloperäiseen ainekseen sitoutuneen fosforin hyväksikäytön parantajana. Pellavan fosforin otto



lisääntyä niukasti fosforia sisältävällä maalla huomattavasti sienijuuren avulla. Kompostointi suosi sienijuurta viherlannoitusta enemmän.

Sienijuuri vähentää myös hävikkejä mm. fosforin huuhtoutumista, koska se mahdollistaa kasvinviljelyn alemmalla fosforitasolla. Sienijuuri sitoo maahiukkasia muuriksi, joten se on myös merkittävä maan hyvän rakenteen ylläpidon ja eroosion eston kannalta.

Niukoilla panosten käytöllä sienijuuren hyödyllisyys oli selvästi suurempi kuin tavanomaista lannoitusta ym. panoksia käytettäessä. Vihermassan kompostointi oli sienijuuren hyödyllisyyden kannalta paljon parempi vaihtoehto kuin viherlannoitus.

Sienijuuren menestymiseen vaikuttaa:

- Viljelykasvi, esikasvi ja viljelykierto
 - osa kasveista suosii ja hyötyy suuresti
 - osa hyötyy vähäisemmässä määrin
 - eräillä kasveilla ei ole lainkaan juurisieniä – ne vähentävät juurisieniä maassa
 - seosviljely, aluskasvit ja kerääjäkasvit suosivat
 - yhteyttämistuotteiden jatkuva virta juuriin – sadonkorjuu katkaisee sienien ravinnon saannin
- Lannoitus
 - runsas vesiliukoinen P-lannoitus ja korkeahko maan helppoliukoisen P-pitoisuus estävät juurisienten hyödyllistä toimintaa
 - eloperäinen lannoitus eduksi
 - hidasliukoinen, eloperäinen lannoitus sopivin
 - komposti on edullisin, raaka lanta ja viherlannoitus ovat liian voimakkaita
 - erilaiset orgaaniset yhdisteet esim. typenlähteenä aminohapot voivat suosia juurisieniä
- Muokkaus
 - häiritsee, avokesanointi eniten
 - viljelykierrossa muokkaamattomia ja kasvupetteisiä vaiheita runsaasti
- Hyvä maan rakenne eduksi
- Kasvinsuojelu
 - useat kemialliset torjunta-aineet haitallisia, erityisesti sienitautien torjunta-aineet
- Lajike
 - tulee olla yhteensopiva symbioosin sienijuuren kanssa
- Sienen kantojen, viljelykasvin ja maan ominaisuuksien tulee sopia toimimaan yhdessä

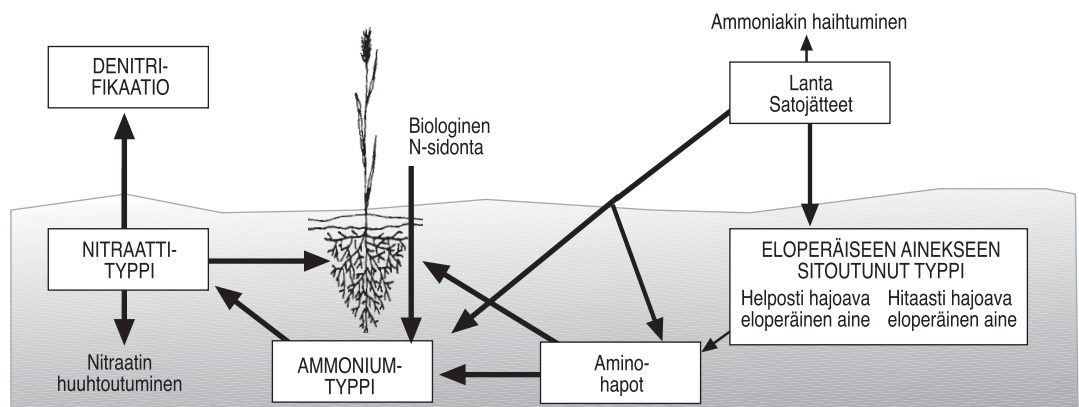
Maan ominaisuudet ja viljelytekniikka vaikuttavat suuresti sienijuuren toimintaan. Maanesteen korkea fosforipitoisuus estää sienijuuren toimintaa. Peltomaidemme nykyisellä keskimääräisellä fosforitasolla sienijuuri kuluttaa yhteyttämuotteita. Karjanlannalla jatkuvasti lannoitetussa maassa sienijuuri mahdollisesti kasvien riittävän fosforinoton, kun sen vaikutus pelkästään väkilannoitteita saaneessa maassa oli vain murto-osa tästä. Torjunta-aineista erityisesti sienitautien torjunta-aineet ovat sille haitallisia. Sienijuurta voidaan hyödyntää parhaiten säätelemällä olosuhteita pellolla sientä suosivaksi (viljelykierto, eloperäinen, hidasliukoinen (komposti)lannoitus, sopivat lajikkeet, kasvinsuojelu ja hellävarainen maan muokkaus).

Typensitojat ja biologinen typensidonta

Osa pieneliöistä pystyy muuttamaan ilmakehän typpikaasua kasveille käyttökelpoiseen muotoon biologisen typensidonnan avulla. Tämä ilmiö on luonnon keino ottaa typpeä ilmakehän varastosta maahan ja edelleen kasvien käyttöön. Viljelyn kannalta tärkeimpiä ovat palkokasvien juurissa symbioosissa elävät Rhizobium-bakteerit, jotka muodostavat palkokasvien juuriin juurinystyröitä.

Apilan, herneen, pavun ja muiden palkokasvien juurinystyräbakteerit ovat typensidontakyvyssään tehokkaimpia. Puna-apila voi sitoa typpeä noin 150–250 kg hehtaarille vuodessa, herne noin 50–150 kg. Maassa elää myös muita bakteereita ja leviä, jotka voivat sitoa typpeä noin 2–30 kg/ha. Typensidontaa käsitellään tarkemmin kohdassa 4.6.

TYPEN KIERTO



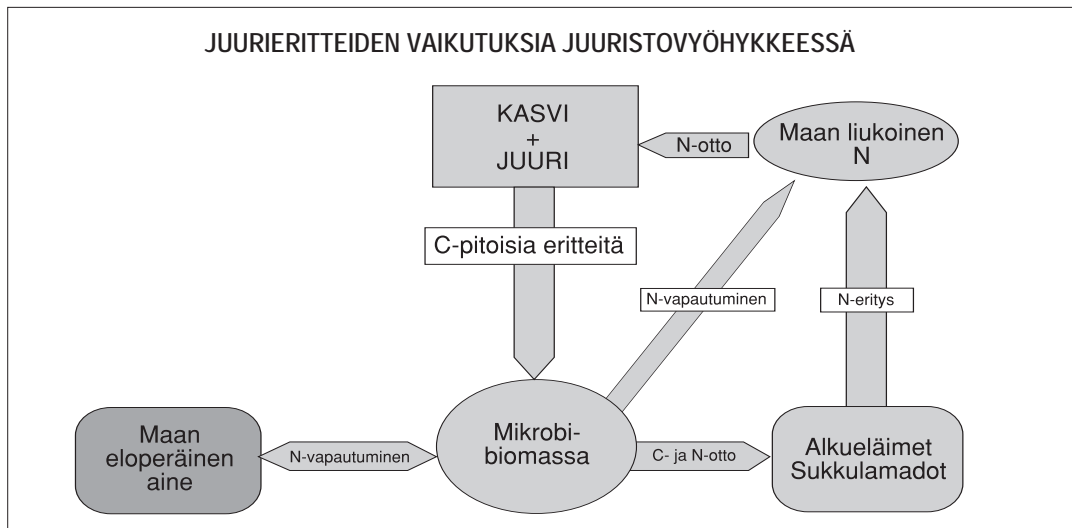
Typen kierrätys

Pieneliöt säätelevät maaperässä eloperäiseen aineeseen sitoutuneen typen käyttäytymistä. Vilkkaan kasvuun aikaan pieneliöstö hajottaa eloperäistä ainetta nopeasti ja tyyppi vapautuu runsaasti. Kasvin yhteyttämisen voimakkuus voi osaksi säädellä juurieritteiden määrän ja laadun vaihteluiden avulla eloperäisen aineen hajotusta. Valkuaisaineiden tyyppi hajoaa ensin aminohapoiksi, sitten tyyppi muuttuu edelleen pieneliötoiminnan vaikutuksesta ammonium-muotoon, jonka ylimäärän eräät bakteerit muuttavat nitraattitypeksi (nitrifikaatio). Se poistuu maasta helposti huuhtoutumalla. Typen haihtumista (denitrifikaatio) tapahtuu, kun eräät bakteerit muuttavat nitraattitypen takaisin typpikaasuksi.

Ravinteiden vapautuminen

Pieneliöiden toiminnan seurauksena ravinteiden vapautuminen maamineraaleista ja niukkaliukoisista lannoitteista lisääntyy. Pieneliöt voivat vapauttaa ravinteita kasveja tehokkaammin. Esimerkiksi lierojen suolessa saveshiukkasista ja raakafosfaattihiukkasista vapautuu ravinteita lierojen lantaan.

Pieneliöstö on keskeisessä asemassa myös erilaisissa lyhytaikaisissa typen ja hiilen vapautumisen ja sitoutumisen vaiheissa. Esimerkiksi alla olevan kaavion mukaan lisääntynyt nettofotosynteesi lisää hiilihydraattipitoisten juurieritteiden eritystä, joka aktivoi ritsosfäärin pieneliöstön aktiivisuutta; ensin bakteerit lisääntyvät ja niiden aktiivisuuden lisäys lisää typen vapautumista maan elope-



Kuzjakov ym 2001

räisestä aineesta. Sitten niitä ravintonaan käyttävät alkueläimet lisääntyvät. Alkueläinten ja muiden pienten maaperäeläinten erittämien typpiyhdisteiden määrä lisääntyy. Näin kasvien käytettävissä olevien liukoisten typpiyhdisteiden määrä ja kasvien typen otto voi lisääntyä.

Tautien ehkäisy

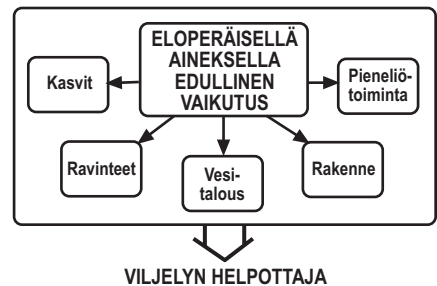
Pieneliöstö on ratkaisevassa asemassa maaperän tautien leviämisen estämisessä. Vilkas hajotustoiminta heikentää taudinaiheuttajia siten, ettei niillä ole maassa kasvumahdollisuuksia haitallisessa määrin. Esimerkiksi *Fusarium*-suvun sienissä on monia merkittäviä taudinaiheuttajia, joiden esiintymistä maassa sekä *Fusarium*-suvun antagonistiset että varsinkin *Penicillium*-suvun sienet voivat rajoittaa. Myös juurten pinnalla hyödylliset pieneliöt toimivat esteenä taudinaiheuttajia vastaan (mm. juurisienet). Pieneliöt voivat myös tuottaa aineita, jotka siirtyvät kasviin lisäämään kasvin vastustuskykyä myös maanpäällisissä kasvin osissa. Lisäksi pieneliöt voivat tuottaa kasvuun edullisesti vaikuttavia aineita, kasvuhormoneja jne., jotka voivat edistää kasvien kasvua.

ELOPERÄISEN AINEKSEN MERKITYS

Maan eloperäinen aine on väriltään mustaa tai tumman ruskeaa. Osa maassa olevasta eloperäisestä aineesta on edelleen pieneliöstön hajotustoiminnan vaikutuspiirissä. *Se on hitaasti hajoavaa eloperäistä ainetta* (kirjallisuudessa eri kielillä esiintyviä termejä: halvstabila mullämnen, nutritional humus, aktiv humus, Nährhumus). Hajotustoiminnan edetessä vaikeimmin hajoavista kasvi- ja eläinjätteistä muodostuu varsin pysyvää eloperäistä ainetta – varsinaista *humusta* (mycket stabila mullämnen, humus, passiv humus, Dauerhumus). Eloperäistä ainetta on suomalaisissa peltomaissa useimmiten noin 5–7 %, optimi on kuitenkin noin kaksinkertainen. Eloperäisen aineksen määrä on vähentynyt monista viljelymaista ennen kaikkea nurmiviljelyn ja karjanlannan käytön vähenemisen seurauksena. Tätä vähenemistä havainnollistaa oheinen kuva koeasemien pelloista. Runsaammin eloperäistä ainetta sisältävän ruokamultakerroksen syvyys saisi nykyisen noin 20 cm:n asemesta olla selvästi syvempi.

Hitaasti hajoava ja varsin pysyvä eloperäinen aines eli maan multavuus muodostavat maassa ruokamullan perusaineksen ja helpottavat viljelyä monin tavoin. Hajoamiskelpoinen osa eloperäisestä aineksesta sisältää runsaasti

ELOPERÄISELLÄ AINEKSELLA EDULLINEN VAIKUTUS



ravinteita, ennen kaikkea typpeä sekä hiiltä mutta myös fosforia. Multavuuden lisääntyessä myös maan kastelutarve vähenee, koska *veden varastointikyky* lisääntyy useimilla maalajeilla. Prosenttiyksikön lisäys maan eloperäisen aineen määrässä voi lisätä maan vedenvarastointikykyä noin 5 mm. Vastaavasti *kalkitus- ja lannoitustarve* vähenevät maan eloperäisen aineksen määrän noustessa. Ravinteet säilyvät erityisesti karkeissa maissa paremmin turvassa huuhtoutumiselta. Eloperäinen aine on tärkeä tekijä kestäville mururakenteelle ja kuohkeudelle. Se parantaa maan *muokkautuvuutta* sekä *maan tiivistymisen kestävyyttä*. Runsaammin eloperäistä ainetta sisältävissä maissa *pieneliöt* viihtyvät hyvin. Eloperäisten ainesten on myös todettu lisäävän kasvien *stressin kestävyyttä* monia haitallisia vaikutuksia vastaan. Runsaammin eloperäistä ainetta sisältävän maan viljely on helppoa, kun taas vähämultaisen maan viljely vaatii suurta tarkkuutta esim. töiden ajoittamisessa ja ravinnehuollon järjestämisessä.

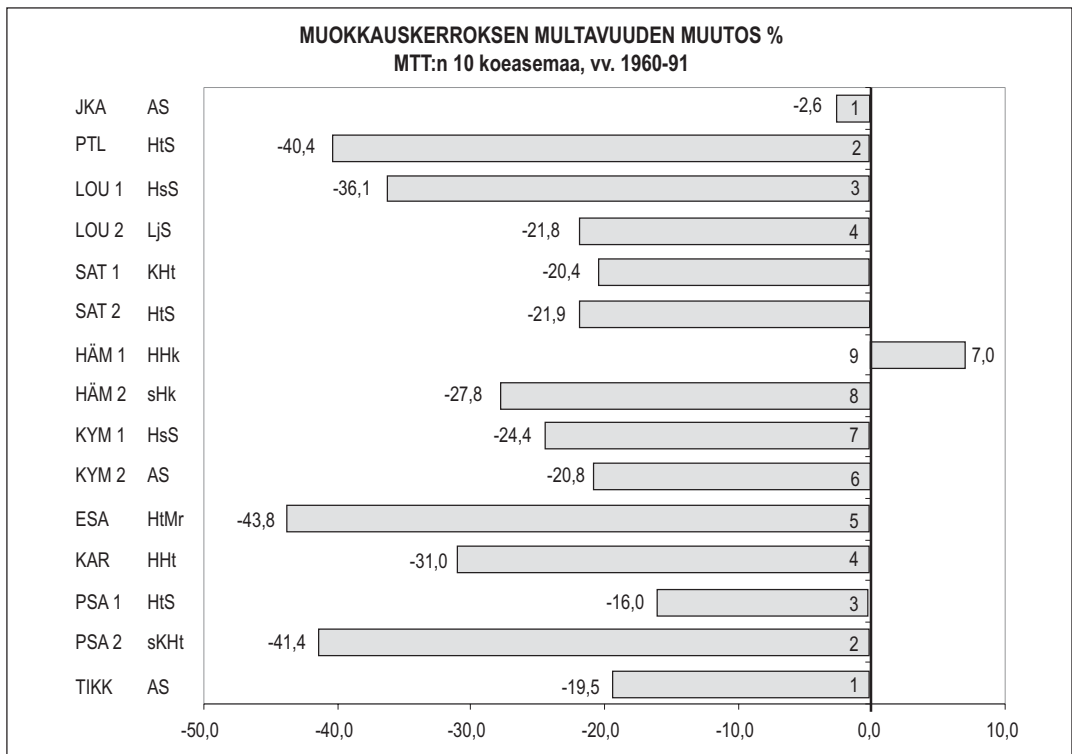
Maan tyyppi on sitoutuneena pääosin eloperäiseen ainekseen, jonka tyypestä noin puolet näyttäisi esiintyvän erilaisina aminohappoina. Erityyppisissä maissa maan eloperäisen aineen aminohappojakauman on todettu olevan hyvin samankaltaisen. Valkuaisaineiden lisääntymisestä maahan sekä aminohappojen ja valkuaisaineiden aineenvaihduntaa pidetään eräänä merkittävänä maan humustasoon vaikuttavana tekijänä. Aminohapoilla voi olla monille vaate-*liaille* pieneliöille tärkeä merkitys. Tämä korostaa eloperäisen aineen ja eloperäisen lannoituksen merkitystä maan viljavuuden hoidossa.

Luonnossa syntyvän pysyvämmän eloperäisen aineksen laatu vaihtelee lehtojen viljavasta lehtomullasta kangas-*metsien* karumpaan kangashumukseen. Pellossa tulisi saada syntymään hyvälaatuista lehtomultaa. Tähän pyritään mm. hoitamalla maan rakennetta, kalkitsemalla happamat maat ja välttämällä syvää maan kääntämistä, suosimalla lieroja ja muuta pieneliötoimintaa sekä kompostoimalla lanta. Maan vesitalouden ja rakenteen tulee olla kunnossa.

Hitaasti hajoava osa eloperäistä ainetta on maan elävyyden ja rakenteen sekä terveyden kannalta tärkein osa eloperäistä ainetta. Se on nuorta (noin 3–25 vuotta), osaksi aktiivista, osin vielä kasvi- ja eläinjätteitä, jotka eivät ole hajonneet loppuun asti, eikä niistä siten ole vielä muodostunut varsinaista kestävästä humusta. Tämä osa voi toimia vielä pieneliöstön ravintona. Eloperäisistä aineksista hajoaa maahan sekoitettuna ensimmäisenä vuonna laadusta

Maan eloperäinen aine

- suojaa maan pintakerrosta
- parantaa maaperän eliöstön elinolosuhteita ja aktiivisuutta
- pitää maan muruisena ja kuohkeana sekä helpottaa maan kaasujen vaihtoa
- tarjoaa sopivan ympäristön juurten kasvulle
- varastoi ravinteita ja luovuttaa niitä kasvien käyttöön
- varastoi kolme kertaa oman painonsa vettä
- vähentää eräiden haitallisten aineiden ja maan happamuuden haittavaikutuksia



Erviö ym 1995 HY Mii Rajala 2003

riippuen noin 1/3–2/3. Hajoaminen jatkuu hidastuen useita vuosia. Maahan tulevan hajoamiskelpoisen eloperäisen aineksen määrä voi vaihdella suuresti eri vuosina riippuen viljelykasvista ja lannoituksesta. Sen määrä ja laatu on tärkeää esimerkiksi pieneliöstön aktiivisuudelle ja maan muruisuudelle.

Varsin pysyvä osa maan eloperäistä ainetta eli varsinainen humus on vanhaa (noin 25–500 vuotta) tummaa pieneliöstön hajoatustoiminnan seurauksena muodostunutta ruokamullan perusainetta. Se on varsin pysyvää. Humus toimii varsinaisena ruokamullan runkona ja yleisenä viljelyn helpottajana.

Maan eloperäisestä aineksesta voi hajota vuodessa noin 0,5–1,0 %. Hajoaminen kohdistuu helpommin hajoavaan osaan maan eloperäistä ainetta. Siitä suuri osa voi hajota noin 15–25 vuoden aikana, jollei maahan tule riittävästi uutta eloperäistä ainetta. Ruokamultakerroksen multavuus on yleensä vähentynyt viimeisten vuosikymmenien aikana, kuten oheinen kuva tutkimustulos MTT:n koeasemilta osoittaa. Viljavuuden ylläpidossa on tärkeää, että sopivanlaatuista eloperäistä ainetta on jatkuvassa kiertokulussa mukana riittävästi.

2.1.4 FYSIKAALISET VILJAVUUSTEKIJÄT

Maan fysikaalisia viljavuustekijöitä ovat mm. maalaji, rakenne, vesitalous, ilmavuus ja lämpimyys. Ne vaikuttavat oleellisesti mm. maan biologisiin toimintoihin.

KIVENNÄISMAIDEN LAJITERYHMITTELY

Lajite	Läpimitta mm.
Lohkareet	yli 200
Kivet	200–20
Karkea sora	20–6
Hieno sora	6–2
Karkea hiekka	2,0–0,6
Hieno hiekka	0,6–0,2
Karkea hieta	0,2–0,06
Hieno hieta	0,06–0,02
Karkea hiesu	0,02–0,006
Hieno hiesu	0,006–0,002
Karkea saves	0,002–0,0002
Hieno saves	alle 0,0002

MAALAJI

Maalaji määräytyy maan *hiukkaskoon* jakauman perusteella. Yleensä maassa on sekaisin useampaa eri *maalajitetta* eli hiukkaskokoa. Maalajin nimi määräytyy eniten esiintyvän maalajitteen perusteella, seuraavaksi runsaimmin esiintyviä kuvataan nimen etuadjektiivilla, esimerkiksi hsHHT on hiesuinen hieno hieta. Maalaji vaikuttaa maan viljavuuteen merkittävästi. Maalaji vaikuttaa mm. maan rakenteeseen, ravinteisuuteen, ravinteiden varastointikykyyn, vesitalouteen ja lämpimyteen sekä muokkautuvuuteen.

Savimaat

Savimaita ovat *aito-*, *hieta-*, *hiesu-* ja *hiuesavi* sekä *hiesut*. Savimaissa on runsaasti ravinteita – varsinkin kaliumia, magnesiumia jne. Ravinteiden varastointikyky on hyvä. Happamuus ei yleensä ole kovin suuri. Savi- ja hiesumaissa rakenne on yleensä melko tiivis. Ne läpäisevät vettä vain hyvin hitaasti ja tarvitsevat siksi erittäin hyvän ojituksen. Savimaat voivat varastoida vettä noin 20–25 % maan tilavuudesta, joista noin puolet on kasveille käyttökelpoista. Poudanarkuus riippuu ensisijaisesti maan rakenteesta ja juuriston kasvumahdollisuuksista. Työt – varsinkin muokkaukset – on ajoitettava tarkasti maan kosteuden mukaan.

Helpoimmin viljeltäviä ovat hietasavet. Niissä on runsaasti ravinteita, vesitalous on savista edullisin ja samoin rakennetta on helpointa hoitaa. Aitosavi on hyvää viljelystä, mikäli sen multavuus on riittävä ja rakenne hyvä. Erittäin tärkeää on ajoittaa työt sopivasti maan kosteustilan mukaan. Hiesumaiden kriittisin ominaisuus on rakenne. Pintakerros lietty helposti ja jankko iskostuu helposti vettä vain hyvin hitaasti läpäiseväksi. Kuivatus tulee hoitaa savimailla erittäin hyvään kuntoon. Pieneliötoiminta on vaikeinta saada vilkastumaan. Niinpä kasvien typensaannin turvaaminen on luomuviljelyyn siirryttäessä alkuvuosina vaativaa.

PELTOJEN MAALAJIJAKAUMA

Maalaji	%
Moreenimaat	12
Hiekkamaat	1
Karkea hieta	14
Hieno hieta	16
Hiesu	11
Savimaat	19
Liejut	2
Multamaat	14
Turvemaat	10

Karkeat kivennäismaat

Karkeita kivennäismaita ovat *hieno ja karkea hieta, hiekkä sekä moreenimaat*. Hienojen hietojen vahvimpia puolia on hyvä poudankestävyys ja helppo muokkautuvuus. Poudankestävyyttä lisää kasvien kannalta veden riittävän nopea kapillaarinen nousu kasvien käyttöön. Ravinteisuus on keskinkertainen. Mikäli näissä maissa on pieniä määriä savesta, niin myös ravinteisuus on melko hyvä. Karkeiden hieta- ja hiekkamaiden viljelyä puolestaan rajoittaa poudanarkuus ja vähäinen ravinteisuus sekä heikko ravinteiden varastointikyky. Kasveille käyttökelpoista vettä niihin voi varastoitua noin 5–10 % tilavuudesta. Rakenne on yleensä hyvä ja sen hoitaminen savimaita helpompaa. Pieneliötoiminta on melko helppoa saada vilkastumaan. Kasvien typensaanti on savimaita helpompi turvata luomuviljelyyn siirryttäessä.

Eloperäiset maat

Multa- ja saraturvemaat ovat yleensä ravinteikkaita – erityisesti typen suhteen. *Rahkaturpeet* ovat puolestaan kylmiä ja niukkaravinteisia. Ravinteiden varastointikyky on huono ja pieneliötoiminta heikkoa. Esimerkiksi kalium huuhtoutuu herkästi, samoin myös fosfori. Yksipuolisten ominaisuuksiensa takia ne tarvitsevat eniten maanparannusta. Eloperäisillä mailla ensisijaisesti lämpimyyttä ja ravinteiden varastointikykyä tulee pyrkiä lisäämään. Pieneliötoimintaa tulee edistää.

RAKENNE

Viljavan maan tärkeä tunnuspiirre on sen *muruisuus ja siitä seuraava huokoisuus*. Varsinkin savi- ja hiesumailla muruisuus ja huokoisuus ovat ratkaisevan tärkeitä maan viljavuudelle. Runsas murustuminen tasoittaa eri maalajien erilaisia viljelyominaisuuksia parantamalla viljelyvarmuutta. Maan vesitaloudelle ja kaasujen vaihdolle huokosten jatkuvuus on tärkeää.

Pyöreät, huokoiset murut

Maan viljavuuden kannalta parhaita muruja ovat *pyöreät murut* eli varsinaiset aidot murut. Ne ovat huokoisia ja viljavuuden kannalta parhaat ovat kooltaan n. 2–7 mm. Ne voivat varastoida sisäänsä huokospinnoille runsaasti vettä ja ravinteita kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Kosteus säilyy niiden sisällä olevissa huokosissa pitkään tasaisena, joka on pieneliötoiminnalle edullista. Poudankestävyys

Savimaita

AS, HtS, HsS, Hs

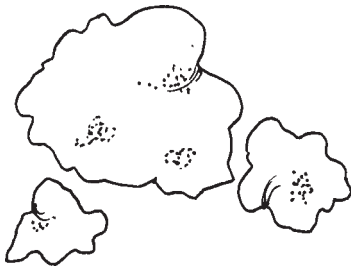
Karkeita kivennäismaalajeja

HHt, HtMr, KHt, HHk, KHk

Eloperäisiä maalajeja

Mm, Saraturve (mutasuo), Rahkaturve

PYÖREÄ HUOKOINEN MURU



KULMIKAS MURU



lisääntyä niiden ansiosta. Tällaisten murujen synnyssä on biologisilla toiminnoilla keskeinen osuus.

Murujen väliin jää *suuria huokosia eli makrohuokosia* (koko yli 0,03 mm), joissa on ilmaa ja joita myöten ilma vaihtuu ja sadevesi imeytyy maan sisään ja valuu edelleen alaspäin. Lisäksi murujen välissä ja murujen sisällä on *keskikokoisia huokosia* (koko 0,002–0,03 mm), joissa on varastoituneena kasveille käyttökelpoista vettä. Edellisiä pienemmistä huokosista vesi ei enää irtoa kasvien käyttöön, mutta ne toimivat silti ravinteiden varastopintoina. Murujen sisällä olevat ravinteet ovat suhteellisen hyvässä turvassa huuhtoutumiselta.

Kulmikkaat murut

Kulmikkaat murut ovat tiiviitä, teräväsärmäisiä tai sirpalemaisia (sepelin kaltaisia) ja sileäpintaisia. Ne ovat syntyneet yleensä fysikaalisesti roudan ja kuivumisen tai mekaanisesti muokkauksen seurauksena. Niiden kyky varastoida vettä sekä ravinteita kasvien käyttöön on oleellisesti vähäisempi kuin pyöreiden murujen. Pieneliöillä ei ole niissä tarttumapintaa eikä tasaista kosteutta. Näitä muruja esiintyy suhteellisesti runsaammin savimaissa, joissa niiden merkitys kuitenkin maan kasvukunnolle on suuri, erityisesti keväällä hyvän kylvöalustan aikaansaamiseksi.

Kokkareet

Pienet kokkareet ovat halkaisijaltaan noin 2–5 cm ja *isot kokkareet* yli 5 cm kokoisia yhteen liittyneitä maaosasia. Ne voivat olla pyöreähköjä, rosopintaisia ja huokoisia, jotka murenevät puristettaessa helposti murusiksi. Tällöin maa on helposti muokkautuvaa eli murenevaa. Murujen ja pyöreäköjen muruisten kokkareiden väliin jää isoja huokosia. Maan rakenne ja pellon kasvukunto ovat tällöin hyviä. Kokkareet voivat olla myös kulmikkaita, teräväsärmäisiä, sirpalemaisia, suora- ja sileäpintaisia, hyvin tiiviitä ja kuivina hyvin huonosti murenevia. Ne ovat asettuneet tiiviisti toistensa viereen. Maa on tällöin rakenteeltaan sirpaleinen tai palapelimäinen. Muokkautuvuus ja rakenne ovat tällöin huonoja. Riskinä on mm. maan liiallinen löyhyys muokkauksen jälkeen.

Maan rakennetta kuvaa sen tiiviys, joka voidaan mitata tilavuuspainona eli irtotiheytenä. Esimerkiksi pahoin tiivistyneen savimaan tilavuuspaino voi olla jopa noin 1,3–1,4 kg/dm³. Sopivin savimaan tiheys on noin 1,0–1,1 kg/dm³ lähinnä eloperäisen aineksen määrästä riippuen. Kun mekaaninen vastus on pieni, juurten kasvu ja maan muok-

kaus on helppoa. Varsinkin savi- ja hiesumailla muruisuus on ratkaisevan tärkeää maan viljeltävyydelle.

Mururakenteen muodostuminen

Maahiukkasia liittävä yhteen savihiukkasten kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Vettä kestävä mururakenteen lujittajana toimivat kasvien juuret, sienirihmasto ja bakteerien tuottamat lima-aineet sekä lierot. Näin syntyvät pyöreät murut ovat huokoisia sekä melko hyvin vettä kestäviä.

Myös routa, kuivuminen ja muokkaus murustavat maata. Näin syntyneet kulmikkaat murut ovat teräväsärmäisiä tiiviitä ja helposti hajoavia – tällainen maa on melko helposti liettyvää ja kuoretuttavaa.

Tiivistyminen laskee satoa

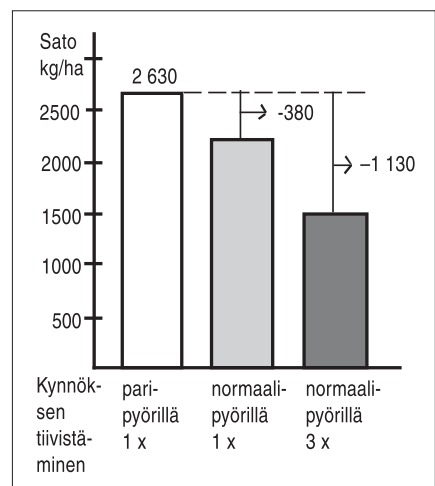
Maan tiivistymisen merkitystä havainnollistaa Etelä-Suomen savimailta vehnällä saatu tutkimustulos (tavanomainen viljely). Tuolloin kylvön yhteydessä kertaalleen tiivistettynä (traktorissa normaalirenkaat) vehnän sato pieneni 380 kg/ha eli 14 % paripyörillä tapahtuvaan ajoon verrattuna (sato 2 630 kg/ha). Rankka tiivistys eli ajo kolmeen kertaan normaalirenkailla pienensi satoa 1 130 kg/ha eli 43 %. Tavanomaisessa viljelyssä viimeksi mainittu suuri sadonalennus tiivistymisen takia on harvinainen. Sen sijaan lievä tiivistys ja sadonalennus lienevät varsin yleisiä; savipellot potevat ”astmaa”.

Tiivistetyillä koeruuduilla sadetus antoi merkittävästi suurempia sadonlisäyksiä kuin tiivistämättömillä ruuduilla. Myös lannoituksen lisääminen lisäsi satoa. Voidaan todeta, että hyvä rakenne säästää lannoituksessa ja sadetuksessa. (Elonen 1974).

Ruotsalaisessa pitkäaikaisessa savimaan kokeessa traktorin varustaminen paripyörillä lisäsi viljojen satoa 6 % yksittäispyöriin verrattuna. Peltoliikenteen poisjättäminen koneet vinssillä vetäen lisäsi satoa 23 %. (Häkansson 2000).

Luonnonmukaisessa viljelyssä tiivistämisen haitat ovat norjalaisten tutkimusten mukaan tavanomaista viljelyä selvästi suuremmat. Mitä vähemmän käytetään suoraan vesiliukoisia lannoitteita, sitä tärkeämpi viljavuustekijä on maan rakenne. (Hansen 1996).

MAAN TIIVISTYMISEN VAIKUTUS KEVÄTVEHNÄN SATOON



Elonen 1974

ILMAVUUS JA KUOHKEUS

Muruksessa, ilmassa maassa kaasujen vaihto eli maan hengitys on riittävää. Juurten kasvu on helppoa ja niiden kasvussa säästyy työtä, kun juurien ei tarvitse porautua tiiviin maan läpi. Tämän vuoksi hyvä rakenteisessa maassa juurten pituuskasvu, tiheys ja toiminta muodostuvat hyviksi; kasvien ravinteiden sekä veden saanti paranevat. Kun maan rakenne on hyvä, saa kasvi ravinteet laajemman ja tiheimmän juuristonsa ansiosta niukkaravinteisemmastakin maasta. Tällöin riittää pienempi lannoitus, koska

ravinteiden saatavuus ja hyväksikäyttö paranevat. Hyvä veden saanti vähentää puolestaan poudanarkuutta.

Hyvä ilmavuus varmistaa myös *vilkkaan pieneliötoiminnan*. Tällöin hajotustoiminta on vilkasta, samoin lima-aineiden ja muiden viljavuudelle edullisten tekijöiden tuotanto. Toisaalta juurilla tulee olla hyvä yhteys maahiukkasiin. Liian löyhä maa on tarvittaessa tiivistettävä.

VESITALOUS

Suomen ilmasto-oloissa peltojen *kuivatus* vaikuttaa ratkaisevasti maan kasvukuntoon. Lyhyen kasvukauden takia kylvöille tulisi päästä heti kasvukauden alussa. Hyvä kuivatus nopeuttaa keväällä maan kuivumista ja lämpenemistä kylvökuntoon jopa usealla viikolla. Myös keski- ja loppukesän sekä syksyn runsaiden sadevesien tulee päästä nopeasti pois pelloilta, jotta maassa säilyisi hyvä hapen saanti kasvien juurille ja pieneliöille. Lisäksi maan tulee kantaa koneita.

Pellon *vesitalous* paranee maan rakenteen parantuessa. Kun rakenne ja vesitalous ovat kunnossa, pienten sadekuurojen *vesi imeytyy* hyvin maan sisään. Toisaalta runsaatkaan sateet eivät lähde virtaamaan pitkin pellon pintaa, vaan liika vesi valuu nopeasti ruokamultakerroksesta jankon jatkuvan huokoston läpi salaojiin. Hyvärakenteinen maa myös *varastoi* runsaasti vettä paitsi murujen väleihin myös murujen ja kokkareiden sisään. Suuremmasta kasveille käyttökelpoisen veden määrästä ja paremmasta juuriston kasvusta johtuen *poudanarkuus* on hyvärakenteisella maalla vähäisempi kuin huonorakenteisella.

Kasvien vedentarve on yleensä noin 300–500 l/kg maanpäällistä kuiva-ainetta. Tarve on pienin kasvutekijöiden ollessa optimaalisia. Päivittäinen vedentarve on keskimäärin noin 4 mm/vrk. Eri kasveilla on erilaiset kriittiset ajankohdat vedentarpeelle. Esimerkiksi kevätiljat tarvitsevat runsaasti vettä tähkäaiheiden muodostumisen aikaan kesäkuun puolivälissä, nurmet erityisesti niiton jälkeen ja peruna mukulan muodostuksen alettua.

Maan hyvä *vedenläpäisevyys* varmistaa sen, että kesällä runsaitten sateitten aikana maassa ei tule lyhytaikaistakaan hapenpuutetta. Jo puolen vuorokauden pituinen pellon vettyminen saattaa aiheuttaa lämpimänä vuodenaikana häiriöitä maan toiminnassa. Hapenpuutteessa juurten hengitys lakkaa, jolloin muodostuu energiavaje ja juurten kasvu ja aktiivinen työ loppuvat. Pieneliöstön toiminta muuttuu osin anaerobiseksi, jolloin syntyy juurikarvoille myrkyllisiä yhdisteitä kuten etyleeniä, metaania, rikkivetyä ja ammoni-

ETELÄ-SUOMEN JÄYKKIEN SAVI-MAIDEN VEDENLÄPÄISYKYJÄ ERI SYVYYKSISSÄ SAVIMAANOLLESSA PAISUNEES SA TILASSA CM/H

Syvyys cm	Hyvä rakenne	Huono rakenne
0–25	30–200 cm/h	1–30 cm/h
25–50	0,5–10	0,05–0,5
50–100	0,5	0,05
>100	0,02	0,01

Heinonen ym. 1992

akkia. Maan nitraattityppi häviää maasta denitrifikaatiossa. Ilmiö näkyy herkimmin ohran kellastumisena painanteissa sekä yleisesti heikompana kasvuna. Irto- eli vajoveden tulisi olla poistunut ruokamultakerroksesta viimeistään vuorokauden kuluessa sateen loppumisesta. Huonorakenteisessa maassa kasvit kärsivät typen puutetta. Hyvärakenteisessa maassa on sitä vastoin hyvä typpitalous.

Ruotsissa suoritettussa pitkäaikaisessa kokeessa savi-maa läpäisi vettä yksittäis- ja paripyörin työt tehden alle 0,5 mm/min. Kun työt tehtiin koneet vinssillä vetäen, maa läpäisi vettä noin 7 mm/min (Håkansson 2000).

Lierot kaivautuvat ja juuret tunkeutuvat maahan, jolloin maahan muodostuu jatkuvia makrohuokosia. Lierokanavat ovat halkaisijaltaan yleensä suurempia kuin juurikanavat. Lierokanavien halkaisija on noin 2–11 mm. Kaksisirkkaisten kasvien pääjuuren halkaisija on puolestaan 0,3–10 mm ja viljan juuren halkaisija on 0,2–0,4 mm. Savi- ja hiesumaissa juurikanavia on huomattavasti enemmän kuin lierokanavia.

Jotta maa pystyisi läpäisemään vettä nopeasti ja kasvit pystyisivät hyödyntämään maan vesivarjoja tehokkaasti, maassa tulisi olla vähintään metrin syvyyteen ulottuva isojen huokosten verkosto. Savisessa pohjamaassa noin puolet kasvien juurista kasvoi halkeamissa ja noin puolet juurista kasvoi liero- ja juurikanavissa.

Hyvärakenteinen maa pysyy sateella hyvin paikoillaan myös rinteissä; sen eroosioalttius on vähäinen. Murujen sisällä olevat ravinteet ovat melko hyvässä turvassa huuhtoutumiselta.

LÄMPIMYYS

Kasvukausi ja kasvien kasvu alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila nousee pysyvästi yli 5 °C:een. Pieneliötoiminta alkaa merkittävämmiin kuitenkin vasta, kun maa lämpenee noin 8 °C:een. Siksi keväisin kylmästä maasta ravinteiden vapautuminen on hidasta. Syysviljan oras sekä apilapitoinen nurmi ovat tällöin vaaleita ja kasvavat hitaasti. Myös juurten toimintakyky on kylmässä maassa heikkoa. Ravinteiden, varsinkin fosforin ja molybdeenin saanti on hidasta. Oraiden kärki voi tällöin jopa punertua. Sen sijaan helppoliukoinen typpi siirtyy kylmästäkin maasta helposti kasviin. Maan lämpötilan noustessa pieneliötoiminta vilkastuu ja samalla ravinteiden mm. typen vapautuminen kiihtyy, ravinteiden otto helpottuu, joka havaitaan mm. kasvuston värin tummenemisena ja kasvun nopeutumisenä.

LIERO- JA JUURIKANAVIEN LUKUMÄÄRÄ KEVÄTVILJALLA OLLEESSA MAASSA

Lierokanavat >1 mm ja juurikanavat < 1 mm (tavanomainen viljely)

Syvyys cm	Maalaji	Lierokanavia kpl/dm ²	Juurikanavia kpl/dm ²
21	Hiesuvi	3	270
41	Aitosavi	4	706
55	Aitosavi	2	632

Alakukku 2000

Hyvärakenteisessa maassa saadaan runsas sato **pienellä lannoituksella, koska maassa on:**

- maan mekaaninen vastus kohtuullinen
 - juurten kasvu helppoa
- hyvä vesitalous
 - ei esiinny lyhytaikaistakaan hapen puutetta eikä synny käymistuotteita
 - seurauksena hyvä typpitalous
- hyvä kaasujen vaihto
 - juurten kasvu laajaa ja toiminta aktiivista
 - hyödyllisten pieneliöiden toiminta aktiivista
- parempi poudankestävyys
- pieni eroosioalttius
- vähäisempi huuhtoutuminen

2.1.5 KEMIALLISET VILJAVUUSTEKIJÄT

Maan kemiallisia viljavuustekijöitä ovat mm. maan *happamuus, ravinteisuus, ravinteiden varastointikyky* ja *suo-
lapitoisuus*.

HAPPAMUUS

Maan happamuus vaikuttaa pieneliötoimintaan, kasvin-
ravinteiden liukoisuuteen, maan murustumiseen, elope-
räisen aineksen hajoamiseen ja humuksen syntyyn ja edel-
leen kasvien kasvuun. Suomen maaperässä on yleensä
vähänlaisesti kalkkikiveä ja muita emäksisesti vaikuttavia
kivilajeja. Peltomaat ovat tämän takia parhaan kasvukun-
non kannalta yleensä liian happamia.

RAVINTEISUUS

Maan ravinteisuus koostuu maanesteeseen liuenneista
vesiliukoisista ravinteista, maahiukkasten pinnalla tai sa-
veksen hilaväleissä olevista *vaihtuvista ravinteista* ja suh-
teellisen nopeasti kasvien käyttöön saatavista *ravinne-
reserveistä* sekä maaperän kokonaisravinteista.

Savimaissa voi olla yhteensä kymmeniä tonneja esim.
kaliumia hehtaarilla, samoin kalsium- ja magnesiumva-
rastot ovat suuria. Hiekkamaissa sen sijaan on ravinteita
vain muutamia satoja kiloja hehtaarilla. Typpeä kiven-
näismaissa voi olla noin 4–10 t/ha, multa- ja turvemailla
vieläkin enemmän. Maapallolla peltomaiden ravinneva-
rastot ovat suuremmat kuin lannoitteiden raaka-aine-esiin-
tymien ravinnesisältö. Viljavasta maasta kasvit saavat
kaikkia tarvitsemiaan ravinteita riittävästi ja myös sopi-
vissa suhteissa.

Pitkään luomuviljelyssä olleissa pelloissa on havaittu
ravinteiden jakautuvan tasaisemmin maan syvyys-suun-
nassa. Lierot ja syväjuuriset kasvit voivat siirtää ravin-
teita myös pohjamaahan. Toisaalta syväjuuriset kasvit
voivat ottaa pohjamaasta esimerkiksi jopa 40–65 % sadon
sisältämästä kaliumista.

Ravinteiden varastointikyky

Viljava maa pystyy varastoimaan suuria määriä ravinteita
niin, että ne ovat suhteellisen helposti kasvien käytettäväs-
sä, mutta turvassa huuhtoutumiselta. Savimailla varas-
tointikyky on suuri ja hiekka- ja turvemailla pieni. Multa-
vuuden lisääntyessä ja pH:n noustessa kivennäismaiden
ravinteiden varastointikyky kasvaa. Maahan +-merkkisel-
lä varauksella varautuneiden ravinteiden varastointikyky

Pääravinteita	C, O, H, N, P, K
Sivuravinteita	Ca, Mg, S
Hivenravinteita	B, Cu, Zn, Mn, Mo, Fe, Cl
Hyödyllisiä	Na, Si, Co, Al, Ni...
Haitallisia/ vältettäviä	Cd, Pb, Hg, Al, Cr, Ni ...

eli *kationinvaihtokapasiteetti* – *KVK* (kalium K^+ , kalsium Ca^{++} , magnesium Mg^{++} , kupari Cu^{++} , mangaani Mn^{++} , sinkki Zn^{++} jne.) on kasvien ravinnehuollon perusta. Maan ravinteiden varastointikyvyn merkitys korostuu luonnonmukaisessa viljelyssä. Negatiivisesti varautuneet nitraatti NO_3^- , sulfaatti SO_4^- ja kloridi Cl^- -ionit ovat herkästi huuhtoutuvia. Mutta hyvä mururakenne voi vähentää niidenkin huuhtoutumista.

Maan ravinteiden varastointikykyä eli kationinvaihtokapasiteettia voidaan parantaa maanparannus- ja viljelyteknisin toimin. Voidaan esimerkiksi lisätä maan savespitoisuutta, nostaa pH:ta aina 7:ään asti sekä parantaa maan multavuutta ja eloperäisen aineksen laatua lehtomullan tyyppiseksi. Maan ravinteiden varastointikykyä lisää käytännössä kasvien kannalta myös maan rakenteen parantaminen. Erityisesti pyöreiden, huokoisten murujen sisäpinnoilta ravinteiden huuhtoutuminen jää vähäisemmäksi.

Suolapitoisuus

Kasvit pystyvät käyttämään maanesteeseen liuenneita ravinteita välittömästi. Ravinteiden poistumisen maanesteestä tulee kuitenkin korvautua lisälannoituksella tai vapautumalla maaperän varastoista. Mikäli maan kationinvaihtokapasiteetti on suuri, korvautuminen tapahtuu nopeasti ja kasvien kasvu jatkuu runsaana.

Kasvien juuret toimivat tehokkaimmin suhteellisen alhaisessa suolapitoisuudessa, jolloin juurten kyky ottaa ravinteita on tehokkaimmillaan, veden saanti helpointa ja kasvien näihin toimintoihin käyttämän energian kulutus pienin. Myös maan hyödyllinen pieneliötoiminta tapahtuu parhaiten melko alhaisessa suolapitoisuudessa. Tämän vuoksi maan optimisuolapitoisuus onkin luonnonmukaisessa viljelyssä melko alhainen. Maan suolapitoisuus saadaan selville mittaamalla maanesteen sähkönjohtokyky. Maanesteen suolapitoisuuteen vaikuttaa ennen kaikkea lannoitus.

2.1.6 MAAN KIVENNÄISAINEKSESTA JOHTUVIA VILJAVUUSTEKIJÖITÄ

Kivennäismaat ovat syntyneet kallioperästä *rapautumisen* vaikutuksesta. Kallioperän ominaisuudet ovat vaikuttaneet oleellisesti peltomaan nykyiseen mineraalikoostumukseen ja rapautumisherkyyteen sekä ravinteiden vapautumiseen. Toisilla alueilla maat sisältävät emäksisiä

kivilajeja kivennäisaineksessa eivätkä siten tarvitse kalkitusta. Toisilla alueilla vastaavasti kaliumia ja magnesiumia on runsaasti. Suomessa suurin osa peltojen kivennäisaineksesta on kalkki- ja fosforiköyhää. Kiviainekset ovat vähän rapautuneita. Toisin sanoen suurin osa mineraaleissa alun perin olleista ravinteista on niissä vielä tallella.

Turvemaat ovat syntyneet eloperäisestä aineesta *soistumisen* kautta. Näin niiden ominaisuudet poikkeavat oleellisesti kivennäismaista sekä ravinteisuuden että ennen kaikkea lämpöolojen kannalta.

Maan minerologisia ominaisuuksia voidaan muuttaa *maanparannusaineilla* ja siirrosmaan käytöllä. Erityisesti turvemaiden siirtämisessä luonnonmukaiseen viljelyyn kivennäismaan käyttö (noin 100–300 m³/ha) maanparannukseen parantaa turvemaiden kasvukuntoa merkittävästi.

2.1.7 VILJAVUUSTEKIJÖIDEN VUOROVAIKUTUS

Viljavuuteen vaikuttavat tekijät ovat vuorovaikutuksessa keskenään. Biologisesti aktiivinen, elävä maa toimii pitkälti ”viljavuusautomaatin” tavoin. Pieneliöstö voi tuottaa kasvien käyttöön suuriakin määriä ravinteita. Tämä ilmiö on selvin typen osalta; biologinen typensidonta voi tuottaa kaikki kasvin ja jopa koko viljelmän tarvitseman typen.

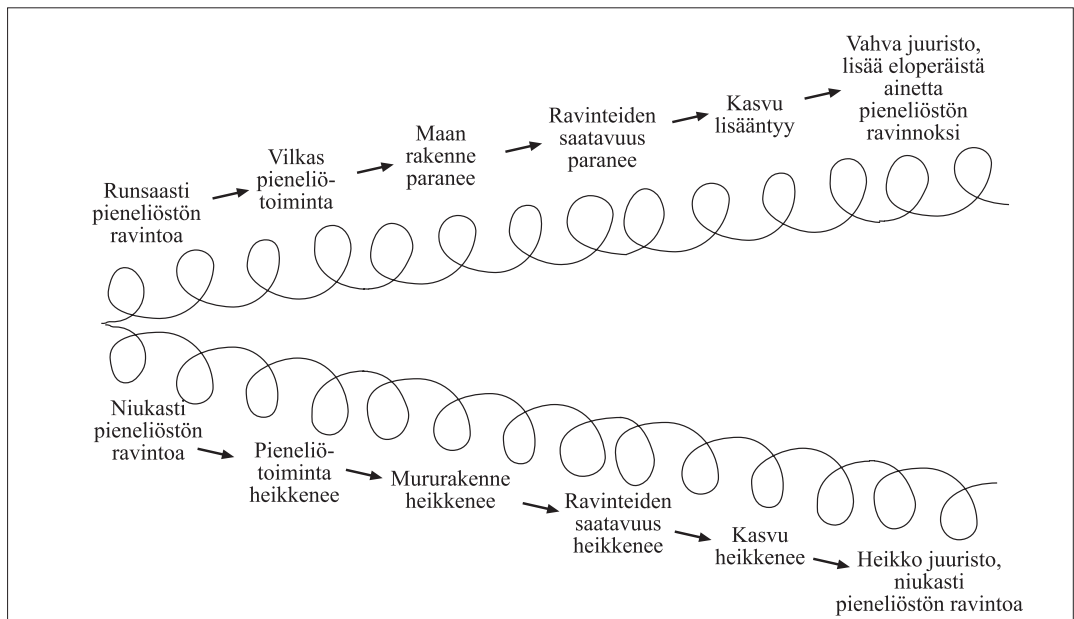
Lierojen ja sienijuurten toiminnan avulla kasvit voivat saada maaperästä merkittäviä määriä fosforia ja muita ravinteita. Maan rakenne vaikuttaa oleellisesti pieneliötoiminnan aktiivisuuteen ja edelleen ravinteiden vapautumiseen maasta sekä ravinteiden hyötysuhteisiin. Tiivis maa on ”lukossa” eikä runsaskaan lannoitus tällöin tehoa. Harva ja heikko juuristo tavoittaa vain vähäisen osan maassa olevista ravinteista. Tiivistymisen haitallisuus korostuu märkinä ja kuivina kasvukausina.

Runsas pieneliöstön ruokkiminen eloperäisellä aineella (eloperäinen lannoitus, kuten komposti, viherlannoitus sekä runsasjuuristoisten kasvien viljely viljelykierrossa) johtaa vilkastuneeseen pieneliötoimintaan, joka edelleen tuottaa runsaasti ravinteita kasvien käyttöön sekä murustaa maata runsaasti. Tällöin kyseessä on positiivinen viljavuuskierte. Pieneliöstön laihdutuskouri - ravinnon niukuus – energian nälkä – johtaa vähäiseen pieneliötoimintaan ja edelleen heikkoon ravinteiden vapautumiseen ja murustumiseen. Näin joudutaan ”negatiiviseen viljavuuskierteeseen”.

Maan viljavuus ja ekologiset periaatteet/ ekosysteemin toimintatavat

- Aurinkoenergian virta
- Ravinteiden ja veden kierto
- Monimuotoisuus
- Systemin vakaus/itsesäätely

VILJAVUUSKIERRE

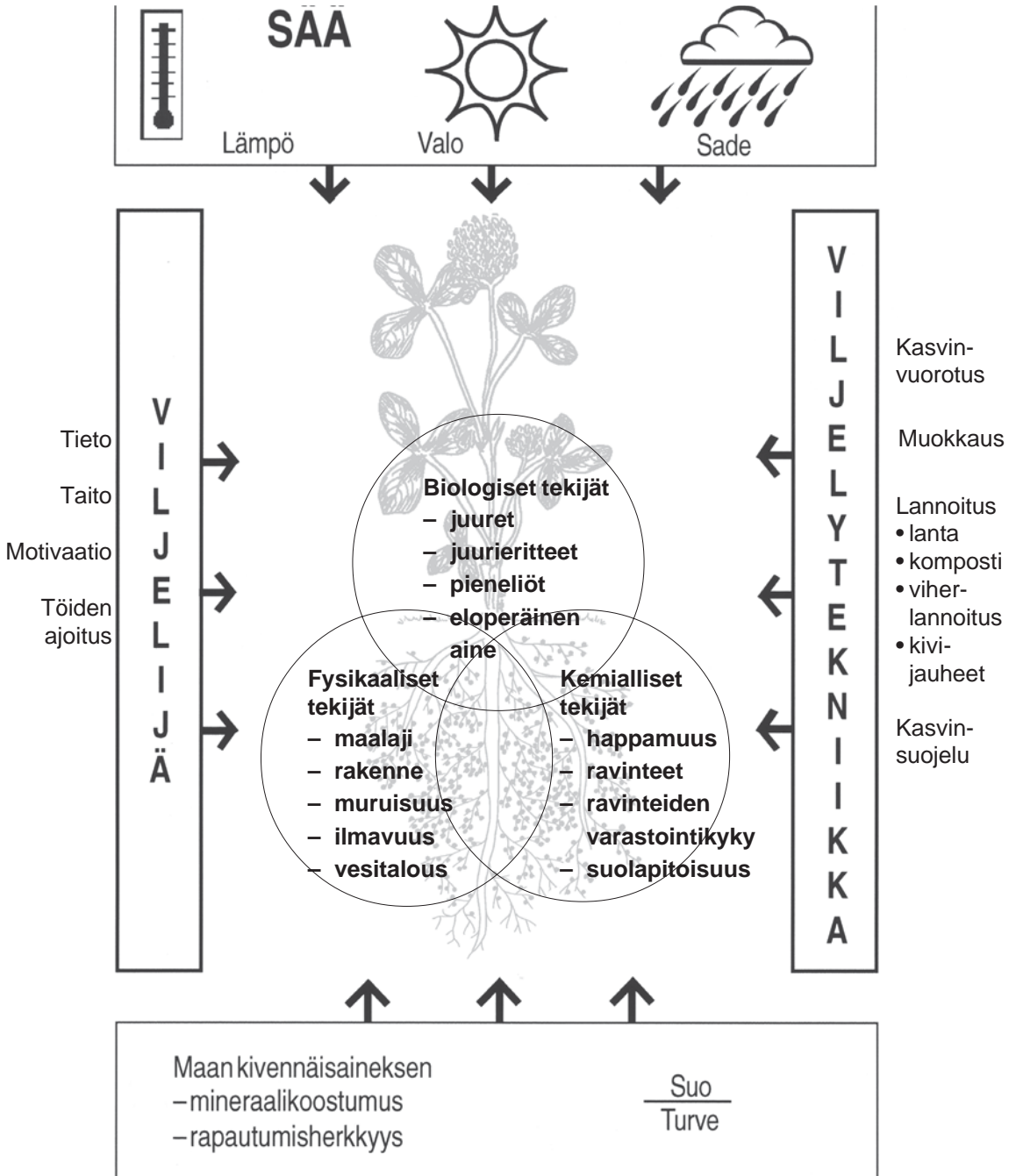


© HY/MH Rajala/TP 2001

Lämpimässä maassa (fysikaalinen viljavuustekijä) pieneliötoiminta on vilkasta ja ravinteiden tuotanto (kemiallinen viljavuustekijä) on suurta, kylmässä päinvastoin. Neutraalissa maassa pieneliötoiminta on vilkasta ja tällöin eloperäisen aineen hajoaminen ja ravinteiden vapautuminen on nopeaa – happamassa päinvastoin. Runkas eloperäisen aineksen määrä vähentää esim. happamuuden ja kuivuuden haittoja. Käytetty viljelytekniikka ja viljelijän oma panos vaikuttavat suuresti luontaisten edellytysten lisäksi maan kasvukuntoon.

Viljavuudelle ratkaisevaa on siten maan toiminta ja eri tekijöiden keskinäiset vuorovaikutukset sekä toimintoja säätelevät tekijät.

MAAN KASVUKUNTO



2.2 VILJAVUUDEN TUTKIMINEN

Menestyksellisen luonnonmukaisen viljelyn harjoittamiseksi viljelijän on tarpeen seurata peltojensa kasvukuntoa. Maan kasvukunnosta voidaan tehdä havainnot pellolla ja sitä voidaan tutkia mm. viljavuustutkimuksen ja lapiodiagnoosin avulla. Ne ovat toisiaan täydentäviä menetelmiä.

2.2.1 MAAN KASVUKUNNON HAVAINNOINTI

Peltojen ominaisuuksia tarkkailemalla ja muistiin merkitsemällä viljelijä voi tehdä päätelmiä eri peltolohkojen kasvukunnosta. Voidaan havainnoida eri peltojen ja lohkon osien kuivumista keväällä muokkaus- ja kylvökuntoon sekä sateen jälkeen, maan muokkautuvuutta kylvömuokkauksessa ja kynnessä jne. Tärkeä havaintokohde on orastuminen, kasvien kasvu ja saadut sadot sekä kasvun tasaisuus lohkon eri osissa. Voidaan myös seurata maan vedenläpäisevyyttä sateiden aikana ja niiden jälkeen.

2.2.2 VILJAVUUSTUTKIMUS

Viljavuustutkimuksen avulla saadaan selville ensisijaisesti maan happamuus ja ravinteisuus. Viljavuustutkimusta käytetään säännöllisesti esim. kerran viljelykierron aikana.

MITÄ TUTKITAAN

Perustutkimuksessa määritetään maalaji, multavuus, happamuus, johtoluku sekä vaihtuvat fosfori, kalium, kalsium ja magnesium. Perustutkimus tehdään vähintään joka lohkolta ja maalajin vaihtuessa joka maalajilta.

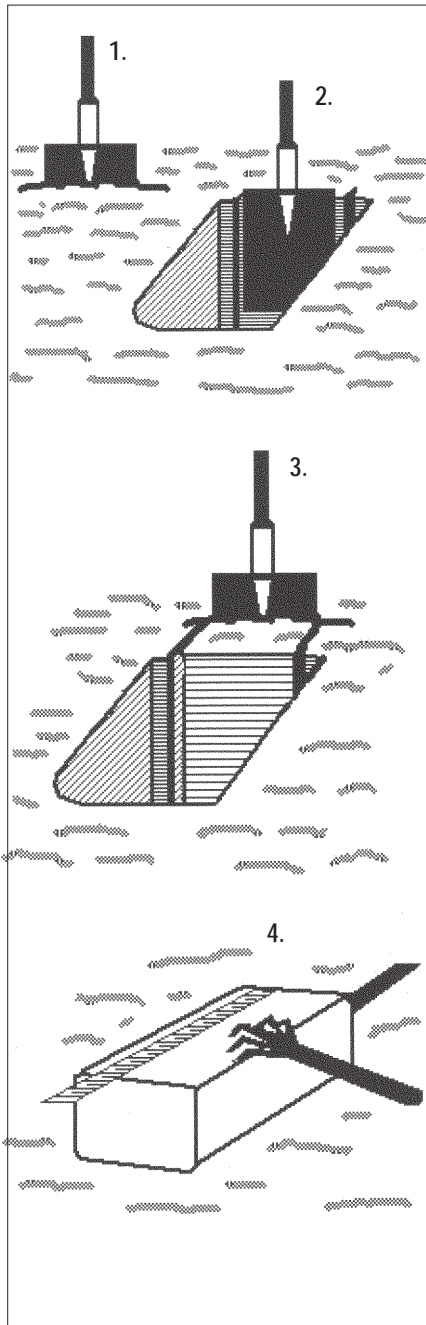
Hivenravinteista on syytä tutkia boori ja kupari, koska niistä voi olla useimmiten puutetta. Lisäksi voidaan tutkia mangaani, rauta, sinkki jne. Sivuravinteista rikki on syytä tutkia muutamista näytteistä. Ravinnereservien määrityksistä suositeltavin on reservikaliumin määrittäminen erityisesti karkeilla kivennäismailla sekä eloperäisillä mailla, koska sen avulla saadaan tietoa maan kaliumin luovutuskyvystä ja edelleen kaliumin lannoitustarpeesta pidemmällä tähtäimellä. Ravinnereservit kannattaa tutkia peltoviljelyssä parista näytteestä maalajia kohti. Ravinnereservit voidaan tutkia esim. 10–15 vuoden välein.

Pohjamaan ominaisuudet ovat luonnonmukaisessa viljelyssä tavanomaista tärkeämmässä asemassa. Pohjamaan

Maan kasvukunnon havainnoinnin epäsuoria menetelmiä

- Maan kuivuminen muokkaus- ja kylvökuntoon keväällä
- Maan muokkautuvuus kylvömuokkauksessa ja kynnessä (vetovastus, tarvittava muokkaukertojen määrä)
- Orastumisen tasaisuus
- Liettyminen ja kuoretuminen
- Pintavirtailu ja eroosio
- Lätäköiden esiintyminen sateiden aikaan ja jälkeen, veden imeytymisnopeus
- Poudankestävyys
- Märkyydensieto
- Satotaso lohkolta ja sen eri osilla
- Vetovastus kynnessä
- Ilmakuvat

LAPIODIAGNOOSIN SUORITUS



happamuus sekä ravinteisuus on myös hyödyllistä tutkia samoin kuin sen varastoravinteet parista näytteestä maala-
jia tai peltoaluetta kohti.

2.2.3 LAPIODIAGNOOSI

Maan viljavuuden kotovarainen havainnointimenetelmä
Monipuolinen kuva maan kasvukunnosta saadaan lapiodiagnoosin avulla. Se on havainnointimenetelmä – ei mittausmenetelmä – jonka tulokset ovat heti käytettävissä. Luonnonmukaista viljelyä harjoittavan viljelijän on hyvä perehtyä lapiodiagnoosin hyväksikäyttöön. Kun viljavuustutkimuksen avulla määritetään maan happamuus ja ravinteisuus, selvitetään lapiodiagnoosin avulla erityisesti maan rakennetta ja myös biologista toimintaa kasvukauden aikana.

Alun perin menetelmän kehitti saksalainen *Johannes Görbig* 1930-luvulla. Sitä on edelleen kehittänyt ja tuonut laajempaan käyttöön saksalainen maatalousteknologian professori *Gerhard Preuschen* sekä tutkija *Andrea Beste*.

Lapiodiagnoosi suoritetaan siten, että kasvukauden aikana maasta leikataan vähintään ruokamultakerroksen syvyydeltä lapiolla maanäyte mahdollisimman vähäisin muutoksin. Maanäytteestä tehdään aistinvaraisia havain-
toja. Tämä tarkoittaa, että tuloksia ei ilmoiteta täsmällisesti toistettavina lukuina, vaan kokonaisuhteenvetona, joka muodostuu maan viljavuuteen vaikuttavien eri osatekijöiden arvioinneista. Siitä huolimatta lapiodiagnoosi antaa – harjaantumisen jälkeen – varsin hyvän käsityksen maan sen hetkisestä kasvukunnosta. Sen avulla saadaan välittömästi tuloksia ja päätöksenteon apuvälineitä viljelytekni-
sten toimien valintaan.

LAPIODIAGNOOSIN SUORITUS

Tarvikkeet

Lapiodiagnoosi voidaan suorittaa tavallisella lapiolla. Mutta paremmin se onnistuu, kun se suorittamiseen on käytettävissä vahvarakenteinen, 20 x 30 x 0,5 cm kokoinen, suorateräinen ja molemmin puolin teroitettu, teräväkärkinen lappio näytteenottoa varten. Lisäksi tarvitaan puutarhalappio, jolla kaivetaan maahan kuoppa, jonka reunasta näyte sitten leikataan irti suoralla lapiolla. Näytettä tuetaan 20 x 30 cm suuruisella laudalla. Näyte saadaan hyvälle tarkasteluetäisyydelle, mikäli se nostetaan tukijalkojen varaan. Näytettä tunnustellaan ja sitä avataan esim.

sormiharalla, jotta sitä voidaan tutkia myös syvemmältä ja saadaan muruja ja kokkareita sekä juuria esiin. Metrimitta kertoo eri kerrosten sijainnin senttimetreinä maan pinnasta alaspäin. Lisäksi havainnot kirjataan paperille. Kamera on tarkin havaintojen muistiinmerkitsijä, joten valokuva on hyvä liittää lohkomuistiinpanoihin.

Ajankohta

Paras ajankohta lapiodiagnoosin suorittamiseen on silloin, kun kasvusto on hyvässä kasvussa ja juuriston kasvu jatkuu vielä vilkkaana. Lapiodiagnoosia voidaan käyttää muulloinkin kasvukaudella. Maan tulisi olla kohtuullisen kosteaa – ei liian märkää eikä liian kuivaa. Maan kosteus-tila näytteenotto hetkellä kannattaa merkitä muistiin.

Näytteenottopaikka

Näytteenottopaikka valitaan lohkolla siten, että kasvustoa ja juuria saadaan mukaan näytteeseen. Näytteenottopaikan valintaan vaikuttaa se, mitä seikkoja maasta halutaan selvittää. Jos kasvusto on hyvä ja tasainen, valitaan hyväkasvuinen, tiheä rivi, josta näyte otetaan. Jos kasvusto on epätasainen, voidaan verrata lohkon hyvin kasvavia alueita huonosti kasvaviin alueisiin.

Näytteenotto

Näytteenottolapio työnnetään pystysuoraan maahan valittuun kohtaan. Puutarhalapiolla kaivetaan lapion eteen ja sivuille kuoppa, jonka leveys on noin 50 cm, pituus 30 cm ja syvyys 25–35 cm. Tämän jälkeen näytteenottolapion kummallekin sivulle leikataan noin 10–15 cm viistot leikkaukset. Tämän jälkeen siirretään näytteenottolapio 15 cm taaksepäin ja leikataan näyte pystysuoraan irti samalla tukilaudalla näytettä tukien niin, ettei se hajoa. Näyte nostetaan tukijalkojen varaan lähempää tarkastelua varten.

LAPIODIAGNOOSIN HAVAINNOT JA HAVAINTOJEN KIRJAAMINEN

Maasta irti leikatusta näytteestä tehdään näkö-, tunto- ja hajuaistien avulla havaintoja mm. murujen ja kokkareiden koosta ja rakenteesta, tiivistymistä, kerroksellisuudesta, juurten kasvutavasta, typensitojakasvien nystyröitymisestä, kosteuden jakautumisesta ja eloperäisestä aineksestä sekä pieneliöstöstä.

Valokuvaamisen lisäksi lapiodiagnoosin havainnot kirjataan paperille muistiin. Näin pystytään vertailemaan tuloksia seuraavien vuosien havaintoihin. Seuraavassa esitellään yksinkertainen havaintojen kirjaaminen. Pöytäkirjalomake sisältää tilan ja lohkon yleis- ja taustatietojen lisäksi kahdeksan saraketta. Niihin merkitään havainnot maan rakenteesta, juuriston kasvusta ja maan kosteudesta. Pöytäkirja on jaettu näytteen syvyysuunnassa neljään kerrokseen. Kiinnostavimpia kerroksia ovat maan pintakerros (0–3 cm), ruokamultakerroksen yläosa (0–15 cm) ja ruokamultakerroksen alaosa (15–25 cm) sekä jankko.

LAPIODIAGNOOSI-PÖYTÄKIRJA

Tila: ^{II} MÄKITALO

Päivämäärä: 16.08.2001

Lohko: KESKILOHKO

Kasvi: APILANURMI 2

Maan kerros	Maan rakenne								Tiiviys	Kerros- sellisuus	Juuristo					Maan kosteus					Eloperäiset jätteet			
	Murujen koko cm										Juuriston tiheys					Nystyrät								
	1	2	3	4	5	6	7	8		hu	he	kk	hy	erh	aktiivisuus	Lierot	ku	-ko	ko	+ko	mä			
Pintakerros (0-3 cm)									ku															
Yläosa (0-15 cm)									ku							xxx		ooo						
Alaosa (15-25 cm)									ku							xx		oo						
Jankko									ti									x						

Kokonaisarvio ja suositus: _____

HY Mli Rajala 2001 (Preuschen 1991, Beste 2001 muutettu)

Havaintojen symbolit lapiodiagnoosissa

Murujen koko

keskimäärin cm:nä

Tiiviys

ku = kuohkea

kk = keskinkertainen

ti = tiivis

ht = hyvin tiivis

Kerrosellisuus

/ = vähän kerrostunut

// = kerrostunut

/// = vahvasti kerrostunut

Juuriston tiheys

hu = harva

he = harvahko

kk = keskinkertainen

hy = tiheä

erh = erittäin tiheä

Juurten aktiivisuus/murujen tarttuminen

x = kohtalainen

xx = runsas

xxx = suuri

Lierot

x = esiintyy kohtalaisesti

xx = esiintyy runsaasti

xxx = esiintyy erittäin runsaasti

Nystyrät

o = esiintyy kohtalaisesti

oo = esiintyy runsaasti

ooo = esiintyy erittäin runsaasti

Maan kosteus

ku = kuiva

-ko = kosteahko

ko = kostea

+ko = varsin kostea

mä = märkä

Eloperäinen jäte

laji

sijainti

lahoamisaste



LAPIODIAGNOOSIN PÖYTÄKIRJA

Murujen ja kokkareiden koko (sarake 1)

Murujen ja kokkareiden koolla tarkoitetaan maaosasten keskimääräistä halkaisijaa, joka havainnointitietokellä tai sormiharalla näytteen ”avaamisen” jälkeen maanäytteestä todetaan. Havaintojen tulos riippuu rakenteen ohella luonnollisesti maalajista ja maan kosteudesta. Havaintoja käsitellään senhetkisisä olosuhteissa. Maaosasten keskimääräinen koko voidaan arvioida siten, että arvioidaan montako prosenttia maahiukkasista on alle 1 cm, montako prosenttia alle 3 cm jne., ja muodostetaan näistä luvuista keskiarvo. Tärkeämpää kuin maosasten halkaisijan mahdollisimman tarkan lukuarvon määrittäminen on niiden koon muuttuminen näytteen syvyysuunnassa. Sarakkeeseen muodostuvan diagrammin muoto tekee maan rakenteen muutokset havainnolliseksi.

Lujuus ja tiiviys (sarake 2)

Maan lujuutta ja tiiviyttä arvioitaessa tehdään arvio joka kerroksesta erikseen. Arvioinnissa asteikkona käytetään neliportaista asteikkoa kuohkeasta erittäin tiiviiseen. Myös maan tiiviys on riippuvainen maalajista ja kosteudesta. Kokkareiden muoto antaa paljon viitteitä maan tiivyydestä. Kulmikkaat murut ja kokkareet ovat tyypillisiä tiivistyneelle maalle. Myös hiekkamaa voi olla erittäin tiivistynyt. Tämä ilmenee jo lapiota maahan painettaessa sekä siitä, että melko suuretkin kokkareet pysyvät koossa. Kokkareiden murtuessa palasiin jää sileitä pintoja ja teräviä särmiä. Kaikilla maalajeilla teräväsärmäiset murtumapinnat osoittavat maan suurta tiivyyttä. Pyöreät särmit ja kulmat osoittavat maan vähäistä tiivyyttä ja hyvää elävyyttä.

Kerroksellisuus (sarake 3)

Kerroksellisuus voidaan havaita näytteestä jo lapiota maahan painettaessa. Lapiro voi painua maahan helposti, sitten tuleekin kova kerros, jonka läpi lapion työntäminen vaatii suurta voimaa tai jopa lekaa. Kerrosten esiintyminen voidaan määrittää tarkemmin maaosasten erilaisen koon, juuriston kasvun erojen ja kosteuden jakauman perusteella. Kerrostuneisuus eli maan tiivyyden muutoksen jyrkkyys merkitään kolmiportaisella asteikolla.

Juuriston tiheys ja kasvutapa (sarake 4)

Juuriston tiheys voi vaihdella suuresti harvasta erittäin tiheään. Kunkin kasvilajin juuriston ominaispiirteet tulee luonnollisesti ottaa huomioon; apilan juuriston erittäin suuri tiheys on erilainen kuin viljan juuriston erittäin suuri tiheys. On myös syytä huomata näytteen eri kerrosten väliset erot, jotka tulevat piirrettävässä diagrammissa esiin. Merkitään erityisesti ne kohdat (kerrokset, tiivistymät), joissa juuret tekevät mutkia tai kasvavat vaakasuoraan. Tällaiset kohdat on syytä merkitä erikseen näkyviin sarakkeeseen esim. nuolilla.

Juurten aktiivisuus ja nystyrät sekä lierot (sarakeet 5 ja 6)

Juurten aktiivisuus, ohuiden hiusjuurten, juurikarvojen ja juurinyströiden esiintyminen ja ulkonäkö vaihtelevat kasveittain. Niihin vaikuttavat kuitenkin suuresti maan ominaisuudet (maan biologinen aktiivisuus, ilmavuus ja kosteus) ja ne antavat siten arvokkaita tietoja maan luontaisesta viljavuudesta. Juurten aktiivisuus voidaan arvioida juurten pinnalle tarttuneiden pienten maamurujen määrän perusteella. Juuria on hyvä tarkastella myös lähemmin, jopa suurennuslasilla. Lierojen määrä on erittäin runsas, jos niitä havaitaan lapiollisesta vähintään 3 kpl ja kohtalainen, jos määrä on noin 1 kpl. Lierojen lukumäärän lisäksi näytteestä on syytä havainnoida myös niiden käyttävät sekä ruokamullasta että jankosta. Mm. maan kosteus ja kasvukauden vaihe vaikuttavat viljelykasvin ohella huomattavasti lierojen esiintymiseen. Arviointi voidaan merkitä kolmiportaisella asteikolla niukasta runsaaseen.

Maan kosteus (sarake 7)

Maan kosteuden arviointia voidaan tehdä silmävaraisesti heti näytteen otton jälkeen. Maata voidaan myös ottaa sormien väliin ja selvittää jokaisen kerroksen kosteustilaa puristelemalla näytettä sormien välissä. Maalajien luontaiset erot oppii pian erottamaan harjoittelemalla. Tärkeää on erottaa näytteen eri kerrosten väliset kosteuserot. Kosteuden jakautuma näytteen eri kerroksiin on erityisen merkityksellinen havaintokohde. Kokkareiden murtaminen paljastaa, onko kosteutta vain ohuena kerroksena niiden pinnalla vai onko kosteutta myös kokkareiden sisällä. Arviointi voidaan tehdä viisiportaisella asteikolla kuivasta märkään.

Eloperäiset jätteet (sarake 8)

Näytteestä löytyy yleensä eloperäisiä jätteitä, kuten olkia, kompostia, vihermassaa tai myös vanhoja juuria. Niiden havainnoinnissa todetaan, missä kohtaa näytettä eloperäisiä jätteitä löytyy ja mikä niiden maatuneisuusaste on. Maatuneisuusaste voidaan osaksi todeta sormin (pitkälle lahonnut aine on haurasta, vähän maatunut on sitkeää) ja osaksi haistamalla (multamainen tai mätänevä haju).

Viljavuuden hoitomenetelmiä

1. Edellytykset viljavuudelle
 - kuivatus – ojitus, pinnanmuotoilu ja läpäisevyys
 - sopiva pH -peruskalkitus
 - maanparannus – turvemaiilla ja karkeimmilla kivennäismailla
2. Maan viljavuuden parantaminen viljelyteknisin ja biologisin keinoin
3. Rakenteen säilyttäminen – tiivistymisen välttäminen
4. Sopiva muokkaus
5. Muu viljelytekniikka tarkoituksenmukainen

2.3 VILJAVUUDEN HOITO

Maan viljavuuden hoidossa korostuvat maan *biologisten ja fysikaalisten viljavuustekijöiden* parantaminen ja hoitaminen. Maan luontaisen viljavuuden hoitamisessa maan hoitotoimet suunnitellaan painottaen pieneliöstön menestymistä. Edistämällä ja ohjaamalla pieneliötoimintaa, vaikutetaan maan aineenvaihduntaan.

2.3.1 KUIVATUS

Viljelyn ja maan kasvukunnon muodostumisen perusedellytys on peltojen riittävä kuivatus. Useimmilla pelto-lohkoilla tarvitaan hyvin toimiva ojitus. Vain viettävät, karkeimmat kivennäismaat voidaan viljellä ojattomina. Siirryttäessä luonnonmukaiseen viljelyyn peltojen paikalliskuivatus eli ojitus, pinnan muotoilu ja maan läpäisevyys tulee tarkistaa ja tarvittaessa tehdä tarvittavat korjaukset.

KUIVATUKSEN MERKITYS

Kunnollisella kuivatuksella on monenlaisia etuja ja tehtäviä maan kasvukunnon hoidossa, mitkä korostuvat erityisesti luonnonmukaisessa viljelyssä. Hyvin toimiva kuivatus varmistaa peltolohkojen kuivumisen ja lämpenemisen aikaisin keväällä tasaisesti kylvökuntoon. Maa lämpimää nopeammin ja tehollinen kasvuaika pitenee; tällöin voidaan viljellä vaateliaampia lajikkeita tai kasveja. Maan rakenne ja kaasujen vaihto säilyvät hyvinä. Juuriston kasvu on laajaa ja syvälle ulottuvaa. Hyödyllinen pieneliötoiminta on vilkasta ja pellon typpitalous on hyvä. Esimerkiksi lierojen on todettu viihtyvän paremmin sala-ojien kohdilla hyvin kuivatuissa kohdissa kuin niiden välillä. Ravinteiden vapautuminen maaperästä – myös syvemmistä maakerroksista – on runsaampaa. Edelleen käytettyjen eloperäisten lannoitteiden hajotus sekä koko lannoituksen hyötysuhteet paranevat. Riittävä kuivatus turvaa myös peltojen riittävän kantavuuden kasvuston hoito- ja sadonkorjuutöissä.

Kuivatus tulee järjestää niin, että kesän runsaatkin ukkossateet johdetaan välittömästi pois pellolta. Lammikoita ei saa kertyä pellolle missään olosuhteissa. Jo puolen vuorokauden vesipeitto kesällä voi häiritä maan hyödyllistä pieneliötoimintaa. Lohkon pinnanmuotoilu ja maan vedenläpäisevyys ovat tässä ratkaisevia.

Kuivatuksen tulee estää myös veden kertyminen talvella pelloille lammikoiksi ja siten jääpoltteen esiintyminen. Pinnanmuotoilu on tässä ratkaiseva.

KUIVATUKSEN OSATEKIJÄT

Ojitus

Ojituksena käytetään yleisimmin salaojitusta ennen kaikkea sen työtekniisten ja taloudellisten etujen takia. Salaojitettu lohko kuivuu ja lämpiää keväällä salaojituksen toimesta hyvin noin viikkoa avo-ojitettua lohkoa aikaisemmin kylvökuntoon. Salaojituksen tehon tulee kuitenkin olla riittävä. Jokainen lohko tarkastetaan. Niissä kohdissa, missä kuivatus on huono tai huononlainen, suoritetaan tarvittavat kunnostustoimet. Lohkon kosteimmat alueet on syytä täydennysojittaa joko ennen siirtymistä tai viimeistään siirtymävaiheessa lisäämällä tarvittava määrä imuojia tai lyhyitä haaroja entisten imuojien väliin. Lievemmissä tapauksissa kuivatusta voidaan parantaa lisäämällä sorasilmäkkeitä. Myös täydentävää myyrä-salaojitusta voidaan kokeilla. Tiivistymiselle erityisen alttiille alueille esim. kääntöalueille on eduksi lisätä imuojia. Salaojitusta kunnostettaessa voidaan harkita siirtymistä säätö-salaojitukseen, mikäli pellot ovat riittävän tasaisia ja maalaji on siihen sopivaa karkeaa kivennäismaata.

Uudisojituksissa on suositeltavaa käyttää vaateliaiden kasvien imuojaväliä (noin 20–30 % normaalia tiheämpi). Ojattomina tähän asti viljellyillä lohkoilla saattaa olla myös ojitustarvetta. Rinteen alaosassa pohjavesi tulee toisinaan lähelle maan pintaa ja pitää maan kylmänä sekä kasvun heikkona. Tällainen alue lohkosta on syytä salaojitaa ennen kaikkea lämpimyyden ja siten kasvun lisäämiseksi. Piiriojat kunnostetaan aina tarvittaessa.

Pinnan muotoilu

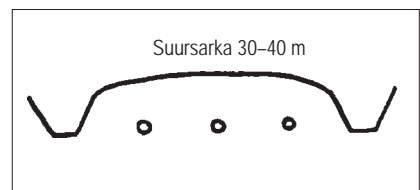
Tasaisilla peltolohkoilla pinnan muotoilulla varmistetaan sade- ja sulamisvesien nopea pois pääsy pellolta. Tämä on tärkeää kesällä hyvän kasvun ja talvella hyvän talvehtimisen takia. Pintavesien poisjohtamiseen voidaan käyttää vesivakoja. Painanteisiin ja notkelmiin on kuitenkin parempi siirtää täytemaata. Ruokamultaa lohkon muista osista ei ole syytä käyttää notkelman täyttämiseen, vaan täytemaa tuodaan muualta (esim. ojamaat, muta).

Ongelmallisimpia ovat tasaiset multa- ja turvemaat, jotka voivat painua epätasaisesti varsinkin salaojituksen jälkeen. Tällaisilla lohkoilla on suositeltavaa käyttää salaojituksen ja avo-ojituksen yhdistelmää. Lohkolle tehdään avo-ojittamalla noin 30–50 metriä leveitä suursarkoja.

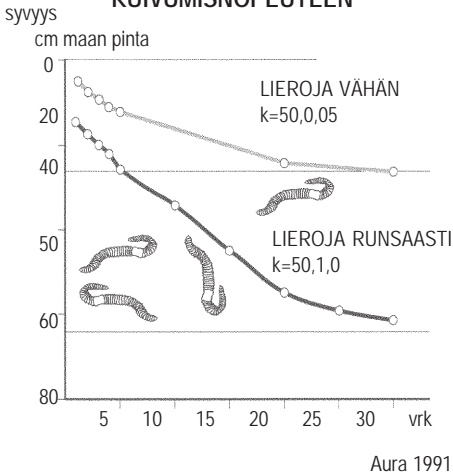
Sarat salaojitetaan ja muotoillaan keskeltä laitoja korkeammiksi. Näin voidaan varmistaa pintavesien nopea pois pääsy kaikissa olosuhteissa.



SUURSARKOJEN AVO- JA SALAOJITUS



LIEROKANAVIEN VAIKUTUS MAAN KUIVUMISNOPEUTEEN



Maan vedentiläpääisyys

Salaojituksen toimivuudelle on ratkaisevan tärkeää, että jankon ja pohjamaan rakenne on niin hyvä, että vesi pääsee ruokamultakerroksesta sateiden aikana lammikoita muodostamatta salaojiin. Pohjamaan läpäisevyys turvataan viljelemällä viljelykierrossa runsaasti syväjuurisia apilanurmia, välttämällä liian kostealla maalla ajoja ja tiivistämistä raskailla koneilla sekä suosimalla lieroja. Salaojitusyöt tulee tehdä maan ollessa riittävän kuivaa käyttäen riittävästi sorasilmäkkeitä. Tämä turvaa pohjamaan säilymistä vettä läpäisevänä. Savimailla salaojista kaivetun maan on eduksi kuivua ja murustua ennen sen pudottamista takaisin salaojiin. Vaikeimmilla mailla hake salaojien täyteaineena voi olla varteenotettava vaihtoehto. Hyvin toimiva salaojitus on saatu myös siten, että vanhojen sarkaojien pohjalle on ajettu kerros soraa ennen avo-ojien umpeen kyntöä.

Kunnollisen kuivatuksen merkitys on luonnonmukaisessa viljelyssä vielä tavanomaistakin suurempi. Siirtymävaiheessa useimmilla tiloilla on tarvetta peltojen kuivatuksen parantamiseen.

2.3.2 HAPPAMUUDEN SÄÄTELY

Maan sopiva pH on peltoviljelyssä kivennäismailla noin 6,0–6,5 ja turvemilla noin 5,5–6,0. Riittävän korkea pH on luonnonmukaisessa viljelyssä hyödyllistä, koska maan pieneliötoiminta, palkokasvien menestyminen ja biologinen typensidonta sekä maan murustuminen että useimpien ravinteiden ja varsinkin maahan pidättyneen (väkilannoite)fosforin käyttökelpoisuus ovat tällöin parempia.

Korkea pH ja varsinkin liian voimakas kalkitus heikentävät useimpien hivenravinteiden käyttökelpoisuutta (mm. mangaani, boori, kupari, rauta), maan orgaanisen fosforin ja hidasliukoisten fosforitäydennyslannoitteiden hyväksikäyttöä.

Maan happamuuteen vaikuttavat mm. lannoitus, kasvien kasvu ja hapen sade sekä ravinteiden huuhtoutuminen. Pellon kuivatus ja maan rakenne voivat myös vaikuttaa maan happamuuteen.

Peruskalkitus on usein tarpeen siirryttäessä luonnonmukaiseen viljelyyn. Se on syytä tehdä heti siirtymävaiheessa. Kalkkia tarvitaan yhden viljavuusluokan eli 0,4 pH-yksikön nostamiseen kivennäismailla lähinnä maalaajista ja multavuudesta riippuen noin 2–8 t/ha. Kalkitus on eduksi jakaa pieniin kerta-annoksiin (2–5 t/ha). Liian

TIIVISTÄMISEN VAIKUTUS LIEROJEN MÄÄRÄÄN

Lierojen määrä ruotsalaisessa kokeessa, jossa 20 vuoden ajan työt on tehty traktorilla, jossa oli joko yksittäispyörät tai pari-pyörät tai traktorin asemesta koneet vedettiin vinssillä eikä maata tallattu lainkaan (Häkansson 2000).

	Yksittäispyörä	Pari-pyörät	Vinssi
Lieroja kpl/m ²	16	33	92
Lieroja g/m ²	6	10	23

voimakas kalkitus voi muuttaa hivenravinteita vaikealiukoiseen muotoon ja häiritä pieneliötoimintaa. Näin erityisesti karkeilla, vähämultaisilla kivennäismailla.

Kalkitus tehdään maan magnesiumpitoisuudesta riippuen joko kalkkikivijauheella tai dolomiittikalkilla. Jos kalsium- ja magnesiumlukujen suhde on alle 8, käytetään niukasti magnesiumia sisältäviä kalkitusaineita. Jos suhde on yli 13, käytetään magnesiumipitoisia kalkitusaineita. Kalkin lisäksi pH:ta nostavat luonnonmukaisessa viljelyssä käytettävät emäksiset kivijauheet.

Peruskalkitustarve luonnonmukaisessa viljelyssä on lähes yhtä suuri kuin tavanomaisessakin viljelyssä. Hivenaineiden liukoisuuden väheneminen varsinkin hyvän luokan ylärajoilla voi olla luomussa haitallisempaa kuin tavanomaisessa viljelyssä, koska maan pH:ta laskevia väkilannoitteita ei käytetä. Sen sijaan erillistä *ylläpito-kalkitusta* luomuviljelyssä tarvitaan tavanomaista vähemmän, koska käytettävät lannoitusaineet vaikuttavat pääosin emäksisesti eikä hapattavasti vaikuttavaa väkilannoitetyypä käytetä. Karjanlanta, varsinkin kompostoituna, vaikuttaa maan pH:ta säilyttävästi. 10 tonnia biotiittia vastaa noin 1,5–2,0 tonnia kalkkia. Apatiitin kalkitusvaikutus vastaa kalkkia, joskin se on hitaampi. Tuhkaa tarvitaan 1,5–5 tonnia, jotta saadaan kalkkitonnin kalkitusvaikutus.

Kalkitus on viljelykierrossa syytä tehdä mieluiten jo vuotta ennen uuden nurmen perustamista. Näin kalkki saadaan sekoittumaan tasaisesti ruokamultaan ja kerrokseen.

2.3.3 PIENELIÖSTÖN HOITO

Pieneliöstön toimintaedellytyksiä voidaan parantaa huolehtimalla riittävästä hyvälaatuisen ravinnon jatkuvasta saannista, turvaamalla kaikissa olosuhteissa maan hyvä kaasujen vaihto (hyvä rakenne) sekä turvaamalla kuivana aikana kosteuden säilyminen. Käytettäviä toimenpiteitä ovat esim. hyvä kuivatus, tasapainoinen viljelykierto, maan pintaa suojaavan kasvipeitteisyyden ja katteiden käyttö, kastelu, happamien maiden kalkitseminen ja maan hellävarainen muokkaus. Pieneliötoimintaan osin haitallisesti vaikuttavien aineiden kuten suolamuodossa olevien väkilannoitteiden sekä kemiallisten torjunta-aineiden käytöstä pidättäydytään.

Luonnonmukaisimmin pieneliöstön ravinnon saantia turvataan viljelemällä runsaasti juurimassaa, juurieritteitä



**VILJELYMENETELMÄN JA
VILJELYTEKNIIKAN VAIKUTUS
LIEROJEN MÄÄRÄÄN**

Viljelymenetelmä	Lieroja kpl/m ²
Tavanomainen 100 % väkilannoitus	42
Tavanomainen 50 % väkilannoitus	77
Luomu, viherlannoitus	120
Luomu, kasvijätteet kompostoitu	134

Kukkonen ja Vestberg 2002

Samanlaisen kokeen maita käytettäessä on todettu myös sienijuuren toimivan parhaiten kompostia lannoitteena käytettäessä. Mansikka tuotti noin 18 % suuremman sadon pitkään luomumenetelmän viljelyssä maissa. Paremmat fyysikaaliset olosuhteet lienevät tärkeimpiä syitä suurempaan satoon. Eri kasvien ja viljelykiertojen maanparannusvaikutusta käsitellään tarkemmin luvussa 3.

ja muuta eloperäistä ainetta maahan jättäviä kasveja riittävän usein viljelykierrossa. Syväjuuriset, apilavaltaiset nurmet ovat tässä suhteessa eniten käytettyjä kasveja.

Kasvit parantavat maan rakennetta kuivattamalla maata, joka edistää mm. maan halkeilua. Juuristo muodostaa tiheän juurihuovaston ja juurten kuollessa maahan jää jatkuvia juurikanavia. Juuret ja juurieritteet edistävät maan murustumista.

Runsaajuuristoisten kasvien viljelyä täydennetään käyttämällä eloperäistä lannoitusta, kuten karjanlantaa, komposteja sekä viherlannoitusta. Maan multavuuden lisäämisen kannalta karjanlantakompostit ja monivuotisten nurmipalkokasvien juuristot ovat parhaita. Maanpäällinen vihermassa kiihdyttää enemmän maan eloperäisen aineen hajotusta. Täydennyslannoitus tapahtuu kivijauhein. Huonokuntoisilla mailla on siirtymävaiheessa eduksi käyttää suurehkoja kompostimääriä lähinnä maan huonon eloperäisen aineen hajotuskyvyn takia. Pieneliötoiminta vilkastuu näillä mailla hitaasti. Viljelytekniikan vaikutusta pieneliöstön menestymiseen havainnollistaa oheinen tutkimustulos.

Keski-Suomessa suoritettussa 18 vuotta kestäneessä omavaraisviljelykokeessa kemialliseen lannoitukseen ja kasvinsuojeluun perustuva pitkäaikainen viljan viljely vähensi lierojen määrää. Lierot viihtyivät paremmin vilja- ja typensitajakasveja vuorottelevassa viljelyssä, jossa lannoitus perustui pääasiassa komposteihin ja kasvinjätteiden palauttamiseen peltoon. Jo kolmen vuoden viljelyllä voitiin saada merkittäviä muutoksia pellon lieroyhteisössä.

2.3.4 MAAN RAKENTEEN HOITO

Maan kaasujen vaihdon turvaamista

Maan rakennetta voidaan kutsua *viljavuuden avaimeksi*. Tiivistynyt maa on ikään kuin lukittu. Kasvien juuret eivät tavoita maassa mahdollisesti runsaastikin esiintyviä ravinteita eivätkä vettä. Runsaammat sateet aiheuttavat hapen puutteen riittämättömän maan vedenläpäisevyyden ja kaasujen vaihdon takia.

Syynä maan tiivistymiseen on mm. puutteellinen kuivatus sekä lima-aineiden puute, mikä johtuu ennen kaikkea hajoamiskelpoisen eloperäisen aineen niukkuudesta ja heikosta pieneliötoiminnasta. Tämä on seurausta vähän kasvijätettä maahan jättävien kasvien runsaasta osuudesta

viljelykierrossa sekä eloperäisen lannoituksen niukkuudesta. Maata kuluttaa myös runsas sellaisten kasvien viljely, joita viljeltäessä maa on pitkään paljaana (esim. juurikasvit). Raskas peltoliikenne ja muokkaus-, kylvö- ja sadonkorjuutöiden suorittaminen maan ollessa liian kosteaa kuluttaa ja tiivistää maata. Alhainen satotaso jättää maahan vähän juurikanavia, juurimassaa ja muuta kasvinjätettä.

RAKENTEEN HOIDON TAVOITTEET

Maan rakenteen hoidon tavoitteina on kestävien, pyöreiden murujen muodostaminen ja toimivan huokoston ylläpitäminen. Maan murustuminen on tärkeää mikrobien elinolosuhteiden parantamiseksi, ravinteiden varastoitumisen lisäämiseksi, saatavuuden parantamiseksi sekä maan liettymisen ja kuorettumisen ehkäisemiseksi. Kaasujen vaihdon, veden imeytymisen ja valunnan sekä juurten kasvun kannalta maahan tarvitaan isojen huokosten verkosto, joka on jatkuva ja riittävän tasaisesti jakautunut.

MURURAKENNE JA LÄPÄISEVYYS

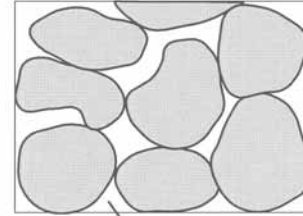
Maan rakenteen hoito avaa ”lukitun maan” kasvien juurten ulottuville. Peltomaan rakenteen parantamisessa huomiota kiinnitetään sekä ruokamultakerroksen muruisuuden että pohjamaan vedenläpäisevyyden parantamiseen. Maan rakenteen hoidon perusedellytys on kunnollinen kuivatus. Se tekee mahdolliseksi kunnollisen juuriston kasvun sekä parantaa merkittävästi maan kestävyyttä viljelyssä väistämättä esiintyvää tallausta kohtaan.

TIIVISTYMISEN ESTÄMINEN

Maan haitallista tiivistymistä voidaan rajoittaa monin toimenpitein. Muokkaus-, hoito- ja sadonkorjuutyöt tehdään silloin, kun maa on siihen *riittävän kuivaa*. Käytettävissä tulee olla kohtuullisen tehokas kapasiteetti töiden suorittamiseksi optimaikaan. Myös pohjamaan tulee olla riittävästi kuivunut. Ajokertoja voidaan vähentää sovittamalla työkoneiden leveys traktoriin sopivaksi (äes, kylvökone, silppuri jne.) tai siirtymällä käyttämään tehokkaampaa työkoneita (esim. tehokkaammin muokkaava äes) sekä yhdistämällä useampia työvaiheita (esim. jyrskylvö) ajokertojen vähentämiseksi.

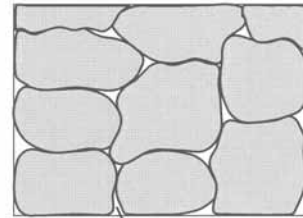
Kevätkylvöt tehdään vasta silloin, kun maa kestää muokkaus- ja kylvöliikenteen tiivistymättä liiallisesti. Eri maalajien erot ovat tässä suhteessa suuria. Syyskyntö tehdään kuivana aikana; savimaa ei saa tahtaantua vakopyö-

HYVÄRAKENTEINEN MAA



vesi- ja ilmahuokosia

HUONORAKENTEINEN MAA



vesihuokosia

Hyvärakenteinen maa

- huokoinen pintakerros
- multakerros muruinen
- jankko läpäisevä
- pohjavesi alhaalla

Maan rakenne säätelee

- juuriston kasvua ja toimintaa, yhteyttä maahan
- pieneliöstön elinolosuhteita ja toimintaa
- eloperäisen aineen hajotusta ja lima-aineiden ym. tuotantoa
- ravinteiden varastoitumista ja vapautumista kasveille
- maan kaasujen vaihtoa
- veden imeytymistä ja maan vedenläpäisevyyttä
- maan liettymistä ja kuorettumista

HYVÄRAKENTEISEN MAAN OMINAISUUKSIA

Pinta

Pintakerros kestää sateen liettymättä – kestävä mururakenne
Vesi imeytyy hyvin maan sisään – ei lammikoita eikä pintavirtailua

Multakerros

Multakerros on murustunut valtaosin pyöreiksi, huokoisiksi muruiksi (koko noin 2–7 mm, 1–20 mm) ja pyöreähköiksi, helposti mureneviksi kokkareiksi.
Vettä ja ravinteita varastoituu huokoisten murujen ja kokkareiden sisään.
Murujen sisällä mikrobeilla hyvät kasvuolosuhteet – tasainen kosteus ja tarttumapintaa.
Murut kestävät hyvin vettä.
Kokkareet murenevat helposti muruiksi – hyvä muokautuvuus.
Murujen ja kokkareiden väleissä jatkua, isoja huokosia, joita myöten sadevesi imeytyy maan sisään ja edelleen maan läpi salaojiin.
Isoja huokosia pitkin maan kaasujen vaihto on hyvä.
Juurilla helppoja kasvureittejä.

Jankko

Jankossa on runsaasti pystysuuntaisia, jatkuvia liero- ja juurikanavia sekä halkeamia ym. isoja huokosia. Sadevesi pääsee imeytymään nopeasti salaojiin.
Juurilla helppoja kasvureittejä.

Hyvä kuivatus

Pohjaveden pinta alle 60 cm:n syvyydessä

rän alla. Tämä tukkii pystysuorat, jatkuvat juuri- ja lierokanavat sekä halkeamat vettä hyvin hitaasti läpäiseväksi. Eräänä tuntomerkkinä savimaan liiallisesta märkyydestä kynnettäessä on maan tahtaantuminen auran siivessä; sillä ”jos kynnön selkä syksyllä kiiltää, ei ensi vuonna tarvitse odottaa hyvää satoa”.

Alkusyksyllä maa on varmimmin riittävän kuivaa. Muokatun maan mururakenteen tulisi lujittua kuivumalla ennen kuluttavia sateita. Traktorin vakopyörän nostaminen vaosta sängelle vähentää pohjamaan tiivistymisen riskiä merkittävästi.

Muokkaukset tehdään niin hellävaraisesti, että murut eivät tarpeettomasti rikkoonnu. Maahan kohdistuvaa rasi- tusta voidaan vähentää pienentämällä koneista maahan kohdistuvaa pintapainetta. Korkeat ja leveät vyörenkaat, paripyörät, teliakselisto sekä alhainen rengaspaine traktorin ja työkoneiden renkaissa vähentävät maan tiivistymistä. Rengasvarustuksen tulisi olla sellainen, että rengaspaineet voidaan laskea vaativissa olosuhteissa isoimmilla akselipainoilla (30)40–50 kPa:iin. Kuivissa olosuhteissa rengaspaine voi olla 100 kPa. Paripyöriä muokkaustöissä käytetään siksi, että maa tiivistyisi vähemmän, ei siksi että päästäisiin aikaisemmin kylville.

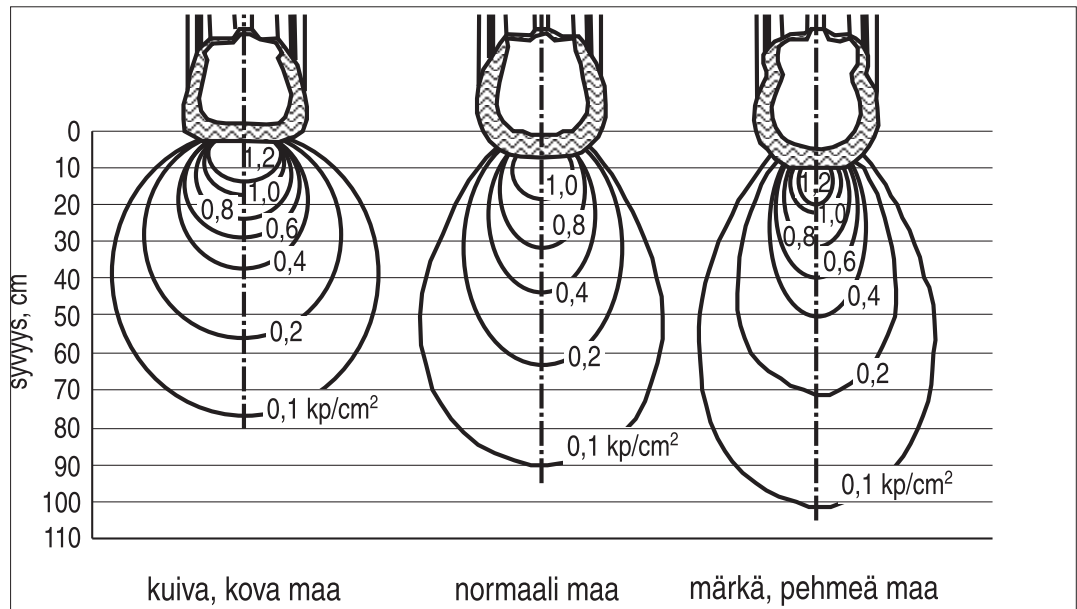
Kohtuullinen akselipaino tiivistää maata matalammasta kuin suuri akselipaino. Alakukun tutkimuksissa (1999) 5:n tonnin akselipaino tiivisti savimaan 35 cm:n syvyyteen. Keskikokoinen ja moottoritehoonsa nähden kevyt traktori ja muu kone onkin näin ollen suositeltavin. Saman moottoritehon traktorien massa voi vaihdella suuresti. Vaativissa olosuhteissa korkeintaan 3,5–4,0 tonnin akselipaino on suositeltavin. Vaativassa puutarhakasvien viljelyssä akselipaino saisi olla vielä oleellisesti tätä pienempi. Isot leikkuupuimurit ja muut isot korjuukoneet ovat märkinä syksyinä riski ruokamultakerroksen ja jankon tiivistymisen kannalta. Savi- ja hiesumaiden ohella myös karkeiden kivennäismaiden jankko voi iskostua hyvin tiiviiksi. Peltokuvioden muotoilu säännöllisiksi vähentää käännöksiä ja siten maan tiivistymistä. Myös muu peltoliikenne suunnitellaan mahdollisimman vähän maata rasittavaksi. Esimerkiksi lietelannan levityksessä lannan siirrosta voidaan käyttää isoa vaunua, mutta levitys tehdään mahdollisimman kevyellä kalustolla ja pienellä rengaspaineella.

Samoin esimerkiksi nurmisadon korjuussa voidaan siirtyä käyttämään maata vähemmän tiivistävää työketjua/

korjuutekniikkaa. Ajoliikenne pellolla suunnitellaan tyhjänä ajot minimoiden. Peltolohkoille tulisi olla riittävästi siltoja, jotta päästeajo voidaan minimoida.

Jankon tiivistymät säilyvät hyvin pitkään ja niitä on vaikea korjata. Sitä vastoin ruokamultakerroksen tiivistymät voidaan korjata muutamassa vuodessa.

PAINEENJAKAUMA TRAKTORIN PYÖRÄN ALLA ERI OLOSUHTEISSA



Söhne 1952, Neuerburg ym. 1992

Tiivistämis- ja lannoituskoee Norjasta (Hansen 1996)

Viljelykierto oli tyypillinen nautakarjatiljan viljelykierto: Viherhuseos – ohra+ns – nurmi1 – nurmi2 – nurmi3

Lannoitustasoja oli 3 kpl; 90, 130, 180 kgN/ha

Lannoitteina oli naudan lietalanta laimennettuna, ilmastettuna ja separoituna sekä kompostina. Lisäksi mukana oli väkilannoitus.

Nurmien sadot eri lannoitustasoilla olivat keskimäärin 6,2, 6,8 ja 7,0 t ka/ha . Lannoituksen lisäys vähensi palkokasvien osuutta sadoissa. Lietelannan ilmastus oli hyödyllisempi tiivistetyillä kuin tiivistämättömillä ruuduilla.

Koealueet tiivistettiin keväisin kerran ja sadonkorjuun jälkeen kahteen kertaan ajaen 3 tonnin traktorilla, jossa oli 32 cm leveät renkaat ja rengaspaine 150 kPa . Lisäksi kummassakin kojäsenessä oli lisäksi normaali muokkausliikenne (kyntö, äestys, kylvä).

Maan tiivistäminen traktorilla laski nurmien satoa keskimäärin 2,4 t ka/ha (9,0 \rightarrow 6,6 t ka/ha) eli 27 %. Märkinä vuonna 1988 sadonalennus oli kuitenkin 34 %. Alhaisimmalla lannoitustasolla sadonalennus oli



keskimääräistä suurempi eli 32 %. Lannoituksen lisäys seuraavalle tasolle lisäsi satoa vain 12 %. Tiivistämisellä oli suurempi vaikutus satoon kuin lannan käsittelymenetelmällä tai lannoitustasolla.

Tiivistäminen vähensi lierojen lukumäärän noin neljäsosaan (800 -> 210 kpl/m²) ja massan kolmasosaan 200 -> 77 g/m². Lietelannan levityksen jälkeen nurmen pinnalla havaittiin kuolleita lieroja lietalannan myrkyllisyyden vuoksi. Erityisesti suurilla lietemäärillä ja tiivistyneillä mailla vaikutus oli hyvin selvä. Lierojen vähennys oli suurin vuonna 1988, jolloin niiden määrä väheni kahdeksasosaan (80 -> 10 g/m²).

Tiivistäminen vähensi ilmahuokosten osuuden 12 prosentista 7 prosenttiin ja lisäsi maan tiheyttä 17 % eli 1,2:sta 1,4:ään kg/dm³.

Tiivistymisvauriot, märkä maa ja runsas määrä helppoliukoista nitraattia aiheuttivat yhdessä suuren typpioksiduulin (N₂O) tuotannon. Yhdistelmä myös vähensi pieneliöstön ilmasta sitoman metaanin määrää.

KASVIPEITTEISYYS – KATE

Maan pinnan suojaaminen kasvustolla tai lisätyllä katteella on maan rakenteen kannalta eduksi, koska se vähentää auringon, sateen ja tuulen kuluttavaa vaikutusta sekä parantaa pieneliöstön ja juurten toimintaedellytyksiä maan pintakerroksissa. Tässä suhteessa monivuotinen nurmi suojaa maata parhaiten. Samasta syystä esim. syysvilja on kevätiljaa parempi vaihtoehto. Näillä kasveilla myös peltoliikenne märällä maalla syksyllä ja keväällä jäävät pois. Viljelykierrossa saisi olla tämän takia kasvukauden ulkopuolella mahdollisimman monta kasvipeitteistä kasvia. Kate voi parantaa myös kasvien fosforin saantia.

MAANPARANNUS

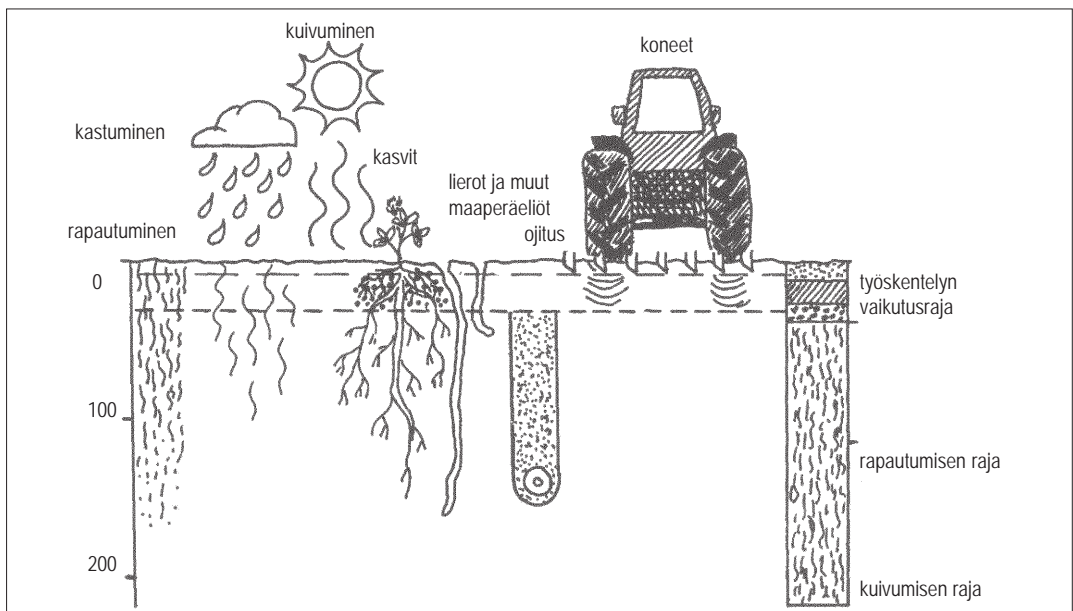
Kalkitus happamilla mailla parantaa erityisesti savimaan rakennetta. Vähämultaamalla kivennäismaalla ruokamultakerroksen rakennetta voidaan nopeasti parantaa lisäämällä maahan eloperäisiä maanparannusaineita, kuten suomutaa tai kuorihumusta. Turvemaiden kivennäismaalisyys (noin 300 m³/ha) parantaa maan lämpimyyttä ja kasvukuntoa pysyvästi.

POHJAMAAN VEDENLÄPÄISEVYYDEN PARANTAMINEN

Pohjamaan vedenläpäisevyyden turvaamiseksi kostealla maalla ajoa vältetään sekä käytetään kohtuullisia akselipainoja. Pohjamaan rakennetta parannetaan luonnollisimmin viljelemällä syväjuurisia kasveja sekä suosimalla lieroja. Tiivistynyt jankko – ”kyntöantura” – on eräissä tapauksissa syytä kuohkeuttaa myös mekaanisesti – jank-

kuroinnilla. Jankkurointi tulee tehdä maan ollessa kuivaa. Paras aika siihen on keskikesällä säilörehun tai heinän korjuun jälkeen, kun kasvusto on kuivattanut maan syväälle. Kaksikerrosaura tai siivetön kyntöaura soveltuvat hyvin kyntöanturan rikkomiseen. Kyntöauraan voidaan liittää erillinen jankkuriterä tai kivisillä mailla joustava kultivaattorin piikki. Mekaanisesti kuohkeutettu maa tulee saada juuriston sitomaksi vielä saman kasvukauden aikana, jotta mekaanisesta pohjamaan kuohkeutuksesta olisi pysyvämpää hyötyä (esim. aikaisin kylvetty ruis, syysrypsi tai hyväkasvuinen kerääjäkasvi).

MAAN RAKENTEeseen VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ



Granstedt ym 1998

2.3.5 MUOKKAUS

Syvä- ja tiheäjuuristoisten kasvien viljelyn ja lierojen maanmuokkaustyön lisäksi peltoviljelyssä tarvitaan mekaanista muokkausta.

MUOKKAUKSEN TAVOITTEET

Maan muokkaus on merkittävä keino säädellä maa-kasvisysteemin toimintaa. Maan muokkauksen tavoitteena on saada aikaan maahan hyvä rakenteinen kylvö- ja kasvuympäristö, joka toimii hyvin sekä fysikaalisesti että biologisesti. Toisin sanoen tavoitteena on saada aikaan biologisesti aktiivinen, elävä maa, jossa juuristo kasvaa tiheäksi

Muokkaus säätelee

- maan rakennetta
- vedenimeytymistä, varastoitumista ja valuntaa salaojiin
- maan kuivumista ja lämpenemistä
- siementen itämis- ja orastumisolosuhteita
- juuriston kasvu- ja toimintaympäristön ominaisuuksia
- pieneliöstön toimintaympäristöä ja toimintaa
- ravinteiden saatavuutta – erityisesti typpitaloutta
- rikkakasvien kasvua
- eräiden kasvitautien esiintymistä
- eräiden tuholaisien runsautta
- ravinteiden hävikkejä ympäristöön ja eroosiota.

Muokkauksen tehtäviä

- luoda hyvä kasvu- ja toimintaympäristö juuristolle ja maan pieneliöstölle
- valmistaa hyvä kylvö- ja orastusympäristö
- mullata viherlannoitus ja komposti sekä kasvijätteet
- helpottaa rikkakasvitilanteen hallintaa
- lämmittää maata (hikevien maiden kevätkyntö tai -syväkuohkeutus)
- estää pellon liiallinen kuivuminen (tasausäestys, riviväljen haraus) ja nopeuttaa sadeveden imeytymistä ja valuntaa
- Maan kuohkeutusta tulisi aina seurata viljelykasvin kylvö

ja toimii hyvin. Tällöin kasvien ravinteiden ja veden saanti on helppoa. Tiheä juuristo juurieritteineen ruokkii myös parhaiten pieneliöstöä, joka toimii aktiivisesti. Täten muokkaukseen tarvitaan ennen kaikkea kuohkeuttamaan niitä tiivistymiä, joita syntyy pellon viljelyssä. Tiivistynyt maa on tarvittaessa kuohkeutettava myös syvältä, jotta saadaan tilaa vedelle ja ilmalle. Näin voidaan luoda mahdollisimman hyvät olosuhteet juurten ja pieneliöiden aktiiviselle toiminnalle.

Muokkauksen muita tehtäviä ovat esimerkiksi lannanmultaus, kompostin ja viherlannoituksen sekä sadonkorjuujätteiden sekoittaminen maahan sopivaan syvyyteen. Muokkaamalla valmistetaan kosteus- ja lämpöolosuhteiltaan sopiva kylvö- ja itämysympäristö siemenille. Muokkaamalla voidaan myös säädellä maan kosteusolosuhteita ohjaamalla esim. veden imeytymistä maahan sekä veden valuntaa maassa. Muokkaus voi myös lämmittää maata (erityisesti kevätkyntö hikevillä hietamailla) sekä estää maan liiallisen kuivumisen (tasausäestys, rivivälihaaraus). Sekä kesto- että kertarikkkakasvien hallinnassa muokkaukset ovat tärkeitä. Hyvän kasvu- ja biologisen toimintaympäristön lisäksi muokkauksessa otetaan huomioon sen vaikutukset ympäristöön. Tavoitteina ovat pie-ni eroosioalttius ja vähäiset ravinteiden hävikit ympäristöön huuhtoutumalla ja haihtumalla.

Muokkauksen tavoitteisiin vaikuttavat ratkaisevasti paikalliset olosuhteet. Maalajin erityispiirteet, maan rakenne ja kosteus muokkausaikaan, viljelykierto, viljelykasvi- ja rikkakasvitilanne lohkolla sekä odotettavissa olevat sääolosuhteet vaikuttavat muokkauksen toteutukseen.

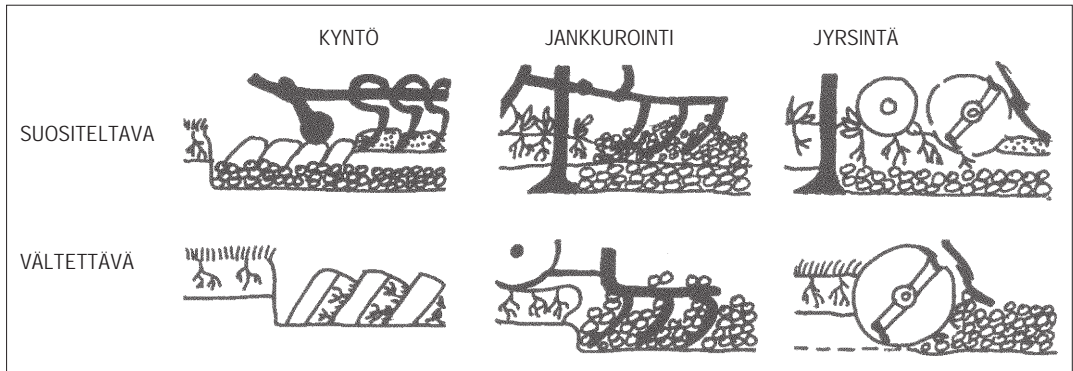
MUOKKAUSTYYPIT

Maata muokkaavat myös routa ja poutakausilla kuivuminen. Savimailla on erityisesti roudan maata murustavaa vaikutusta syytä käyttää hyväksi (syyskyntö). Erityisen tarpeellista tämä on, mikäli maan rakenteessa on puutteita. Hiesumailta syyskynnetty maa lasettii ja tiivistyy kevääseen mennessä. Kevätkyntö on tällöin parempi vaihtoehto.

Muokkauksen riskejä

Maan muokkauksen suurimpia riskejä on kyntötraktorin vakopyörän jankkoa tiivistävä vaikutus. Maalaji ja maan kosteus ovat tässä ratkaisevia. Lisäksi vaikuttaa myös käytetyt akselipainot ja pintapaineet. Maa voidaan myös

MUOKKAUKSEN PERIAATTEITA



Weichel 1984

muokata liian kosteana, jolloin ruokamultakerros tiivistyy ja kuivussa kovettuu. Helposti hajoava eloperäinen aines, esim. viherlannoitus voidaan haudata kyntämällä liian syvälle. Tällöin tiiviillä mailla runsaampien sateiden aikaan maassa voi tulla hapen puute, joka näkyy esim. syysviljan oraan punertumisena ja/tai huonona kasvuna.

PERUSMUOKKAUS

Perusmuokkauksen tehtävänä on kuohkeuttaa tiivistynyttä maata noin 15–30 cm syvyyteen. Perusmuokkaus tehdään yleensä joko kyntäen tai eri tavoin kultivoiden. *Kyntö* on syytä tehdä huolella. Kyntösyvyyttä vaihdellaan viljelykierron eri vaiheissa. Kosteissa oloissa tyydytään matalampaan kyntöön ja kuivissa olosuhteissa maa voidaan kyntää syvemmältä. Sopiva kyntösyvyys 14 tuuman auralla vaihtelee yleensä 17–23 cm välillä. Uusimmilla auralmalleilla voidaan kyntää myös tätä matalampaan. Viulun tulee murtua tasaisesti, sängen peittyä ja kynnöksen tulee olla riittävän tasainen (alle 10 cm korkeuserot). Aura varustetaan kuorimin tai esiauroin. Kynnös voidaan myös tasata heti kynnön yhteydessä viiluntasaimella. Maalajien erityisominaisuudet on tarpeen ottaa huomioon perusmuokkauksessa.

Perusmuokkaus maata kääntämättä

Pieneliötoiminta on vilkkainta ruokamultakerroksen ylimässä noin 10–12 cm:n kerroksessa. Perusmuokkauksessa maa on usein eduksi kuitenkin kuohkeuttaa syvään. Kuohkeutus- ja syvyyttä lisätään vähitellen, mutta maan kääntämisen rajoittaminen vain ylimpään noin 15 cm kerrokseen varmistaa vilkkaimman pieneliötoiminnan sekä run-

Maan muokkauksen ydinkohdat luomuviljelyssä:

1. Muokataan vain maan ollessa riittävän kuivaa tiivistymistä välttämällä.
2. Riittävä multavuuden säilyminen pinta-kerroksessa turvataan. Matala kääntö ja tarvittaessa syvä kuohkeutus tiivistymien kuohkeuttamiseksi.
3. Eloperäisten aineiden syvälle multausta vältetään.
4. Maan liiallista hienontamista varotaan.

MUOKKAUSTYYPIT

1. Biologinen muokkaus
 - juuristo
 - pieneliöstö
2. Perusmuokkaus
 - kyntö
 - muut
3. Täydennysmuokkaus

Kylvömuokkaus

 - tasausäestys tasaa/säästää kosteusoloja
 - hyvä kylvö- ja taimettumisalusta

Lannoitteiden ym. multaus
4. Hoitomuokkaukset
 - haraukset
 - multaukset
5. Kesannointi

saimman ja kestävimmän mururakenteen. Pieneliötoiminnan heikkous syvemmällä näkyy esim. siitä, että maahan kynnetyt oljet, viherlannoitus tai komposti saattaa säilyä jopa useita vuosia lähes muuttumattomina syvempiin kerroksiin kynnetyinä. Tällaiset kerrokset ovat haitallisia maan kasvukunnolle ja juurten toiminnalle. Maalaji ja rakenne vaikuttavat oleellisesti pieneliötoiminnan aktiivisuuteen eri kerroksissa.

Käyttöön onkin leviämässä yhä enemmän perinteistä kyntöä korvaavia perusmuokkausmenetelmiä. Käytettävissä on sekä tavallisilla *hanhenjalkavantailla* (leveys noin 20–30 cm) että erikoisleveillä hanhenjalkavantailla eli *siipivantailla* (leveys jopa noin 40–60 cm) varustettuja muokkausvälineitä raskaiden kivennäismaiden perusmuokkaukseen. Keveillä mailla voidaan käyttää myös kapeateräisiä *kultivaattoreita*. Ilman koneinvestointeja kääntämättä tapahtuvaan pellon peruskuohkeutukseen sopiva muokausväline – viiltoaura – saadaan kyntöaurasta, kun siitä irrotetaan siivet. Vantaat sekä leikkurit jätetään paikoilleen.

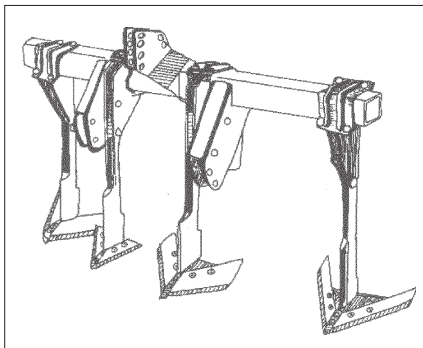
Erityisesti karkeilla kivennäismailla ja eloperäisillä mailla voidaan käyttää perusmuokkaukseen esimerkiksi kultivaattorin joustavaan piikkiin kiinnitettyä minisiipiäuraa. Kääntyvin terin – varustettu ja siten paluuauraa vastaava – sängeltä ajettava muokkari on kotimainen uutuus maan muokkauksessa, jonka työtapaa vastaa lähinnä minisiipiäuraa. Nämä sopivat parhaiten helposti muokkautuville mailla.

Kevennetty muokkaus ja suorakylvö luomussa

Muokkauksella on monia keskeisiä tehtäviä, joita on vaikea korvata luomuviljelyssä muilla menetelmillä. Muokata maasta esimerkiksi vapautuu enemmän ravinteita kasvien käyttöön. Mikäli muokkauksesta luovutaan, on typpilannoitusta yleensä tarpeen lisätä noin 20–50 kilolla hehtaaria kohti. Perusmuokattu (kynnetty) maa myös lämpenee keväällä nopeammin. Mekaaninen muokkaus on myös keskeinen menetelmä rikkakasvien – varsinkin kestoriikkakasvien hallinnassa. Mikäli muokkausta kevennetään, niin on suunniteltava, miten lisääntyvä työntarve tyydytetään sekä rikkakasvit hallitaan.

Viljelykierron aikana muokkausta voidaan vähentää käyttämällä monivuotisia kasveja (nurmia), joita ei muokata sekä syyskylvöisiä kasveja, jolloin maa on paljaana mahdollisimman lyhyen aikaa.

JÄREÄ HANHENJALKAKULTIVAATTORI



KYNNÖN ETUJA JA HAITTOJA**ETUJA**

- parempi kuohkeutus vilkastuttaa pieneliötoimintaa
- tehokas rikkakasvien, varsinkin juuririkkakasvien torjunta
- parempi sadonkorjuutähteiden multaus
- maa kuivuu ja lämpenee aikaisemmin keväällä kylvökuntoon
- enemmän tilaa juurille ja vedelle
- tasaisempi ruokamultakerros (multavuus, ravinteet, kalkki)
- ravinteiden parempi saatavuus maasta
- eräiden kasvitautien ja tuholaisten torjuntavaikutusta

HAITTOJA

- kyntöanturan muodostumista
- suurempi liettymis- ja kuoretumisvaara
- suurempi eloperäisen aineen hajoaminen
- eloperäisten aineiden hautaaminen syvälle (olkikerros)
- maaperäeläinten häirintä (lierot, hyppyhäntäiset, sienijuuret ym.)
- rikkakasvien siementen sekoitus koko ruokamultakerrokseen.

AURATTOMAN VILJELYN (KULTIVOINNIN) ETUJA JA HAITTOJA**ETUJA**

- pintakerroksen multavuus ja rakenne paranee
- eroosioalttius vähenee
- ei kyntöanturaa; pohjamaan vedenläpäisevyys parempi
- parempi pieneliötoiminnalle, parempi lieroille ei kyntöanturaa
- veden kapillaarinen nousu jatkuu parempi poudankestävyys

HAITTOJA

- maa lämpenee ja kuivuu hitaammin kylvökuntoon (keväällä)
- hitaampi typen vapautuminen lannoitustarve kasvaa; riippuu muokkausasteesta
- enemmän juuririkkakasveja, jollei tehokasta muokkausta
- vaikeuksia märkinä vuosina muokkauksessa ja kylvössä
- pienemmät sadot heikompi taloudellinen tulos
- epätasainen kylvöalusta -> erilainen kylvökalusto tarpeen
- tautiriski kasvaa.

Kerta-ajolla maa voidaan muokata ja kylvää luomussa esim. seuraavilla tavoilla. Syvä kuohkeutus tehdään hantajalkateräisellä kultivaattorilla (kerroskuohkeuttimella, siivettömällä kyntöauralla), kylvömuokkaus tehdään kevytjyrsimellä. Kun koneyhdistelmään lisäksi liitetään kylvökone, niin kerta-ajo riittää.

Tanskassa on kokeilussa valkoapilapitoisen nurmen muokkausta 20 cm:n levyisiltä kaistoilta jyrsimellä. Väliin jätetään 5 cm:n kaistat muokkaamatta. Muokattuihin kaistoihin kylvetään samanaikaisesti vilja. Valkoapila leviää muokkaamattomista kaistoista nopeasti viljan aluskasviksi ja suojaa maan pinnan.

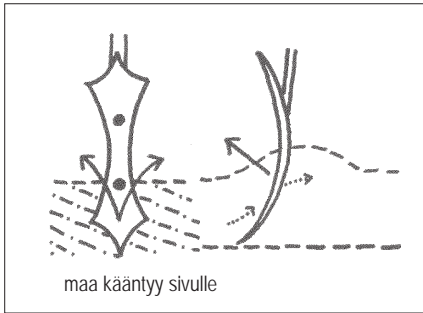
PERUSMUOKKAUSAIKA

Maan kosteuden tulee olla muokatessa sellainen, että maa muokkautuu hyvin eli murustuu. Maan muokkautuvuutta voidaan arvioida ennen muokkaustöihin ryhtymistä lapi-
on ja sormikokeen avulla. Maan tulee murentua sormien välissä muokattavaan syvyyteen. Savimailla maa on liian märkää muokkaussyvytydessä, jos siitä saa sormin pyörittämällä 3 mm paksuisen nauhan. Optimikosteus maan muokkaamiselle on kuitenkin selvästi tätä kuivempi. Maan

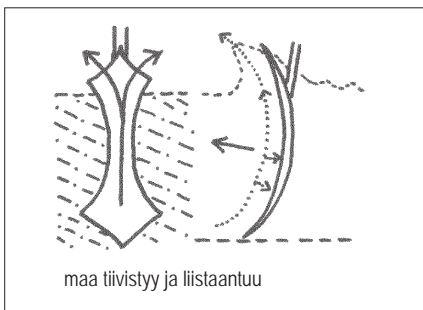
KYNTÖMUOKKARI

Valokuva: A-Faber

MATALA MUOKKAUS



SYVÄ MUOKKAUS



tulee olla myös syvemmältä niin kuivaa, ettei se tiivisty liiaksi traktorin ja koneiden pyörien alla. Sopiva muokkusaika on riippuvainen mm. maalajista ja multavuudesta sekä koneiden maata tiivistävästä vaikutuksesta.

Muokkauksen jälkeen muokattu maa saisi kuivua ennen sateita, jotta mururakenne lujittuisi kestävämpään paremmin sateiden liettävää vaikutusta. Lisäksi olisi eduksi, mikäli uuden kasvuston juuristo ehtisi sitoa muokkaamalla kuohkeutetun maan muruiseksi ennen kasvukauden päättymistä.

Perusmuokkaus tehdään syvältä vain silloin, kun maa on siihen riittävän kuivaa (muokkautuvaa) eikä tiivisty. Syksyllä maa on usein sopivan kuivaa perusmuokattavaksi heti sadonkorjuun jälkeen, mutta voi vettyä syksyn runsaissa sateissa muokkaukseen sopimattomaksi. Tällöin roudan päältä tapahtuva kyntö onkin hyvä vaihtoehto, koska routa kuivattaa maan nopeasti. Hiesu- ja hietamailla sekä eloperäisillä mailla perusmuokkaus voidaan jättää myös kevääksi.

Syysmuokattu maa ilman kasvustoa tiivistyy usein syksyn, talven ja kevään aikana lähes yhtä tiiviiksi kuin se oli ennen muokkausta. Arimpia ovat hiesu- ja runsaasti hiesua sisältävät maat. Syvempää muokkausta tulisikin aina seurata välittömästi kylvö, jotta kasvien juuristo sitoisi muokkauksella kuohkeutetun maan pysyvästi kuohkeaksi.

Perusmuokkaus kesällä

Perusmuokkaus palvelee parhaiten maan murustumista, kun se tehdään keskellä kasvukautta, esim. nurmisadon korjuun jälkeen, jolloin maa on kuivunut syvälle ja on lämmintä. Tällöin myös uuden, kylvettävän kasvuston juuristo ehtii sitoa muokkauksella kuohkeutetun maan pysyvämmiin muruiseksi. Suomen oloissa kesämuokkauksella voidaan käyttää lähinnä vain nurmen rikkomisen yhteydessä. Heti heinänteon tai säilörehun korjuun jälkeen maa kuohkeutetaan esim. siivettömällä viiltoauralla 20–30 cm syvyyteen ja tämän jälkeen pinta muokataan hienoksi pyöriväteräisillä välineillä (lautasäes, jyrsin, lapiorullaäes). Muokkauksia voidaan jatkaa kultivaattorilla. Karkeilla mailla voidaan käyttää pelkästään kultivaattoria. Parin viikon kuluttua suoritetaan varsinainen kylvömuokkaus sekä kylvetään aikainen ruis, syysrypsi, viherrannoituskasvusto/kerääjäkasvi tai uusi nurmi. Kesantolohkolla voidaan alkukesä käyttää muokkauksiin ja perus-

kuohkeutukseen. Tällöin viherlannoituskasvusto kylvetään vasta myöhemmin, esimerkiksi kesäkuun loppupuolella. Koska avokesanto kuivuu hitaasti, kosteana kesänä (savimaiden) pohjamaa on märkää ja se tiivistyy helposti muokatessa.

Kesällä syvästä perusmuokatun ja viherlannoitukselle/vihantarehulle kylvetyn maan syysmuokkaus voidaan jättää viherlannoituksen jälkeen kokonaan tekemättä. Kevällä suoritetaan vain kylvömuokkaus ja kylvö.

Viljelykierrossa tulisi muokkauksen kannalta olla erilaisia vaiheita; muokkaamattomia vuosia, normaalisti muokattuja vuosia sekä tarvittaessa myös voimakkaan muokkauksen vaiheita. Nurmivuodet tarjoavat tarpeellista lepoa maalle ja vastapainoa (voimakkaasti) muokattaville kasveille. Syysviljalle muokkaus aika ajoittuu puolestaan kesään/loppukesään.

Rikkakasvien hallinnan kannalta kierrossa tulisi olla vähintään yksi vaihe, jossa voidaan suorittaa perusteellisia muokkauksia. Lisäksi kierrossa tulisi olla 1–2 vaihetta, jossa muokkaus on normaali. Muokkauksen ajoittamiselle ja voimakkuudelle tulisi löytää eri tekijöiden suhteen sopiva tasapaino.

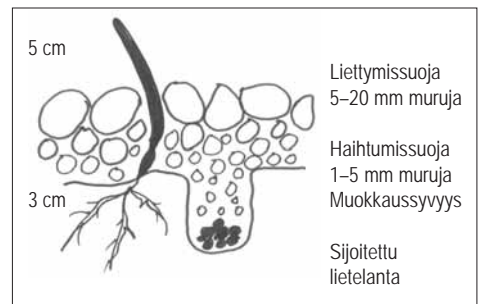
TÄYDENNYSMUOKKAUS

Syvää perusmuokkausta täydennetään matalahkolla täydennysmuokkauksella. Tärkein täydennysmuokkauksen muoto on *kylvömuokkaus*, jonka tehtävänä on hyvän kylvö- ja itämisympäristön valmistaminen. Itääkseen siemen tarvitsee sopivat kosteus-, ilmavuus- ja lämpöolot. Kylvömuokkaus tehdään yleisimmin joustopiikkiäkeellä. Ajokertoja ja traktorin pyöristä maahan kohdistuvaa rasiutusta pienentää, mikäli käytetään voimanulosottoakselista käyttövoiman saavia muokkausvälineitä esimerkiksi vaakatasojyrsintä. Sopiva orastumisympäristö turvaa siementen kosteuden saannin ja ehkäisee maan liettymistä.

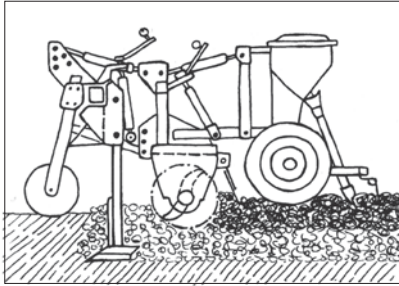
Lannoitteiden multaus

Täydennysmuokkaus voidaan tehdä myös kylvömuokkausta syvempään muokaten. Tällöin maahan voidaan mullata eloperäistä ainetta (esim. lanta, komposti, viherlannoituskasvusto, olki tai muut sadonkorjuutähteet). Kääntävään ja/tai sekoittavaan täydennysmuokkaukseen käytetään esim. matalaa kyntöä, (sänki-)kultivaattoria, lautasäestä, jyrsintä tai minisiipiäuraa.

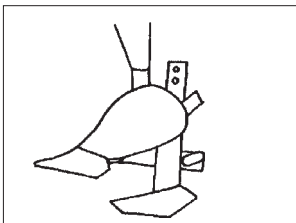
HYVÄ KYLVÖMUOKKAUS SAVIMAALLA



KULTIVAATTORIN, JYRSIMEN JA KYLVÖKONEEN YHDISTELMÄ



KAKSIKERROSKYNTÖAURA



Yhdistelmämuokkaus

- lautasäes-kultivaattori-lapiorullaäes-yhdistelmällä maan muokkaus kerta-ajolla kylvökuntoon
- kerroskuohkeutin- kevytjyrsin- kylvö – kerta-ajolla
- kylvörievien jyrsintä (tarvittaessa myös syvä kuohkeutus) ja kylvö kerta-ajolla – valkoapilan annetaan levitä muokkamattomista kaistoista aluskasviksi viljelykasvin alle

HOITOMUOKKAUS

Täydentävä muokkaus voi olla myös erilaisia *hoitomuokkauksia*, kuten riviviljelykasvien rivivälien harausta ja multausta, viljojen rikkakasviäestystä tai harausta, sadonkorjuutähteiden lahottamisen nopeuttamista ja rikkakasvien kasvun estämistä (esim. sänkimuokkaus) jne. Rivivälit voidaan harauksen yhteydessä kuohkeuttaa myös huomattavan syvältä, jopa 40 cm syvyyteen asti. Rikkakasvien säätelyn lisäksi tällaiset hoitomuokkaukset kiihdyttävät maan pieneliötoimintaa ja edelleen hajotustoimintaa lisäämällä maan ilmavuutta. Tällöin ravinteiden vapautuminen voi lisääntyä ja saadaan aikaan lannoitusvaikutus.

Yhdistelmämuokkaus

Syvä perusmuokkaus ja matala täydennysmuokkaus voidaan tehdä samalla ajokerralla. Tarkoitukseen sopivia koneyhdistelmiä on olemassa. Näiden yhdistelmäkonien etuina on, että maa saadaan kuohkeutettua syvältä vähin ajokerroin hautaamatta elävintä pintakerrosta syvälle maahan. Kyntöanturaa ei myöskään muodostu. Yhdistelmämuokkaukseen käytetään esim. kaksikerrosauran tai hanhenjalkakultivaattorin ja kevyen jyrsimen yhdistelmiä. Eri maalajeille ja erilaisiin olosuhteisiin valitaan sopivimmat yhdistelmät.

Kaksikerroskyntöaura kääntää maan vantaalla irti leikatun ja siivellä viulun kääntäen melko matalaan (noin 15 cm). Lisäksi pohjamaa kuohkeutetaan toisella vantaalla, joka kulkee 10–15 cm syvemmällä kuin ylempi vannas. Alempaa viilua ei käännetä. Näin saavutetaan syväkynnön ja matalan kynnön edut ilman syväkynnön haittoja.

Kun hanhenjalkakultivaattorin perään kytketään kevyt jyrsin, pohjamaa saadaan kuohkeutettua syvältä ja pintakerros muokattua kylvökuntoon kerta-ajolla.

Kesannon hoitoa ja muuta rikkakasvien hallintaa muokkaamalla tarkastellaan lähemmin kasvinsuojelun yhteydessä luvussa 5.2.

MUOKKAUKSEN PERUSPERIAATE

Peruseriaate kaikissa muokkaustöissä on muokkauskoneen maata murustavien voimien kohdistuminen maahan siten, että maa murtuu luontaisia murenemislinjoja noudattaen. Siksi maan tulee olla riittävän kuivaa (= muokkautuvaa, murenevaa) ja muokkausvälineen tulee toimia niin, että maassa ei synny tahtaantumis- eikä leikkauspinn-

toja. Kokkareita ja paakkuja ei rikota keinotekoisesti väkisin koneilla, vaan muokkaamalla autetaan maan murenemistä paakkujen ja kokkareiden luontaisia murenemislinoja myöten.

Onnistuminen muokkauksissa on luomuviljelyssä tavanomaista tärkeämpää, koska puutteita ja virheitä ei voida paikata myöhemmin väkilannoittein eikä kemiallisin torjunta-ainein. Tässä on useinkin oikea ajoitus tärkeämpi kuin sopivimman koneen valinta. Luonnonmukaisesti viljelevän viljelijän tulee oppia tunnistamaan oikeat ajankohdat, jotta hän voi hyödyntää hoitamansa ekosysteemin tuotantomahdollisuuksia optimaalisesti ja kestävästi.

Muokkaus viljelykierrossa - rakenteen hoidon näkökulma

1. Suositetaan runsasjuuristoisia kasveja maamuokkaajina
2. Muokataan harvoin – suositetaan monivuotisia kasveja
3. Perusmuokataan kesällä ja alkusyksyllä
4. Kuohkeutetaan tiivistyneet maat
5. Juuriston tulisi sitoa ja kasvuston suojata maata mahdollisimman nopeasti muokkauksen jälkeen ja kasvupelteisyyden tulisi viljelykierron aikana olla suuri.

Viljavuuden hoito ekosysteemin toimintatapojen pohjalta

- veden virtauksen ohjaaminen
- aurinkoenergian virtauksen ohjaaminen koko systeemin eri osapuolten käyttöön – hajottajille runsaasti eloperäistä ainetta
- ravinteiden kierrätyksen ohjaaminen
- monivuotoisuuden ylläpito/hoitaminen
- systeemin vakauden/itsesäätelyn tukeminen

KIRJALLISUUTTA

- Alakukku, L. 1995. Syväjuuriset kasvit osa maan hoitoa. *Koetoiminta ja käytäntö* 52, 23.5.1995: 21.
- Alakukku, L. 1995. Oikea rengasvalinta lisää vetovoimaa ja lieventää maan tiivistymistä. *Teho* 5: 14-16, 35.
- Alakukku, L. 1999. Pohjamaan tiivistyminen pienentää kevätiljan typpisatoa pitkään. *K&K* 56, 17.8.1999: 2.
- Alakukku, L. 1999. Subsoil compaction due to wheel traffic. *Agricultural and food science in Finland* 8, 4-5: 333-351.
- Alakukku, L. 2000. Erityyppisten makrohuokosten synty ja merkitys peltoviljelyssä. In: Riitta Salo (toim.). *Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät: 20-vuotisjuhlaseminaari*. Jokioinen 26.-27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79: p. 20-30.
- Alakukku, L. 2000. Kasvi muokkaa maan rakennetta. *Koetoiminta ja käytäntö* 57, 7:p. 4.
- Alakukku, L. 2000. Pohjamaan tiivistymisen pitkäaikaisvaikutus maahan ja viljojen satoon. In: Riitta Salo, Markku Yli-Halla (toim.). *Maataloustieteen päivät 2000. Kasvintuotanto ja maaperä, Puutarhatuotanto*. Helsinki, 10.- 11.1.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 67: p. 235.
- Alakukku, L. 2001. Viherkesantojen ja aluskasvien vaikutukset maan rakenteeseen. In: Hannu Känkänen (toim.). *Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä: Viljelyjärjestelmä-tutkimuksen loppuseminaari*, Jokioinen, 7.3.2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25: p. 27-30.
- Alakukku, L., Aura, E., Pöyhönen, A., Sampo, M. 1999. Miehitämättömän traktorin käytön lyhytaikaiset vaikutukset savimaan rakenteeseen. *Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja*. Sarja A 62: 44 p + 9 app.
- Alakukku, L. 2001. Kevätyöt märissä oloissa huonontavat rakennetta. *Teho* 2: 22-23.
- Alakukku, L., Heinonen, M., Aura, E., Esala, M., Nuutinen, V., Salo, T. 2001. Maan tiivistymisen ehkäisy kyntämättä viljelyssä kevyttä, miehitämätöntä traktoria käyttäen: Loppuraportti tutkimuksesta "Pohjamaan tiivistymisen ehkäisy ja maatalouden ympäristöhaittojen vähentäminen kevyttä Modulaire-tekniikkaa käytettäessä". 42 p + liitteet 7 p.
- Alakukku, L., Aura, E., Pöyhönen, A., Sampo, M. 1998. Kevyt miehitämätön traktori kenttäkokeissa. *Koetoiminta ja käytäntö* 55, 3: p. 3.
- Arvidsson, J. 1999. Att undvika alvpacking – förfinade riktlinjer på väg. *Fakta Jordbruk* 8/1999. SLU. 4 s.
- Aura, E. 1991. Lierot savi- ja hiesumaiden syväkuohkeuttajina. *Koetoiminta ja käytäntö* 12.3.1991.
- Austrheim, L.N. 2002. Skånsom grashosting. *Ökologisk Landbruk* 1/2002. Ss. 5-13.
- Bakonyi, G., Posta, K., Kiss, I., Fábíán, M. Nagy, P. & Nosek, J. N. 2002. Density-dependent regulation of arbuscular mycorrhiza by collembola. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 661-664.
- Balfour, E. 1949. *Levande jord*. Stockholm. 276 s.
- Beste, A. 2001. Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefuegeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden. Institut fuer Pflanzenbau und Pflanzenzuechtung. Organischer Landbau. Justus-Liebig-Universität Giessen. Diss. 134 s.
- Beste, A., Hampl, U. und Kustel, N. 2001. Bodenschutz in der Landwirtschaft. Einfache Bodenbeurteilung fuer Praxis, Beratung und Forschung. *Ökologische Konzepte* 101. SÖL. Bad Duerkheim. 111 s.
- Brauns, A. 1968. *Praktische Bodenbiologie*. Stuttgart. 470 s.
- Buch, W. 1986. *Der Regenwurm im Garten*. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 125 s.
- Domanski, G., Kuzyakov, Y., Siniakina, S. & Stahr, K. 2001. Carbon flows in the rhizosphere of ryegrass. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 164, 4. Pp. 381-387.
- Drinkwater, L.E., Janke, R.R. & Rossoni-Longnecker, L. 2000. Effects of tillage intensity on nitrogen dynamics and productivity in legume-based grain systems. *Plant and Soil* 227: 99-113.
- Elmholt, S. 1996. Microbial activity, fungal abundance, and distribution of *Penicillium* and *Fusarium* as bioindicators of a temporal development of organically cultivated soils. *Biological Agriculture & Horticulture*, 13(2), 123-140.
- Elonen, E., Alakukku, L., Koskinen, P. 1995. Renkaiden vaikutus traktorin vetokykyyn ja maan tiivistymiseen. *VAKOLAn tiedote* 69: 28 p.
- Elonen, P. 1974. Paripyörillä parempiin satoihin. *Käytännön Maamies* 4.
- Emgardsson, P. 2002. Plöjning på land bättre än band. *Lantmannen* 3/2002. Pp. 49-50.
- Erviö, R. ja Talvitie, H. 1995. Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen. *Maatalouden tutkimuskeskus*. Tiedote 11/95. Jokioinen. 18 s + liitteitä 7 s.
- Flaig, W. 1973. Wirkung organischer Bodensubstanzen und Ertragssicherung. *Landbauf. Völknerode* 1:19-28.
- Friedel, J.K. 2000. The effect of farming system on labile fractions of organic matter in Calcari-Epileptic Regosols. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Vol. 163, 1. Pp. 41-45.
- Fu, S. & Cheng, W. 2002. Rhizosphere priming effects on the decomposition of soil organic matter in C4 and C3 grassland soils. *Plant and Soil* 238: 289-294.
- Gahoonia, T.S., Nielsen, N.E. & Lyshede, O.B. 1999. Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization. *Plant and Soil* 211 (2): 269-281.
- Granstedt, A., Bovin, H., Brorsson, K.-Å. & Rölin, Å. 1998. *Ekologiskt lantbruk*. Natur och Kultur/LTs förlag. Falköping. 351 s.
- Fu, S. & Cheng, W. 2002. Rhizosphere priming effects on the decomposition of soil organic matter in C4 and C3 grassland soils. *Plant and Soil* 238: 289-294.
- Gahoonia, T.S., Nielsen, N.E. & Lyshede, O.B. 1999. Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization. *Plant and Soil* 211 (2): 269-281.

- Granstedt, A., Bovin, H., Brorsson, K.-Å. & Rölin, Å. 1998. *Ekologiskt lantbruk*. Natur och Kultur/LTs förlag, Falköping. 351 s.
- Hampel, U. 2000. Halbzeitergebnisse im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. *Ökologie & Landbau*. 3/2000.
- Hansen, S. 1996. Effects of manure treatment and soil compaction on plant production of a dairy farm system converting to organic farming practice. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 56: 173-186.
- Heinonen, R. 1999. Sopivan kylvöalustan varmistaminen. In: *Laatuviljan tuotanto*. Tieto Tuottamaan nro 80. S. 27.
- Heinonen, R., Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. Ja Kempainen, E. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. WSOY. Porvoo. 334 s.
- Huhta, V., Sundmann, U., Ikonen, E., Sivelä, S., Wartiovaara, T. ja Vilkkamaa, P. 1978. Jäteliete-kuorirouheseosten maatumisen biologia. Jyväskylän Yliopiston biologian laitoksen tiedonantoja 11. 124 s.
- Häkansson, I. 2000. Packning av åkermark vid maskindrift. SLU. Institutionen för markvetenskap. Rapp. av jordbearbetn. Nr 99. 123 s.
- Kahiluoto, H. 2000. A systems approach to the management of arbuscular mycorrhiza - Bioassay and study of the impact of phosphorus supply. University of Helsinki. Department of Applied Biology. Publications 1: 87 p. + [91 p.]. University of Helsinki, 2000. (väitöskirja).
- Kahiluoto, H. 2001. "A systems approach to the management of arbuscular mycorrhiza". *Forskningsnytt om økologisk landbruk i Norden* 2, s. 9.
- Kahiluoto, H. & Vestberg, M. 1998. The Effect of Arbuscular Mycorrhiza on Biomassa Production and Phosphorus Uptake from Sparingly Soluble Sources By Leek (*Allium porrum* L.) in Finnish Field Soils. *Biol Agric & Hortic* 1. ss. 65-85.
- Kahiluoto, H. & Vestberg, M. 2000. Utilization of arbuscular mycorrhiza by system management. In: eds. Thomas Alföldi, William Lockeretz, Urs Niggli. IFOAM 2000 - The world grows organic: Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference. p. 12.
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M., Saarela, I. 2001. Promotion of AM utilization through reduced P fertilization : 2. Field studies. *Plant and soil* 231: 65-79.
- Kahiluoto, H., Ketoja, E., Vestberg, M. 2000. Promotion of utilization of arbuscular mycorrhiza through reduced P fertilization 1. Bioassays in a growth chamber. *Plant and soil* 227: 191-206.
- Knudsen, I.M.B., Elmholt, S., Hockenhull, J., Jensen, DF. 1995. Distribution of saprophytic fungi antagonistic to *Fusarium-culmorum* in 2 differently cultivated field soils, with special emphasis on the genus *Fusarium*. *Biol. Agric & Hortic.*, 12(1), 61-79.
- Kukkonen, S. ja Vestberg, M. 2002. Miten lierot liittyvät kasvukuntoon? *Puutarha ja Kauppa* 19/2002, ss. 8-9.
- Kukkonen, S. ja Vestberg, M. 2002. Miten juurilaho liittyy kasvukuntoon? *Puutarha ja Kauppa* 19/2002, s. 10.
- Kuzyakov, Y. & Friedel, J. K. & Stahr, K. 2001. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *S B & B* 32: 1485-1498.
- Kuzyakov, Y. & Cheng, W. 2001. Photosynthesis controls of rhizosphere respiration and organic matter decomposition. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 1915-1925.
- Kuzyakov, Y. & Siniakina, S. V. 2001. A novel method for separating root-derived organic compounds from root respiration in non-sterilized soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 164, 5. Pp. 511-517.
- Kähäri, J., Mäntylähti, V. ja Rannikko, M. 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981-85. *Viljavuuspalvelu*. Helsinki. 105 s.
- Källander, I. 1993. *Luonnonmukainen maanviljely*. Kirjayhtymä. Jyväskylä. 536 s.
- Løes, A-K. 2002. Root hairs – an important part of the rhizosphere. *IFOAM. Ecology and Farming*. 29. January-April. p. 15.
- Maaranen, A. 1999. Vanhakartanon tiivistyneet pelot kunnostetaan uudella ojitusmenetelmällä. *Käytännön Maamies* 12. Ss. 5-6.
- Maaranen, A. 2001. Tiivistynyt pelto ei ole menetetty pelto. *Käytännön Maamies* 6.
- Mäder, P. 1999. Mykorrhizen fördern die Stickstoffaufnahme der Pflanzen. *Ökologie & Landbau*. 3/1999.
- Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. and Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 2002 May 31; 296: 1694-1697.
- Nicolson. 1967. In: Steffan, H. 1985. Entwicklung der Mycorrhiza in Kulturpflanzen bei Einfluß unterschiedlicher Wirtschaftsweisen. *IFOAM-Bulletin* Nr. 53. Stiftung Ökologie und Landbau (SÖL). ss.6-8.
- Nuutinen, V. 1990. Lierot peltoviljelyssä. *Koetoiminta ja käytäntö* 47, 3.7.1990: p. 44.
- Nuutinen, V. 2000. Läpi harmaan saven - pellon pienet kovakasvat maan rakennetta hoitamassa. In: Riitta Salo (toim.). *Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät: 20-vuotisjuhlaseminaari* Jokioinen 26.-27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79: Pp. 39-46.
- Olsen, O.B. 1963. *Multa elää*. Karisto. Hämeenlinna. 145 s.
- Palojärvi, A., Alakukku, L., Martikainen, E., Niemi, M., Vanhala, P., Jørgensen, K., Esala, M. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. *MTT. Maa- ja elintarviketalous* 2: 88 s + 2 liitettä. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met2.pdf>
- Pessi, Y. 1966. *Suon viljely*. Porvoo. 138 s.
- Pietola, L. 1987. Maan mekaaninen vastus kasvutekijänä. *Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote* 24/87. Jokioinen. 97 s.
- Pietola, L. 1997. Maa vaatii kasvaakseen toimivan huokoston. *Puutarha ja Kauppa* 1, 43B, Ss. 4-5.
- Pietola, L. 2000. Syysmuokkaus vaikuttaa satoon ja maan typpitalouteen. *Koetoiminta ja Käytäntö* nro 5. 15.8.2000.
- Pietola, L. 2001. Juuristo ja pieneliöt ovat maan rakenteen hoitajia. *Käytännön Maamies* 50, 12, Ss. 46-48.
- Preuschen, G. 1987. Die Kontrolle der Bodenfruchtbarkeit. Eine Anleitung zur Spatendiagnose. *IFOAM-Sonderausgabe* Nr. 2. IFOAM-julkaisusarja No 2. 36 p.
- Preuschen, G. 1991. Ackerbaulehre nach ökologischen Gesetzen. *Alternative Konzepte* 75. SÖL. Bad Duerkheim.
- Rajala, J. 1991. Lapiodiagnoosi – maan viljavuuden kotovarainen pikahavainnointimenetelmä. *Käyt. Maamies*. 5. Ss. 5-9.
- Rajala, J. 1998. Kokemuksia maan muokkauksen ajoituksesta: Hätäily voi viedä sadon: *Luomulehti* 17 nro 5, Ss. 9-12.

- Rajala, J. 1999. Luomutilojen traktorit laihdutuskuurille! Luomulehti 18 nro 4, Ss. 10-11.
- Rajala, J. 1999. Traktorin valinta vaikuttaa maan rakenteeseen: Luomulehti 18 nro 5, Ss. 27-29.
- Rajala, J. 1999. Luomuviljelyn työtekniikka maata hoitavaksi: Luomulehti 18 nro 5, Ss. 30-31.
- Rajala, J. 2000. Lapiodiagnoosi. Luonnonmukaisen marjanviljelyn tietokortit. Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli. 7 s.
- Rillig, M.C. ym. 2002. The role arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant and Soil* 238: 325-333.
- Rinne, S-L., Sippola, J. & Simojoki, P. 1993. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. MTT:n Tiedote 4/1993. 26 s + liitteet.
- Rusch, H.P. 1968. Bodenfruchtbarkeit. Karl Haug Verlag, Heidelberg. 243 p.
- Sauerlandt, W. & Tietjen, C. 1970. Humuswirtschaft des Ackerbaues. DLG Verlag, Frankfurt. 239 p.
- Simojoki, A. 2001. Morphological responses of barley roots to soil compaction and modified supply of oxygen. *Agricultural and Food Science in Finland*. 10. Ss. 45-52.
- Salo, T., Raiskio, S., Aaltonen, M. 1998. Kaalipellon syysmuokkaus ja kerääjäkasvit. In: Terhi Suojala ja Raili Pessala (toim.). Laatuviannesten hyvät viljelymenetelmät: tutkimusohjelman loppuraportti. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 43: Ss. 18-24.
- Scheller, E. 2000. Importance of protein and amino metabolism in soil for plant nutrition and soil fertility. Proceedings 13 th IFOAM Scientific Conference. Basel. P. 17.
- Scheller, E. & Friedel, J. 2000. Amino acids in soils, humic substances and soil microbial biomass. Proceedings 13 th IFOAM Scientific Conference. Basel. Pp. 6-9.
- Schepel, I. 2000. Luomun koneet ja laitteet. Helsingin yliopisto. Helsingin yliopisto. Maaseudun tutkimus- ja koulutuskeskus Mikkeli. Julkaisuja 67. 252 s.
- Schepel, I. 2000. Pintapaine pienemmäksi puuteloilla. Luomulehti 8/2000.
- Stoppler, H., Kolsch, E. & Vogtmann, H. 1990. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in varieties of winter-wheat in a low external input system. *Biological Agriculture & Horticulture*, 7(2), 191-199.
- Syltje, P.W. 1985. Effects of very small amounts of highly active biological substances on plant growth. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2(3), 245-270.
- Söhne. 1952. In: Neuerburg, W ja Padel, S. 1992. Organisch-biologischer Landbau in der Praxis. Verlagsunion Agrar. München.
- Tiiri, J. 1991. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 11/91. Jokioinen. 82 s.
- Weichel, E. 1984. Warum muss der Umbruch in der Bodenbearbeitung kommen? Moniste ja kone-esitteitä.
- Vestberg, M. 2000. Korkea fosforilannoitus heikentää sienijuuren toimintaedellytyksiä. Vuosikirja - Maatalouden tutkimuskeskus (MTT). Puutarhatuotanto 1997-1999, ss. 18-19.
- Vestberg, M., Kukkonen, S. ja Palojärvi, A. 2002. Maan kasvukuntoa on vaikea mitata. Puutarha ja Kauppa 19/2002, Ss. 6-7.
- Watson, C. 2002. Soil fertility management in temperate organic farming systems. IFOAM. Ecology and Farming. No 29. January-April. Pp. 7-9.