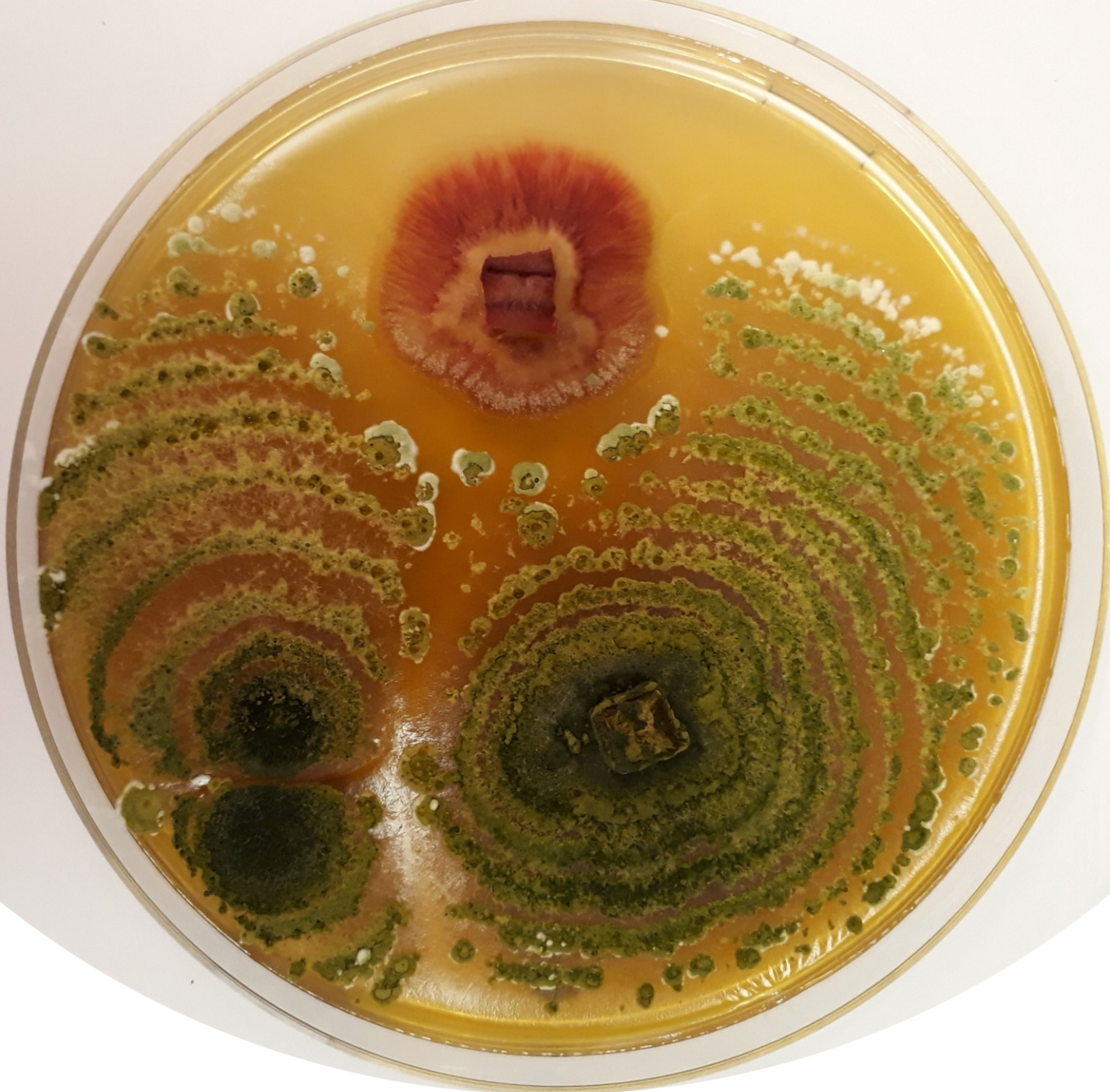




Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2026

Synteesiraportti: Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan pohjoisissa olosuhteissa

Elina Sohlberg, Tuija Sarlin, Satu Latvala, Kalle Ohralahti, Marika Rastas
ja Ansa Palojärvi

Synteesiraportti: Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan pohjoisissa olosuhteissa

**Elina Sohlberg, Tuija Sarlin, Satu Latvala, Kalle Ohralahti, Marika Rastas
ja Ansa Palojärvi**



Viittausohje:

Sohlberg, E., Sarlin, T., Latvala, S., Ohralahti, K., Rastas, M. & Palojärvi, A. 2026. Synteesiraportti: Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan pohjoisissa olosuhteissa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 76 s.

Elina Sohlberg ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0003-3351-8423>



ISBN 978-952-419-194-4 (Verkkojulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-194-4>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Elina Sohlberg, Tuija Sarlin, Satu Latvala, Kalle Ohralahti, Marika Rastas ja Ansa Palojärvi

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2026

Julkaisuvuosi: 2026

Kannen kuva: Jenni Limnell

Synteesiraportti: Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan pohjoisissa olosuhteissa
Elina Sohlberg, Tuija Sarlin, Satu Latvala, Kalle Ohralahti, Marika Rastas ja Ansa Palojarvi

Tämän synteesiraportin ydinviestit:

1. **Luontopohjaisilla ratkaisuilla tarkoitetaan luonnon inspiroimia ja tukemia ratkaisuja.** Ne ovat kustannustehokkaita, tarjoavat samanaikaisesti ympäristöllisiä, yhteiskunnallisia ja taloudellisia hyötyjä sekä vahvistavat muutoskestävyyttä. Luontopohjaiset ratkaisut ovat tärkeä osa kotimaisen ruoantuotannon kestävyyttä ja huoltovarmuutta.
2. **Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan soveltuvat niin tavanomaisen IPM- kuin luomuviljelyn käyttöön** kattaen viljelytekniset toimet, biostimulantit, biologiset kasvinsuojeluaineet ja kasvin oman puolustusjärjestelmän herätteet.
3. **Ne tarjoavat keinoja vähentää kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja tukevat EU:n tavoitteita kestävästä maatalouden edistämiseksi.** EU:n Pelloilta pöytään -strategian tavoitteena on vähentää kasvintuotannossa käytettävien kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja niiden aiheuttamia riskejä 50 % vuoteen 2030 mennessä.
4. **Maaperän terveydellä ja mikrobiyhteisön monimuotoisuudella on ratkaiseva merkitys kasvinterveydelle.** Monipuolinen ja toiminnallisesti aktiivinen mikrobiyhteisö tehostaa ravinteiden käyttöä ja kiertoa, lisää kasvien stressinkestävyyttä sekä tukee maaperän luontaista tautientukahduttamiskykyä (tautisuppressiivisuus).
5. **Viljelytoimet, jotka lisäävät peltokasvillisuuden monimuotoisuutta ja maaperän orgaanisen aineksen määrää sekä parantavat maan rakennetta ja mikrobien elinolosuhteita, ovat keskeinen osa kestävästä kasvinsuojelusta.** Ne tarjoavat usein tehokkaimman tavan vähentää tauti- ja tuholaispainetta, ja muodostavat pohjan muiden luontopohjaisten ratkaisujen toimivuudelle. Monipuolinen viljelykierto, kestävien lajikkeiden käyttö ja hyvä viljelyhygieniat ovat toimivia luontopohjaisia keinoja kasvintuotannon hallintaan.
6. **Biologisilla kasvinsuojeluaineilla eli biopestisideillä sekä kasvin kasvua ja stressinsietoa parantavilla biostimulanteilla on Suomessa täydentävä rooli osana kokonaisvaltaista kasvinterveyden hallintaa.** Potentiaalia nähdään erityisesti kylmiin olosuhteisiin sopeutuneissa mikrobeissa. Kehitystyön alla ovat suunnitelmallisesti koostetut mikrobiyhteisöt, jotka yhdistävät useita hyödyllisiä toimintoja ja sopeutuvat hyvin muuttuviin ympäristöoloihin, sekä kasvien omien puolustusmekanismien aktivointiin tähtäävät ratkaisut.
7. **Biopestisidit ja biostimulantit kuuluvat eri lainsäädäntöjen alle. Tuotteilla saattaa kuitenkin olla molempiin ryhmiin kuuluvia tehovaikutuksia.** Kasvinsuojeluaineiden hyväksyminen markkinoille edellyttää laajan arvioinnin valmistajien turvallisuudesta ympäristölle ja terveydelle. Vähäriskisille tehoaineille on kevennetty käsittely, mutta biopestisideille ei nykyisellään ole omia kriteereitä. Lainsäädäntöä ollaan kuitenkin kehittämässä. Biostimulantit kuuluvat lannoitevalmistelainsäädännön alle. Valmistajien tulee osoittaa valmistajien väitetty teho, mutta samanlaisia testausvaatimuksia ei ole kuin kasvinsuojeluaineilla.
8. **Luontopohjaiset ratkaisut kiinnostavat viljelijöitä ja monet niistä ovat jo käytössä, mutta niiden tehokas hyödyntäminen edellyttää sekä systemaattista kehitystyötä että kotimaiseen tutkimusnäyttöön perustuvia käytännön suosituksia.** Kasvinterveyden edistäminen edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistapaa, jossa viljelytoimenpiteet muodostavat perustan ja luontopohjaiset valmisteet toimivat täydentävinä työkaluina. Pitkäjänteinen maaperän hoito, kasvitautien ennaltaehkäisy ja osaamisen vahvistaminen ovat ratkaisevia tekijöitä.

Tiivistelmä

Elina Sohlberg¹, Tuija Sarlin¹, Satu Latvala², Kalle Ohralahti², Marika Rastas² ja Ansa Palojärvi³

¹ Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Tekniikantie 21, 02150 Espoo

² Luonnonvarakeskus (Luke), 31600 Jokioinen

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Kulttuurikuja 1, 20800 Turku

Tässä raportissa tarkastellaan luontopohjaisia ratkaisuja kasvinterveyden hallintaan erityisesti pohjoisissa olosuhteissa yhdistäen tietoja tieteellisestä kirjallisuudesta, projektiraporteista sekä suomalaisten viljelijöiden, neuvojen, tutkijoiden ja opiskelijoiden näkemyksistä kahdesta sidosryhmäkyselystä. Luontopohjaiset ratkaisut tarjoavat keinoja vähentää kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja tukea EU:n tavoitteita kestäväen maatalouden edistämiseksi. Keskeinen lähtökohta on maaperän ja kasvien mikrobiyhteisöjen rooli ravinteiden kierrossa, kasvien stressinsietokyvyn vahvistamisessa ja taudinaiheuttajien torjunnassa. Raportissa kuvataan maaperän, ritsosfäärin ja kasvin mikrobiyhteisöjen toimintaa sekä mikrobi-kasvi-vuorovaikutusten mekanismeja, mukaan lukien kasvua edistävien mikrobien hyödyntäminen.

Viljelytekniset ratkaisut kuten monipuoliset viljelykierrat, vähennetty muokkaus, kasvipeitteisyys, laji- ja lajikeseokset ja kasvulohkon kasvuolosuhteita parantavat toimet muodostavat perustan maaperän tautisuppressiivisuuden ja kasvien vastustuskyvyn vahvistamiselle. Lisäksi raportissa tarkastellaan maanparannusaineita sekä mikrobipohjaisia ja ei-mikrobipohjaisia biostimulantteja, jotka voivat tehostaa ravinteiden hyväksikäyttöä, parantaa kasvien stressinsietoa ja toimia biologisen kasvinsuojelun välineinä. Raportissa esitellään myös biopestisidien ja mikrobisiierteiden kehittämistä, analytiikkaa ja tulevaisuuden mahdollisuuksia, kuten koostetut mikrobiyhteisöt, sekä hahmotetaan biologisten valmisteiden käyttöön liittyvää EU-lainsäädäntöä.

Sidosryhmäkyselyiden perusteella viljelijät hyödyntävät jo laajasti viljelykiertoa, maanmuokkausta ja kestäviä lajikkeita kasvinterveyden tukena. Kiinnostus mikrobipohjaisia kasvinsuojeluaineita ja biostimulantteja kohtaan on huomattavasti niiden nykyistä käyttöä suurempaa. Keskeisiksi haasteiksi tunnistettiin tiedon ja tutkimusnäytön puute erityisesti Suomen olosuhteissa, tuotteiden vaihteleva teho ja olosuhdeherkkyys, kustannukset sekä käytännön soveltamiseen liittyvät kysymykset. Luontopohjaisia ratkaisuja kuitenkin pidetään turvallisina ja ympäristöystävällisinä, ja lisätutkimukselle, tilakokeille ja selkeille käyttöohjeille on selkeä tarve.

Raportti tarjoaa koottua tutkimustietoa, kotimaisia esimerkkejä ja käytännön näkökulmia luontopohjaisista ratkaisuista sekä tunnistaa tutkimus- ja kehittämistarpeita. Tavoitteena on tukea suomalaisen maatalouden siirtymää kohti ekologisesti kestävämpiä, resilienssiä vahvistavia ja tuotantoriskejä vähentäviä kasvinterveyden hallinnan menetelmiä.

Tämä selvitystyö tehtiin Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan (NaBaSol) -hankkeessa (Makera VN/9109/2023).

Asiasanat: Luontopohjaiset ratkaisut, kasvinterveys, maaperä, mikrobisto, viljelytoimenpiteet, viljelykierto, mikrobiuotteet, biostimulantit, biopestisidit, lainsäädäntö

Abstract

Elina Sohlberg¹, Tuija Sarlin¹, Satu Latvala², Kalle Ohralahti², Marika Rastas² and Ansa Palojärvi³

¹ Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Espoo

² Luonnonvarakeskus (Luke), 31600 Jokioinen

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Kulttuurikuja 1, 20800 Turku

This report reviews nature-based solutions for plant health management in northern growing area by combining an extensive literature review with insights from two stakeholder surveys targeting Finnish farmers, advisors, researchers, and students. Nature-based solutions offer options to reduce the use of chemical plant protection and support the EU's sustainability goals. A central theme is the role of soil and plant microbiomes in nutrient cycling, enhancement of plant stress tolerance, and suppression of plant pathogens. The report describes the structure and function of soil, rhizosphere, and plant-associated microbial communities, as well as mechanisms underlying microbe–plant interactions, including plant growth-promoting microbes and arbuscular mycorrhizal fungi.

Key agronomic practices such as diversified crop rotations, reduced tillage, cover crops, species mixtures, and measures that strengthen soil structure form the foundation for improved soil suppressiveness and resilient crop health. The report also examines soil amendments and microbial- and non-microbial biostimulants that can enhance nutrient use efficiency, improve stress tolerance, and contribute to biological pest and disease management. Additionally, report outlines principles for developing microbial inoculants and biopesticides, the analytical tools used to characterize microbiomes, future opportunities such as synthetic microbial communities, and the regulatory framework governing biological plant protection products and biostimulants in the EU.

The stakeholder surveys indicate that Finnish farmers already widely apply crop rotation, tillage management, and resistant varieties for plant health. Interest in microbial biopesticides and biostimulants is notably higher than their current use. The main barriers identified were limited knowledge and research evidence under Finnish conditions, variable and condition-dependent efficacy, costs, and practical challenges related to implementation. Respondents perceived nature-based solutions as safe and environmentally friendly but emphasized the need for more on-farm trials, practical guidelines, and economic incentives.

This report compiles current scientific knowledge, Finnish case studies, and stakeholder perspectives, and highlights research and development needs. Its goal is to support the transition of Finnish agriculture toward more ecologically sustainable, resilient, and risk-reducing approaches for plant health management.

The report was an outcome of the NaBaSolu project (Makera VN/9109/2023).

Keywords: Nature based solutions, plant health, soil, microbiome, management practices, crop rotation, microbial products, biostimulants, biopesticides, legislation

Sisällys

1. Johdanto	9
2. Ekosysteemipalvelut ja maan terveys.....	10
3. Mikrobiyhteisöt maaperässä ja kasvissa	11
3.1. Maaperän, ritsosfäärin ja kasvin mikrobiomin koostumus	11
3.2. Menetelmät maaperän ja kasvin mikrobiomin koostumuksen ja aktiivisuuden mittaamiseen	13
4. Mikrobiyhteisöjen hyödyt kasvinterveyden edistämisessä	15
4.1. Mekanismit mikrobi-kasvi-vuorovaikutuksessa	15
4.2. Mikrobiomin hyödyt kasvinterveydelle	17
5. Viljelytoimenpiteet maaperän taudintukahduttamiskyvyn ja kasvien stressinsietokyvyn vahvistamiseksi.....	20
5.1. Viljelyjärjestelmät.....	20
5.2. Maanmuokkaus.....	21
5.3. Kasvilähtöiset ratkaisut.....	22
5.4. Maanparannusaineet ja lannoitevalmisteet	23
5.5. Kasvinsuojeluaineiden vaihtoehdot.....	25
6. Mikrobisiirteet ja -valmisteet	26
6.1. Mikrobien valinta mikrobisiirteisiin.....	27
6.2. Menetelmät mikrobisiirteiden kartoitukseen ja niiden kehittämiseksi	28
6.2.1. Uuden sukupolven sekvensointitekniikat kasvin mikrobiomin kartoituksessa.....	28
6.2.2. Uusien mikrobikantojen eristys	29
6.2.3. Tulevaisuuden mahdollisuudet: Geneettisesti muokatut mikrobikannat	31
6.2.4. Mikrobisiirteiden päällystys ja suojaus	31
6.3. Maasiirteet.....	32
7. Menetelmät kasvien luontaisten puolustusmekanismien aktivoimiseksi.....	33
7.1. Kasvin puolustusmekanismit.....	33
7.2. Kasvin puolustusmekanismien aktivointi.....	33
7.3. Elisiittorit eli kasvin puolustusmekanismien herätteet	34
7.4. Kasvihormonit ja kasvunsäätelijät kasvin puolustuskyvyn aktivoinnissa.....	35
7.4.1. Kasvihormonit	35
7.4.2. Kasvunsäätelijät	35
7.4.3. Muut.....	36
7.5. Esimerkit kasvin oman puolustuskyvyn aktivoinnista.....	36

7.5.1. Kasvin kasvua edistävät bakteerit kasvin puolustuskyvyn aktivoinnissa	36
7.5.2. Herätteet (elisiittorit)	36
8. Luontopohjaisten ratkaisujen tutkimuksia pohjoisissa olosuhteissa.....	37
9. Kasvinsuojelua ja lannoitevalmisteita koskeva EU-lainsäädäntö, uusien tuotteiden markkinoille saattaminen	42
9.1. Kasvinsuojelulainelainsäädäntö.....	43
9.1.1. Tehoaineen hyväksyminen	43
9.1.2. Vähäriskiset tehoaineet ja perusaineet.....	44
9.1.3. Kasvinsuojeluvalmisteiden hyväksyminen.....	44
9.1.4. Kasvinsuojeluaineiden kestävä käyttö	45
9.2. Lannoitevalmistelainsäädäntö	45
9.2.1. Biostimulanttien lainsäädäntö	46
10. Sidosryhmäkyselyt luontopohjaisista ratkaisuista	47
10.1. Sidosryhmäkyselyjen toteutus.....	47
10.2. Sidosryhmäkyselyjen tulokset.....	49
10.2.1. Avointen kysymysten kysely (n= 29)	49
10.2.2. Monivalintakysely (n=40).....	50
10.3. Yhteenveto sidosryhmäkyselyistä.....	53
11. Luontopohjaisten ratkaisujen mahdollisuudet, haasteet ja lisätutkimustarpeet - yhteenveto	54
11.1. Luontopohjaisten ratkaisujen mahdollisuudet kasvinterveyden hallintaan.....	54
11.2. Luontopohjaisten ratkaisujen haasteita ja lisätutkimustarpeita	55
Viitteet.....	57
Liitteet	66

Sanasto

Antagonismi Biologinen rakenne tai kemiallinen aine, joka häiritsee toisen eliön fysiologista toimintaa (esim. antibioottiset yhdisteet)

Biokontrolli Menetelmä, jossa käytetään eläviä eliöitä haitallisten lajien (kuten tuholaisten tai rikkaruohojen) määrän rajoittamiseen tai eliminoimiseen

Biostimulantti Kasvien kasvua ja stressinsietoa parantava valmiste, joka tehostaa kasvin omia fysiologisia toimintoja ilman että se suoraan lisää ravinteita maahan

Biopestisidi Luonnonmateriaaleista tai mikro-organismeista valmistettu kasvinsuojeluaine, joka torjuu tuholaista tai kasvitauteja biologisesti eikä synteettisten kemikaalien avulla

Ekosysteemipalvelut ovat monia ja erilaisia hyötyjä, joita ihmiset saavat vapaasti luonnollisesta ympäristöstä ja oikein toimivista ekosysteemeistä

Elisiittori Yhdiste, joka toimii kasvin itsepuolustusmekanismien herätteenä

Fungistaasi Maaperän ominaisuus, joka rajoittaa sienten itämistä ja kasvua

Genotyyppi Yksilön perintötekijöiden muodostama kokonaisuus.

Kasvitaudin esiintymistä edistävät maat (conducive soils) Ei-tukahduttavat maaperät, joissa taudit leviävät helposti

Luonnollinen bitorjunta Jokaisella maaperällä on jonkinlainen kyky tukahduttaa kasvitaudinaiheuttajien aktiivisuutta muiden mikrobien läsnäolon ja aktiivisuuden ansiosta

Maalevintäiset kasvitaudit Yksi merkittävimmistä rajoittavista tekijöistä useimmissa maatalouden ekosysteemeissä taloudellisen sadon tuottamisen kannalta. Maaperässä elävät taudinaiheuttajat aiheuttavat lukuisia tauteja, kuten mm. juurimätää, ja aiheuttavat vakavia tappioita viljelykasveille. Nämä taudinaiheuttajat muodostavat maaperään lepoitiöitä, jotka ovat pitkäikäisiä ja vaikeasti hävitettäviä.

Mikrobiomi Tietyssä ympäristössä elävä mikro-organismien (kuten bakteerien, sienten ja virusten) yhteisö.

Mikrobisiirre Tässä raportissa termillä tarkoitetaan siirrostettavaa yksittäistä mikrobikantaa tai suunniteltua mikrobiyhteisöä, joka sisältää useita bakteereja ja/tai sieniä, jotka toimivat kasvinterveyden edistämiseksi

Sekvensointi Menetelmä, jolla selvitetään makromolekyylin sekvenssi eli esimerkiksi nukleotidihapon nukleotidijärjestys tai polypeptidin aminohappojärjestys

Tautisuppressiiviset maat Tauteja tukahduttavat maat. Maat, joilla on kyky tukahduttaa maaperässä leviäviä kasvitauteja. Maaperät, joissa taudinaiheuttaja ei esiinny eikä säily, tai esiintyy, mutta aiheuttaa vain vähän tai ei lainkaan vahinkoa, tai esiintyy ja aiheuttaa tautia jonkin aikaa, mutta sen jälkeen tauti on vähemmän merkittävä, vaikka taudinaiheuttaja saattaa säilyä maaperässä.

Virulenssi Mikrobien taudinaiheuttamiskyky.

1. Johdanto

Terve viljelykasvi hyödyntää tehokkaasti tarjolla olevat tuotantopanokset ja tuottaa runsaan ja laadukkaan sadon. Kasvien terveyttä heikentävät kasvintuhoojat aiheuttavat huomattavia satotappioita maa- ja puutarhataloudessa. **IPM (Integrated Pest Management eli integroitu kasvinsuojelu)** on kestävä kasvinsuojelun lähestymistapa, jossa yhdistetään eri menetelmiä torjumaan **rikkakasveja, kasvitauteja ja tuholaisia**. Sen tavoitteena on vähentää kemiallisten torjunta-aineiden tarvetta ja käyttöä, käyttämällä niitä vain tarpeen vaatiessa ja mahdollisimman vähän. EU:n Pellolta pöytään -strategian tavoitteena on vähentää kasvintuotannossa käytettävien kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä ja niiden aiheuttamia riskejä 50 % vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteen saavuttamista edistävät IPM:ssä kattavasti käyttöön otettavat tehokkaat ja taloudellisesti kannattavat **ei-kemialliset ja kemiallisten valmisteiden käyttöä tarkentavat kasvinsuojelumenetelmät**.

Euroopan Komission määritelmän mukaan **luontopohjaisilla ratkaisuilla** tarkoitetaan luonnon inspiroimia ja tukemia ratkaisuja, jotka ovat kustannustehokkaita, tarjoavat samanaikaisesti ympäristöllisiä, yhteiskunnallisia ja taloudellisia hyötyjä ja vahvistavat muutoskestävyyttä. Paikallisesti mukautetut, resurssitehokkaat ja systeemiset luontopohjaiset ratkaisut tuovat sekä kaupunkeihin että muihin ympäristöihin enemmän ja entistä monimuotoisempaa luontoa sekä luonnon toimintoja. Luontopohjaiset ratkaisut hyödyttävät luonnon monimuotoisuutta ja tukevat erilaisten ekosysteemipalveluiden tarjoamista.

NaBaSolu-hankkeen (Nature-Based Solutions for Plant Health Management) kirjallisuusselvityksen tavoitteena oli koota laajasti ja monipuolisesti tietoa kestävästä, **luontopohjaisista ratkaisuista kasvinterveyden hallintaan** niin tavanomaisen IPM- kuin luomuviljelyn käyttöön. Selvitykseen on koottu tietoa erilaisten viljelytekniesten toimien sekä maanparannusaineiden, mikrobivalmisteiden ja muiden biostimulanttien mahdollisuuksista kasvinterveyden edistäjinä. Selvityksen tavoitteena on tarjota vertailevaa tietoa, jonka avulla voidaan arvioida, mitkä menetelmistä ovat jo otettavissa käyttöön ja mitkä tarvitsevat vielä lisää tutkimusnäyttöä Suomen olosuhteissa.

Tavoitteena on edistää viljelymaiden ja kasvien luontaisen vastustuskyvyn parantamiseen tähtäävien uuden sukupolven ekologisten ratkaisujen kehittämistä ja käyttöönottoa kasvinterveyden tukemiseksi. Selvitys tarjoaa tutkittua tietoa kootusti ja yleistajuisesti maanviljelijöille, neuvojille, mikrobivalmisteiden ja muiden biostimulanttien sekä maanparannusaineiden valmistajaryhyksille, maatalouspoliittisille päätöksentekijöille sekä alan tutkijoille.

Kirjallisuusselvityksen painotus on maatalouden kasvintuhoojien maaperälähtöisissä hallintaratkaisuissa. Kirjallisuusselvitys toteutettiin systemaattisesti kartoittaen aihepiirin julkaisut viimeisen kymmenen vuoden aikana painottaen pohjoisen alueen tutkimusta. Mukaan otettiin myös kotimaisten hankkeiden tuloksia ja tiivis yhteenveto kasvinsuojeluaineita ja lannoitevalmisteita koskevasta EU-lainsäädännöstä sekä tietoa uusien tuotteiden markkinoille saattamisesta.

Kirjallisuusselvityksen lisäksi projektissa toteutettiin kyselytutkimus, jonka tarkoituksena oli selvittää suomalaisten maa- ja puutarhatalouden toimijoiden näkemyksiä, kokemuksia ja tiedontarpeita luontopohjaisista ratkaisuista kasvinterveyden hallinnassa.

2. Ekosysteemipalvelut ja maan terveys

Maaperän hyvä terveys tarkoittaa sitä, että maaperä on biologisesti, fysikaalisesti ja kemiallisesti sellaisessa kunnossa, että se pystyy kestävästi tuottamaan ihmiselle ja luonnolle keskeisiä ekosysteemipalveluja.

Terveen maaperän ekosysteemipalveluja ovat:

- tuottaa ravitsevaa ja turvallista ruokaa
- kierrättää ravinteita
- ylläpitää biologista monimuotoisuutta
- puhdistaa ja säätelee vedenkiertoa, suojaa kuivuudelta ja tulvilta
- varastoi ja kierrättää hiiltä, tukee ilmastonmuutoksen hillintää ja siihen sopeutumista
- tukee ihmistoimintaa, maisemaa ja kulttuuriperintöä.

EU:n arvion mukaan 60–70 % EU-alueen maaperästä on kunnoltaan heikentynyttä, minkä johdosta maaperän tärkeät ekosysteemipalvelut ovat vaarantuneet. Tämä vaikuttaa suoraan ihmisten elinmahdollisuuksiin. Esimerkiksi kun maan orgaanisen aineksen määrä vähentyy, sen vedenpidätuskyky heikkenee ja kasvintuotanto voi kärsiä kuivuudesta. Maaperän terveyttä ylläpitävät kestävät viljelymenetelmät varmistavat, että ekosysteemipalvelut toimivat hyvin, ja maanomistajalla on viljelykuntoiset ja tuottavat pellot nyt ja tulevaisuudessa. Euroopan Unionin tavoitteena on terve maaperä vuoteen 2050 mennessä. EU:ssa on hyväksytty ensimmäinen yhteinen maaperää koskeva lainsäädäntö vuoden 2025 lopulla (Soil Monitoring Law, Directive (EU 2025/2360)), joka tuli voimaan 16.12.2025. Tämä on merkittävä askel, sillä maaperä saa näin EU:ssa samanlaisen oikeudellisen aseman kuin vesi, ilma ja meriympäristö.

Mikrobiomit ovat elintärkeitä maaperän ekosysteemien ylläpitämiselle, ravinteiden kierrolle biosfäärissä, maaperän pitkäkestoisen orgaanisen aineksen muodostumiselle, orgaanisten yhdisteiden hajottamiselle sekä maaperän tuottavuudelle (Shah ym. 2024). Suomen maaperän tilasta ja olemassa olevista seuranta-aineistoista valmistui laaja selvitys vuonna 2023 (Haa-visto ym. 2023). Selvityksessä todettiin, että biologisen maaperän seurannan puuttumisen vuoksi käytettävissä ei ole tietoja Suomen pelto- ja metsämaiden pieneliöstön monimuotoisuuden muutoksista, mutta seurannat ovat alkamassa.

3. Mikrobisyhteisöt maaperässä ja kasvissa

Erilaiset mikrobisyhteisöt eli mikrobiomit elävät maaperässä, kasvin juuristoalueella eli ritsosfäärissä, kasvin juurten, lehtien, varren ja siemenien pinnalla sekä jopa kasvin sisällä (Chhabra ym. 2023). Mikrobit, kuten sienet ja bakteerit, voivat olla kasville hyödyllisiä tai haitallisia, tai niillä ei ole vaikutusta kasviin ja sen kasvuun. Mikrobiomit ovat erittäin herkkiä ympäristötekijöille; kaikki muutokset ympäristössä ja olosuhteissa voivat muuttaa mikrobisyhteisön rakennetta, koostumusta sekä määrää (Kumar ym. 2022).

3.1. Maaperän, ritsosfäärin ja kasvin mikrobiomin koostumus

Maaperässä ja erityisesti ritsosfäärissä eli juuristoalueella kasvin välittömässä vaikutuksessa olevassa maa-aineksessa elää runsas mikrobisyhteisö, joka koostuu yksisoluisista bakteereista ja arkeoneista, rihmamaisista mikrosienistä, alkueläimistä ja levistä (Mustafa ym. 2019). Mikrobien kokonaismäärä on ritsosfäärissä suurempi kuin ympäröivässä maassa, noin 10^{10} - 10^{12} mikrobisolua grammassa maata (Ikeda-Ohtsubo ym. 2018). Lisäksi mikrobiaktiivisuus ritsosfäärissä voi olla kymmenestä sataan kertaan suurempaa kuin ympäröivässä maaperässä (Szili-Kovács ym. 2023).

Ritsosfäärin ja sen ulkopuolisen maaperän yleisimmät mikrobiryhmät ovat samanlaisia (Trivedi ym. 2020). Maaperän mikrobiomin monimuotoisuus on kuitenkin suurempi kuin kasvin tai sen ritsosfäärin. Lisäksi kasvin maanpäällisissä osissa mikrobiomi on erilainen kuin sen juuristossa, johtuen monipuolisemmista mikrobien lähteistä (ilma, siitepöly, hyönteiset, muut kasvit). Vaikka kasvin mikrobiomit maan alla ja päällä eroavat toisistaan, löytyy niiden välillä kuitenkin myös samankaltaisuuksia, mikä viittaa siihen, että ritsosfäärin ulkopuolinen maaperä toimii yhteisenä varastona sekä maanalaiselle että maanpäälliselle kasvimikrobiomille. Ritsosfäärissä, endofyyttisenä eli kasvin sisällä, ja fyllosfäärissä eli lehtipinnan mikroympäristössä mikrobisyhteisöjen koostumus eroaa toisistaan merkittävästi.

Monipuoliset bakteeri- ja sieniyhteisöt tukevat kasvien terveyttä ja kasvua monin eri tavoin (Taulukko 1). Ne osallistuvat lukuisiin ekosysteemin toimintoihin sekä tarjoavat kasveille hyötyjä monin eri tavoin. Bakteeri- ja sieniyhteisöillä on erittäin tärkeä rooli kasvien elinvoimaisuuden ja satopotentialin tukemisessa. Ne vaikuttavat niin kasvien ravinteiden saantiin, terveyteen, tautien torjuntaan kuin maaperän hyvinvointiin ja ekosysteemien toimivuuteen laajemmin. Kasvinviljelylle merkittäviä mikrobisukuja ja niiden merkitystä kasvin terveydelle on esitelty tarkemmin Liitteessä 1 (**Liite 1**).

Taulukko 1. Mikrobiryhmät maaperässä, niiden ominaisuudet ja vaikutukset kasviin.

Mikrobi-ryhmä	Yleisimmät ryhmät	Ominaisuudet	Hyödyt kasville	Haitat kasville
Bakteerit	Actinobacteria, Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Gammaproteobacteria, Bacilli	Aktiivisia ravinteiden kiertossa, osa erikoistuneita typensidontaan ja fosfaatin liuotukseen.	Typensidonta, fosfaatin liuotus, kasvihormonien tuotanto, kasvitautien torjunta, orgaanisen aineksen hajotus, stressinsietokyvyn parantaminen.	Patogeeniset bakteerit voivat aiheuttaa kasvitauoja ja heikentää kasvin terveyttä.
Arkeonit	Thaumarchaeota, Crenarchaeota, Euryarchaeota. Esim. Nitrososphaeria, Methanobacteria, Thermoprotei	Kestävät äärimmäisiä olosuhteita, osallistuvat esim. typen ja hiilen kiertoon.	Ravinteiden kierto, erityisesti ammoniumin oksidointi ja metaanin tuotanto.	Ei tunnistettuja haittoja kasveille, mutta voivat muokata maaperän kemialla.
Sienet	Sordariomycetes, Dothideomycetes, Agaricomycetes, Eurotiomycetes, Glomeromycetes	Osa symbioottisia. Orgaanisten yhdisteiden hajotus. Osallistuvat ravinteiden kiertoon.	Orgaanisen aineksen hajotus, kasvin ravinteiden otto, kasvua edistävää symbioosia (esim. keräsienet), kasvitautien torjunta.	Kasvitauoja aiheuttavat patogeeniset sienet voivat heikentää kasvin terveyttä.
Virukset	Bakteriofagit ja RNA-virukset	Infektoivat mikrobeja, voivat siirtää geenejä ja muokata mikrobiyhteisöjen rakennetta.	Ravinteiden kierrätys bakteeripopulaatioita säätelemällä, geneettinen monimuotoisuus	Kasvivirukset voivat aiheuttaa kasvitauoja (rooli kasvien mikrobiomissa pääosin epäselvä).

Kasvinterveyden kannalta keskeisiä bakteerisukuja ovat muun muassa *Actinobacteria*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Pseudomonas* ja *Paenibacillus*. Nämä bakteerit voivat edistää kasvin kasvua muun muassa typensidontaan, fosfaatin liuotuksen, kasvihormonien tuotannon sekä biokontrollin keinoin. Osa bakteereista, kuten *Bacillus*- ja *Pseudomonas*-lajit, kestävät hyvin vaihtelevia olosuhteita ja tukevat kasvin vastustuskykyä stressiä ja taudinaiheuttajia vastaan. Monilla bakteereilla on myös kyky hajottaa orgaanista ainesta, parantaa ravinteiden saatavuutta ja osallistua bioremediaatioon eli haitallisten aineiden poistoon maaperästä. Vaikka yleisimmät kasvin eri osissa ja ritsosfäärissä esiintyvät mikrobilajit ovat samanlaisia suurimmalla osalla kasveista, isäntäkasviin ja sen ritsosfääriin rikastuneet bakteerilajit näyttävät vaihtelevan merkittävästi kasvilajien välillä (Ikeda-Ohtsubo ym. 2018).

Maaperän ja kasvin sieniyhteisö koostuu suurimmaksi osaksi Ascomycota ja Basidiomycota -pääjaksoihin kuuluvista lajeista. Sieniyhteisöissä merkittäviä sukuja ovat esimerkiksi *Glomus*, *Trichoderma*, *Penicillium* ja *Beauveria*. Useat sienet, kuten *Trichoderma* ja *Clonostachys*, torjuvat kasvitautinaiheuttajia edistämällä kasvien terveyttä. Lisäksi jotkin sienet auttavat parantamaan maaperän rakennetta ja edesauttavat orgaanisen aineksen hajotusta sekä ravinteiden kiertoa. Sienet voivat toimia myös kasvien kasvua tukevin symbionteina. Esimerkiksi keräsienijuuria muodostavat keräsienet, joista suurin osa kuuluu Glomeromycetes -luokkaan, voivat parantaa kasvin ravinteiden ja veden ottoa sekä stressinsietoa. Maakasveista noin 80 % muodostavat symbioosin keräsienten kanssa. Tällaisia symbioosin muodostavia kasveja ovat mm. viljakasvit, vihannekset, hedelmäpuut ja palkokasvit.

Maaperässä ja ritsosfäärissä on myös arkeoneja, joista merkittäviä ryhmiä ovat Thaumarchaeota ja Euryarchaeota (Naitam & Kaushik 2021). Arkeoneja on tutkittu maaperässä vähemmän kuin muita mikrobeja. Arkeoneilla on tärkeä rooli hiilen, typen, rikin ja raudan biogeokemiallisissa kierroissa. Metaania tuottavat mikrobit, eli metanogeenit, ovat arkeoneja. Tietyt ryhmät, kuten ammoniakkia hapettavat arkeonit (esim. Nitrososphaeraceae ja Candidatus Nitrososphaera), ovat keskeisiä typen kierrossa, sillä ne muuttavat ammoniakkin nitraattiksi, eli kasveille käyttökelpoiseen muotoon.

Viruksia löytyy maaperästä, mutta niiden rooli ja funktio muulle kasvin mikrobiomille on vielä suurelta osin epäselvä. Tutkimuksissa on osoitettu, että virukset vaikuttavat sekä mikrobiomin rakenteeseen infektoimalla tiettyjä bakteerilajeja (bakteriofagit) että mikrobiomin funktioihin/toimintaan siirtämällä geenejä mikrobista toiseen (Trivedi ym. 2020). Bakteerivirukset eli bakteriofagit ovat keskeisessä roolissa ravinteiden kierrätyksessä ja bakteerien hajoamisessa maaekosysteemeissä (Yang ym., 2023). Bakteriofagit voivat estää bakteerien aiheuttamia kasvitauteja. Myös sienillä on omia mykoviruksia.

3.2. Menetelmät maaperän ja kasvin mikrobiomin koostumuksen ja aktiivisuuden mittaamiseen

Maaperän ja kasvin mikrobiomin koostumusta ja aktiivisuutta voidaan mitata erilaisin menetelmin, joilla tunnistetaan ja kvantifioidaan mikrobeja ja tutkitaan niiden aineenvaihduntaprosesseja. Perinteisiä menetelmiä maaperän mikrobien esiintyvyyden selvittämiseen ovat mikrobien suoralaskenta mikroskoopin avulla ja fosfolipidirasvahappojen analyysi. Bakteereita ja sienä voidaan kasvattaa ravintoalustoilla ja laskea bakteeripesäkkeiden määriä tai seurata maaperän sienirihmastojen muodostumista. Suoralaskenta mikroskoopilla antaa bakteerien ja sienten kokonaismäärät, mutta ei kerro mikrobiyhteisöjen tarkemmasta lajikoostumuksesta. Lisäksi vain osa mikrobeista on ravintoalustoilla viljeltäviä (Bloem ym. 2006). Fosfolipidirasvahappoanalyysillä voidaan määrittää mikrobien solukalvon fosfolipidien rasvahappoja, minkä perusteella arvioidaan eri mikrobiryhmien suhteellista runsautta.

Nykyisin mikrobiomin koostumuksen selvittämiseen käytetään pääasiassa eri sekvensointimenetelmiä. Maaperän, ritsosfäärin, juuriston ja muiden kasvin osien mikrobiomin koostumus voidaan selvittää sekvensoimalla näytteistä eristetty kokonais-DNA, joka sisältää kaikkien näytteessä olleiden elävien ja kuolleiden mikrobien perintöaineksen eli genomin. Kokonais-DNA:han perustuvien menetelmien avulla voidaan tunnistaa tiettyjä mikrobilajeja, niin kasvi-taudinaiheuttajia kuin kasvua edistäviä mikrobeja, tai kokonaisia mikrobiyhteisöjä. Menetelmillä voidaan havaita myös ennestään tuntemattomia lajeja ja lajeja, joita ei voi kasvattaa laboratorio-olosuhteissa. Sekvensointi tehdään tietyn geenin, kuten sienten ITS- ja bakteerien 16S rRNA -geenien sekvensointina (ns. amplikonisekvensointi), jolla lajit voidaan tunnistaa sukus- tai lajitasolle, tai näytteen metagenomisena sekvensointina, jossa sekvensoidaan koko mikrobiomin kaikki genomit (Bertola ym. 2021). Ryhmä- ja lajispesifisillä alukkeilla sekvensointia voidaan kohdentaa halutusti. Näytteistä saatua sekvenssitietoa verrataan olemassa oleviin sekvenssiviitekirjastoihin. Edustava näytteenotto ja näytteen koko sekä sopiva DNA-eristysmenetelmä ja DNA-alukkeiden valinta sekvensointiin ovat edellytyksiä luotettavien tulosten saamiseksi. Tutkimuskysymykset ja tutkittavat organismit määräävät menetelmien valinnan.

Mikrobimäärät ja sieni-bakteerisuhteet näytteessä voidaan selvittää tarkasti kvantitatiivisilla PCR-menetelmillä. Mikrobi geenien toimintaa voidaan selvittää RT-qPCR-menetelmällä, jossa

näytteestä eristetään ensin kokonais-RNA. Menetelmällä saadaan selville se, mitä mikrobit näytteenottohetkellä maaperässä tekevät (mm. ravinteiden kiertoihin liittyvien geenien kartointus, mikrobiaktiivisuuden kausittainen vaihtelu). RNA-pohjaisia sekvensointimenetelmiä voidaan myös käyttää aktiivisten mikrobiyhteisöjen tutkimiseen.

Mikrobien aktiivisuutta voidaan mitata biokemiallisilla menetelmillä (Bloem ym. 2006). Niillä saadaan tietoa mikrobiyhteisöjen aineenvaihdunnan prosesseista, kuten hengityksestä ja ravinteiden mineralisaatiosta. Mikrobitoiminnan yleistä aktiivisuutta voidaan laskea maaperästä vapautuvan hiilidioksidin perusteella. Mikrobien biomassa, eli elävien mikrobisolujen biomassa esimerkiksi solujen sisältämän hiilen tai typen mukaan mitattuna, on tärkeä maaperän terveyden indikaattori.

Yleensä maaperän mikrobiston tutkimisessa tarvitaan laboratoriolaitteita ja -olosuhteita. Eurofins Viljavuuspalvelun valikoimassa on maan NIR-analyysi, jossa maanäytteestä analysoidaan mikrobien biomassa, mikrobien aktiivisuus ja sieni-bakteeri-suhde käyttäen lähi-infrapuna-analyysimenetelmää (near-infrared analysis, NIR). Mikrobiaktiivisuuden mittaamiseen on kehitetty myös viljelijä- ja neuvojakäyttöön soveltuvia menetelmiä. Kaupallisesti on saatavilla esimerkiksi microBiometerin ja Solvitan maaperän terveyden analyysipaketit omatoimisesti tehtävää testaamista varten. Tulosten tulkintaa ja jatkotoimenpiteitä varten olisi hyvä saada lisää vertailutietoa tutkimustulosten kanssa.

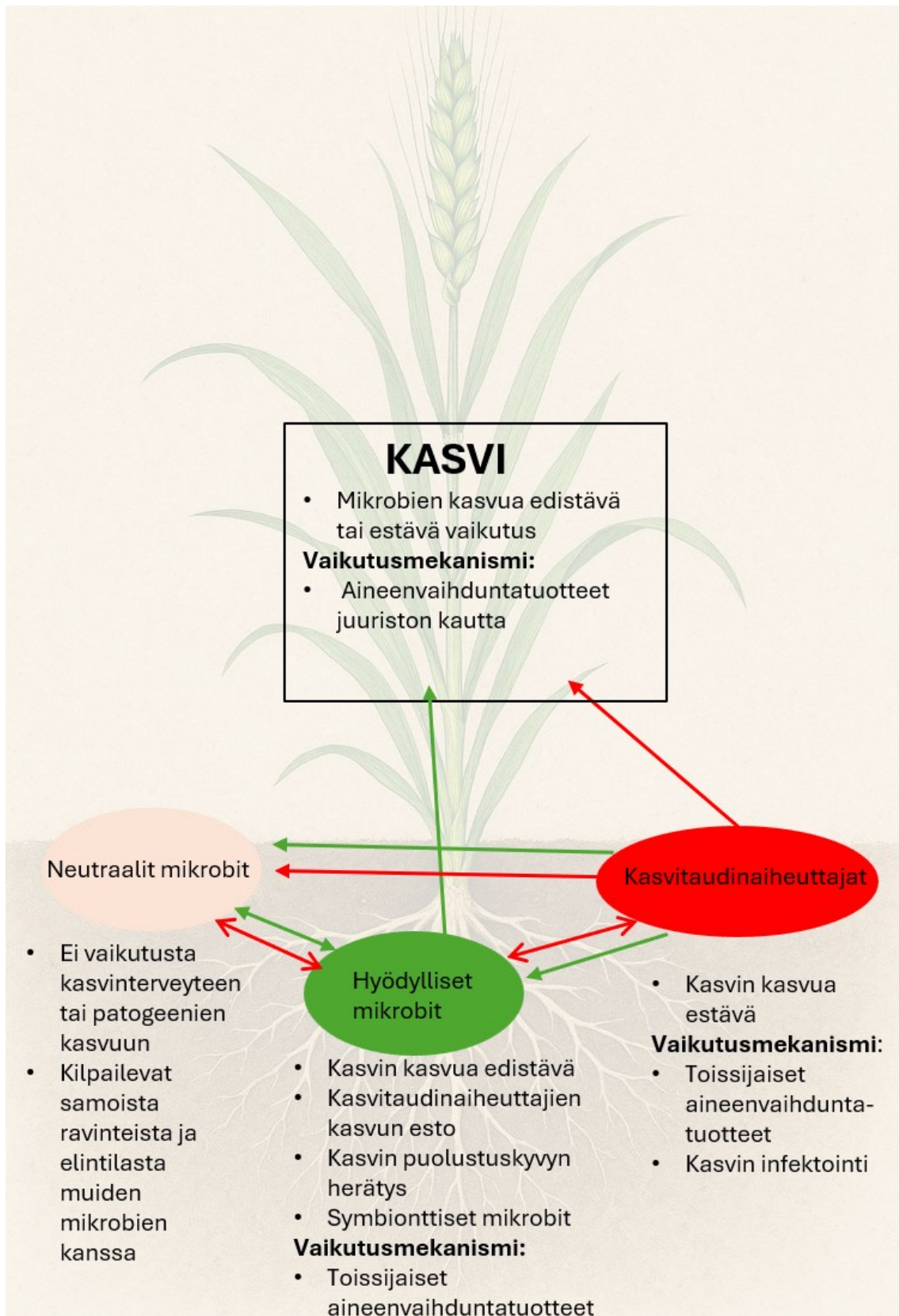
4. Mikrobiyhteisöjen hyödyt kasvinterveyden edistämisessä

4.1. Mekanismit mikrobi-kasvi-vuorovaikutuksessa

Kasvit erittävät juuristonsa kautta maahan erilaisia yhdisteitä, kuten sokereita ja aminohappoja, joilla on merkitystä kasville hyödyllisen mikrobiomin muodostumisessa ja ylläpidossa (Trivedi ym. 2020). Mikrobit puolestaan aistivat näitä yhdisteitä ja liikkuvat niitä kohti, mikä auttaa mikrobeja asettumaan kasvin juuriston läheisyyteen. Genomisten työkalujen avulla on osoitettu yhteys kasvien juurieritteiden ja mikrobien käyttämien ravintoaineiden välillä, ja niiden avulla on pystytty ennustamaan kasvin mikrobiyhteisön muodostumista. Vuorovaikutus kasvin mikrobiomin ja kasvin eri puolustusmekanismien (soluseinä, hormonit, erilaiset reseptorit) välillä on tärkeä kasvin mikrobiomin ylläpitämisessä aktivoiden joko kasvien reaktioita, jotka edistävät mikrobien kasvua kasvin eri osissa tai immuunivasteita, jotka rajoittavat sitä (**Kuva 1**). Tutkimukset osoittavat, että kasvit kykenevät muokkaamaan juuriston mikrobiomiin. Kasvilaji vaikuttaa mikrobiyhteisön rakenteeseen, ja niillä voi olla erilaiset mikrobiyhteisöt, vaikka ne kasvaisivat samassa maaperässä (Berendsen ym. 2012). Kasvien on myös todettu kokoavan ”stressimikrobiomin” auttamaan ympäristön abioottisissa eli kemiallisten tai fysikaalisten ympäristötekijöiden sekä bioottisissa eli eliöiden aiheuttamissa stressitilanteissa. Kasvin stressinsietokykyä lisäävien mikrobien rikastumista ohjaa kasvien aineenvaihduntatuotteet sekä kasvin immuunijärjestelmä.

Kasvien endofyyttiset sekä ritsosfäärin mikrobit indusoivat kasvia tuottamaan kasvihormoneja kuten esimerkiksi indolietikkahappoa (IAA) ja gibberelliineja, jotka edistävät juurikarvojen muodostumista. Tämä puolestaan helpottaa kasvien ravinteiden ottoa ja lisää niiden kykyä sietää stressiä (Soni ym. 2017). Mikrobit erittävät myös erilaisia toissijaisia aineenvaihduntatuotteita maaperään (esim. tryptamiini), jotka lisäävät kasvin puolustuskykyä kasvitautinaiheuttajia vastaan. Bakteerien ja sienten erittämien kasvitautinaiheuttajien kasvua estävien toissijaisten aineenvaihduntatuotteiden lisäksi myös ravinteista, kuten raudasta, kilpaileminen sideroforien (ferri-muodossa olevaa rautaa sitova molekyyli) avulla on liitetty antagonismiin esimerkiksi *Fusarium graminearum* -sientä vastaan (Karlsson ym. 2021). Toinen esimerkki on koliinia pilkkovien biokontrollikantojen käyttö, sillä koliini on vehnän heteissä esiintyvä yhdiste, joka stimuloi *F. graminearum* -sienen rihmaston kasvua.

Osa kasvitautinaiheuttajista on kehittänyt omia mekanismeja manipuloidakseen kasvien hormonaalisia reittejä, tukahduttaen siten kasvien puolustusreaktioita ja parantaen omaa virulenssiaan. Tautinaiheuttajat tuottavat proteiineja, jotka kohdistuvat kasvien hormoniviestintäreitteihin ja häiritsevät niitä tukahduttaen kasvien immuuteettia (Gimenez-Ibanez ym. 2016). Jotkut tautinaiheuttajat myös tuottavat hormoneja tai hormonien kaltaisia yhdisteitä, jotka häiritsevät kasvin hormonitasapainoa. Tämä voi johtaa puolustusreaktioiden tukahduttamiseen ja tauti-infektion muodostumiseen. Lisäksi tautinaiheuttajat hyödyntävät erilaisten kasvin hormonaalisten reittien välistä vuorovaikutusta omaksi edukseen. Manipuloimalla yhtä hormonireittiä ne voivat epäsuorasti vaikuttaa muihin, mikä voi johtaa laajamittaiseen kasvien puolustusreaktioiden tukahduttamiseen.



Kuva 1. Kasvin ja ritsosfäärin mikrobien vuorovaikutukset sekä vuorovaikutuksen mekanismit. Mikrobit vaikuttavat kasviin joko negatiivisesti (punainen nuoli) tai positiivisesti (vihreä nuoli) ja ovat vuorovaikutuksessa myös toisiinsa. Kasvit pystyvät juurieritteiden avulla vaikuttamaan koko mikrobiyhteisöön ritsosfäärissä joko mikrobien kasvua estävästi tai lisäävästi. Kuvan asiasällön viite Berendsen ym. (2012).

4.2. Mikrobiomin hyödyt kasvinterveydelle

Mikrobiomin vaikutukset kasviin voidaan jakaa suoriin ja epäsuorasti vaikuttaviin mekanismeihin (**Kuva 2**). Suoria vaikutuksia ovat muun muassa kasvin lisääntynyt ravinteiden saanti typensidonnan ja fosfaatin liuotuksen ansiosta (Mustafa ym. 2019). Kasvinterveyttä edistävistä symbioottisista kasvi-mikrobi-vuorovaikutuksista eniten onkin tutkittu typensitojabakteerien (esim. *Rhizobium* spp.) ja kasvien välistä suhdetta. Typensitojabakteerit muodostavat yleensä juurinystyröitä kasvin juuriin isäntäkasvin kanssa. Symbioottisten typensitojabakteerien ansiosta monet kasvit kykenevät kasvamaan niukkaravinteisemmissa maissa. Maaperässä esiintyy myös paljon muita kasvinterveyttä edistäviä bakteereja (Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR) (**Liite 1**). Toinen suora vaikutusmekanismi on mikrobien tuottamat kasvihormonit, joiden avulla kasvin kasvu nopeutuu tai kasvi sopeutuu paremmin erilaisiin abiootisiin sekä biootisiin stressitilanteisiin (Mustafa ym. 2019). Kasvihormonien säätely vaikuttaa esimerkiksi kasvin juurten muodostumiseen, kukintaan ja hedelmän tai jyvien ym. muodostukseen (Mukherjee ym. 2024).

Kasvin kasvua edistävien bakteerien lisääminen maaperään edisti maissin kuivuudensietokykyä (Tiepo ym. 2024). Astiakokeessa maissikasveihin lisättiin kahta eri bakteeria (*Azospirillum* sp. ja *Bacillus velezensis*) sekä neljää eri keräsientä (*Gigaspora margarita*, *Acaulasporea morrowiae*, *Claroideoglomus tunicatum*, ja *Rhizophagus clarus*). *B. velezensis* lisäys kasvatti kasvin juuri-verso-suhdetta, kuivapainoa, fotosysteemi II tuottoa (fotosynteesin ensimmäisen vaiheen proteiini-kompleksi) sekä kasvatti kasvin varren ja juuren solukkojen paksuutta ja pinta-alaa. *Azospirillum* sp. lisäys kasvatti kasvin kuivapainoa sekä lisäsi nitraatin pelkistystä. Tulosten perusteella osoitettiin, että kasvin kasvua edistävät bakteerit auttoivat kasvia selviytymään kuivuuden aiheuttamista haitoista. Mekanismit hyödyllisten vaikutusten takana liittyivät todennäköisesti kasvihormonien aktivointiin kasvisolussa sekä kasvin juuren kasvua stimuloivien yhdisteiden, kuten esimerkiksi kasvihormoni IAA:n, gibberelliinien, ja sytokiinien tuottoon bakteerien toimesta.

Mikrobeilla on myös epäsuoria positiivisia vaikutuksia, esimerkiksi niiden tuottamat antagonistiset yhdisteet, soluseiniä hajottavat entsyymit ja antibakteeriset bakteriosiinit estävät kasvitaudinaiheuttajien kasvua (Kuva 2.). Mikrobit lisäävät myös kasvin vastustuskykyä haitallisia mikrobeja vastaan esimerkiksi stimuloimalla kasvin omien antagonististen aineiden tuottoa, joita kasvi kuljettaa suoraan infektoituneeseen soluun. Erityisesti *Pseudomonas* spp. sekä joidenkin *Bacillus*-suvun lajien on todettu stimuloivan kasvin omaa vastustuskykyä (Choudhary ym. 2007). Kasvin kasvua edistävien sienten tehoa *Fusarium*-sienen aiheuttamaa lakastumista vastaan testattiin tomaatilla astiakokeessa (Attia ym. 2022). Lisätyt biokontrollisienet (*Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Mucor circinelloides* ja *Penicillium oxalicum*) inhiboivat *F. oxysporum*-sienen kasvua jo MIC (minimum inhibitory concentration) pitoisuudella 0,25–0,5 mg/mL. *A. niger*, *M. circinelloides*, *A. flavus* and *P. oxalicum* -lajit alensivat kasvitaudin vakavuutta 17–46 % sekä vähensivät kasvitaudin esiintymistä 57–86 %.

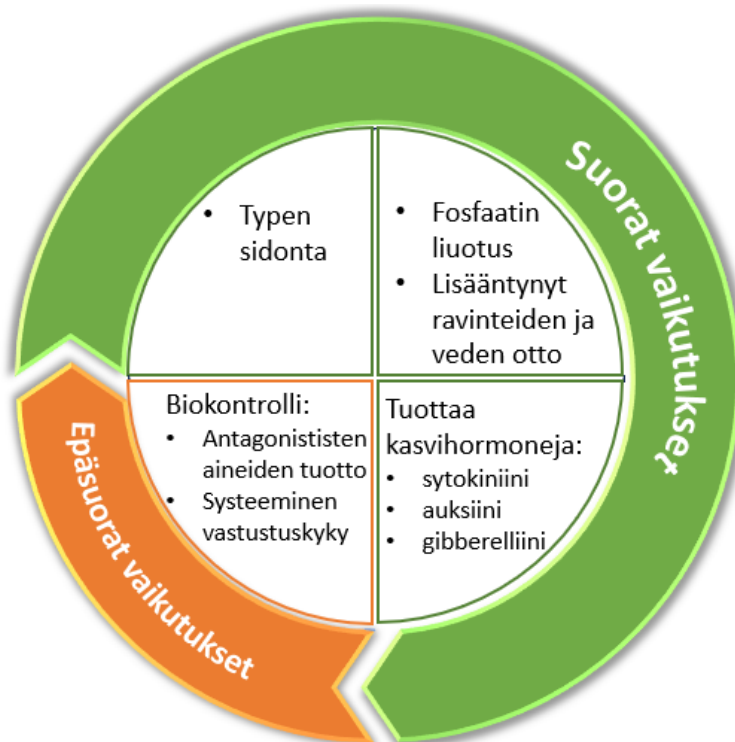
Keräsienet muodostavat kasvin juurten kanssa symbioottisen vuorovaikutuksen, jossa sienijuuren kautta kasvit saavat maaperästä paremmin ravinteita – erityisesti fosforia. Keräsienet tuottavat myös glomaliinia, joka sitoo maaperäpartikkeleita isommiksi muruiksi, ja parantaa näin maaperän rakennetta ja maaperän viljavuutta (Rillig 2004). Lisäksi keräsienet lisäävät kasvin vastustuskykyä erilaisia kasvitauteja ja ankeroisia vastaan (Vestberg ym. 2018). Symbioottinen suhde keräsienen ja kasvin välillä lisää myös kasvin ravinteiden- ja vedenottoa johtaen lisääntyneeseen kasvin kasvuun ja parempaan stressinsietokykyyn (Tiepo ym. 2024).

Keräsienet kuuluvat Glomeromycotina -alajaksoon ja niitä ovat esimerkiksi *Glomus*, *Rhizophagus*, *Claroideoglomus* ja *Gigaspora* -sukuihin kuuluvat lajit (Taulukko 1.2 **Liite 1**). Suomalaisessa peltomaassa keräsienten esiintyvyys on yleensä runsasta (Palojärvi 2018).

Keräsienten lisääminen maaperään voi olla lupaava keino parantaa vehnän ravintoarvoa lisäämällä sinkin ja raudan biologista hyötykäyttöä. Nguyen ym. (2024) selvittivät keräsienen (*Rhizophagus irregularis*) mahdollisuuksia parantaa sinkin ja raudan saatavuutta vehnänjyvässä astiakokeessa. Keräsienen käyttö lisäsi sinkin kertymistä jyvään ja erityisesti aleuronikerrokseen eli jyvän jauhoytimen uloimpaan kerrokseen, mutta ei vaikuttanut merkittävästi raudan pitoisuuteen. Keräsienen lisääminen ei myöskään lisännyt fytiinihapon määrää, jonka on todettu vähentävän hivenaineiden imeytymistä. Kontrollina käytetty fosforilannoitus lisäsi fytiinihapon määrää viljassa.

On hyvä huomata, että symbioottinen vuorovaikutus perustuu ”vaihtokauppaan” eli siihen, että kasvi tarjoaa yhteyttämistuotteitaan symbioottiselle mikrobille. Vuorovaikutus on kasville kaikkein edullisin niukkaravinteisessa ympäristössä. Jos ravinteita on helpommin saatavilla epäorgaanisessa muodossa mineraalilannoituksen kautta, vähenee symbioottisen vuorovaikutuksen hyöty ja muuttuu jossain vaiheessa kasvin kannalta haitalliseksi (loisiminen).

Yang ym. (2023) tutkivat erityisesti lämpimässä ilmastossa tomaatin ja perunan tummaren-gasmätää aiheuttavan *Ralstonia solanacearum* -bakteeria infektoivan faagin käyttöä biokontrollina tomaattipeltomaassa. Tutkimus osoitti, että terveiden kasvien maaperässä oli enemmän bakteriofageja ja erityisesti kasvitaudinaiheuttajia infektoivia faageja. Sairastuneiden kasvien maaperästä löydettiin enemmän sekundaarisia, kasvitaudinaiheuttajia inhiboivien bakteerien faageja. Ritsosfäärissä esiintyvät faagiyhteisöt ovat todennäköisesti merkittäviä vaikakakin vielä heikosti tunnettuja tekijöitä, jotka vaikuttavat bakteerien aiheuttamiin kasvitauteihin ja maaperän tautisuppressiivisuuteen maanviljelyssä.



Kuva 2. Kasvien kasvua edistävien mikrobien vaikutukset kasviin. Muokattu (Mustafa ym. 2019).

Osa maaperän mikrobeista voi auttaa kasvia torjumaan taudinaiheuttajia monin tavoin, joko suorasta tai epäsuorasti (Berendsen ym. 2012). Jotta nämä kasvinterveyden kannalta hyvät mikrobit toimisivat tehokkaasti, niitä pitää olla maaperässä riittävästi ja oikeassa seurassa muiden mikrobien kanssa. Kaikki mikrobit eivät kuitenkaan vaikuta kasviin suoraan – osa vain elää maassa eikä aiheuta kasville hyötyä tai haittaa. Nämä neutraalit mikrobit voivat kuitenkin kilpailla samoista resursseista sellaisten mikrobien kanssa, jotka suojaavat kasvia taudeilta (biopestisidit). Joskus kaksi eri bakteerikantaa, jotka yksin eivät auta kasvia, voivat yhdessä muodostaa tehokkaan yhdistelmän taudinaiheuttajia vastaan. Yhteistyö on siis tärkeää myös mikrobien kesken.

5. Viljelytoimenpiteet maaperän taudintukahduttamiskyvyn ja kasvien stressinsietokyvyn vahvistamiseksi

5.1. Viljelyjärjestelmät

Maatalouden suuri haaste on ylläpitää tuottavuutta vaarantamatta muita tärkeitä ekosysteemipalveluita (Williams ym. 2020). Maatalouden tehostaminen voi heikentää mikrobiyhteisöjen verkostojen toimivuutta ja keskeisten mikrobilajien määrää viljelymaassa, mikä johtaa siihen, että intensiivisesti viljeltyt maat kestävät huonosti ympäristön stressitekijöitä (Trivedi ym. 2020). Maaperän biodiversiteettiä ja kasvinterveyttä voidaan parantaa hyödyntämällä monia jo hyvin tunnettuja viljelytekniisiä menetelmiä. Viljelykierto, muokkaus ja maan vesitalouden hallinta vaikuttavat maamikrobiomin olosuhteisiin, mikrobien käytettävissä oleviin ravintolähteisiin sekä mikrobien keskinäisiin vuorovaikutussuhteisiin. Maan ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa myös erilaisin käsittelyin, joilla voidaan lisätä maan orgaanisen aineksen pitoisuutta ja hiilivaroja, parantaa maan rakennetta tai monipuolistaa maan mikrobiomia. Käsittelyillä voidaan tukea myös kasvien ravinteidenottoa tai stressinsietokykyä, parantaa kasvitautien kestävyttä tai torjua taudinaiheuttajia.

Yli 5 000 tutkimusartikkelin tuloksia hyödyntäneessä meta-analyysissä havaittiin, että erilaisilla viljelyä monimuotoistavilla menetelmillä saavutetaan usein positiivinen vaikutus sekä maaperän että yleisen viljely-ympäristön biodiversiteettiin ja ekosysteemipalveluihin ja saadaan usein myös parempia satoja (Tamburini ym. 2020). Suurimmat hyödyt toteutuivat erilaisilla orgaanisilla maanparannuskäsittelyillä ja kasvilajien monipuolistamisella. Verrattuna muihin viljelyä monipuolistaviin menetelmiin, kevennetty muokkaus usein vähensi satoja tai sen vaikutus oli neutraali, vaikka vaikutukset esimerkiksi maaperään olivat useimmiten positiivisia (Tamburini ym. 2020).

Esimerkki lupaavasta lähestymistavasta kestäväen maatalousruokajärjestelmän saavuttamiseksi on **luomuviljely**, jossa synteettiset lannoitteet ja torjunta-aineet ovat kiellettyjä, viljelykiertojen käyttöä edistetään ja keskitytään maaperän viljavuuteen ja suljettuihin ravinnekiertoihin (esim. Muller ym. 2017). Uudempi käsite on **regeneratiivinen eli uudistava viljely** (Lal 2020), joka yhdistää laajan kirjon maaperän terveyden ennallistamiseen ja kestäväen hoitoon tähtääviä käytäntöjä ja soveltaa **CA-viljelyn** (Conservation Agriculture) ideoita. CA-viljely kattaa erilaisia viljelyjärjestelmiä, joissa käytetään vaihtoehtoisia hoitokäytäntöjä, joiden tavoitteena on ylläpitää tai parantaa maataloustuotannon kestävyttä. CA-viljely perustuu kolmeen pilariin: vähennetty maanmuokkaus, pysyvä kasvipeitteisyys aluskasveilla ja monipuoliset viljelykiertojärjestelmät (Chenu ym. 2019).

Yhteistä kaikille kestäväen maatalouden käytännöille on tavoite huolehtia maaperän laadusta ja terveydestä sekä parantaa niitä. Tämän edellytyksenä on hyödyntää kasvin kasvua edistävien mikro-organismien toimintaa.

Taulukko 2. Viljelymenetelmiä kasvitautien hallintaan.

Viljelymenetelmä	Kuvaus ja menetelmän hyödyt
Viljelykierto	Kasvilajia vaihdellaan viljelylohkolla vuosittain. Viljelykierron avulla voidaan vähentää kasvitauti- ja tuholaispainetta sekä parantaa maan rakennetta. Tilan viljelykierrossa voi olla viljoja, palkokasveja, öljykasveja, nurmia tai muita erikoiskasveja.
Kestävien lajikkeiden käyttö	Viljellään kasvilajikkeita, joilla on geneettinen kestävyys kasvitaukeille. Lajikkeiden hyvällä taudinkestävyydellä vähennetään tautipainetta ja kemiallisen kasvitautitorjunnan tarvetta.
Maanmuokkaus	Eri muokkausmenetelmien (kevytmuokkaus, suorakylvö, kyntö ym.) käyttäminen tarpeen mukaan. Muokkauksella voi parantaa maan rakennetta ja vaikuttaa maalevintäisiin kasvitaukeihin ja rikkakasvien kasvuun.
Biologinen kasvinsuojelu	Käytetään biologiseen kasvinsuojeluun hyväksytyjä valmisteita, kuten mikrobipohjaisia tuotteita. Tällä voidaan torjua kasvintuhoojia luonnonmukaisesti. Biologisten valmisteiden teho on usein olosuhderiippuvaista eikä ole välttämättä aina kemiallisten valmisteiden tasolla.
Maanpeitekasvien käyttäminen	Viherlannoitus- ja kerääjäkasvien käyttäminen. Maanpeitekasvit kasvavat satokasvin kanssa tai sen jälkeen. Maanpeitekasvin käytöllä voidaan vaikuttaa maaperän mikrobiston monipuolisuuteen ja vähentää rikkakasvipainetta.
Hyvä viljelyhygienia	Terve kylvösiemen ja muu lisäysaineisto sekä koneiden puhtaus. Käyttämällä tervettä lisäysaineistoa estetään tautien leviäminen pellolle. Puhdistamalla koneet huolellisesti voidaan estää tautien tai rikkakasvien leviäminen pellolta toiselle.
Ravinteiden käytön optimointi	Viljelyssä käytetään kasville optimaalinen määrä ravinteita huomioiden pää-, sivu- ja hivenravinteet. Hyvinvoiva satokasvi ei kärsi stressistä eikä ole niin altis taudinaiheuttajille. Optimaalisella ravinteiden käytöllä voi olla suora vaikutus myös kasvintuhoojien esiintymiseen.
Tarkkailu ja ennakointi	Kasvustosta seurataan säännöllisesti eri kasvintuhoojien esiintymistä ja seurataan myös kasvitautien ennustemalleja. Näin voidaan tehdä kasvinsuojelutoimet oikea-aikaisesti ja tarpeen mukaisesti. Tämä vaatii tautien tunnistamisen osaamista.

5.2. Maanmuokkaus

Muutokset kasvijätteessä ja maaperän hiilen sijoittumisessa, sekoittumisintensiteetissä sekä maaperän kosteudessa ja lämpötilassa vaikuttavat mikrobiyhteisön ja koko eliöstön jakautumiseen ja elinoloihin maaperässä. Perinteinen kyntö, jota usein kutsutaan tavanomaiseksi maanmuokkaukseksi, sekoittaa kasvijätteet 15–30 cm:n pintakerrokseen. Kevennetyt maanmuokkausmenetelmät, kuten kultivointi (10–15 cm:n sekoitus esim. äestämällä) tai suora-kylvö, kerryttävät orgaanista ainesta maan pintakerrokseen (Ogle ym. 2019, Singh ym. 2015). Suorakylvössä maaperän mekaaninen häiriö minimoidaan ja sato kylvetään ilman esimuok-kausta, jolloin 30–100 % maanpinnasta peittyy kasvijätteillä (Soane ym. 2012).

Kevennetty maanmuokkaus, eli maaperän häiriöitä vähentävät käytännöt, ovat laajalti käytössä eroosion ja ravinteiden huuhtoutumisen hillitsemiseksi, kustannusten (fossiilisten

polttoaineiden kulutus, työtunnit) vähentämiseksi sekä maaperän laadun parantamiseksi ja veden säästämiseksi (Soane ym. 2012). Vähäisen maanmuokkauksen käyttöönotto luo asteittaisia muutoksia maaperän fysikaalisiin ominaisuuksiin, jotka ovat olennaisia maaperän ekologisten prosessien kannalta (Pires ym. 2017). Kevennetty muokkaus voi parantaa maaperän vedenpidätyskykyä pintamaan orgaanisen aineksen ansiosta (Palm ym. 2014). Toisaalta kasvijätteillä peittynyt kyntämätön maa voi kuivua ja lämmetä keväällä hitaammin kuin kynnety maa (Blanco-Canqui & Ruis 2018).

Usein väitetään, että kevennetty maanmuokkaus parantaisi maaperän hiilensidontaa ja muuttaisi peltomaan hiilinieluksi. Tulokset ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia (Ogle ym. 2019). Huolimatta hiilen kertymisestä pintamaahan muokkaamisen puuttumisen vuoksi, koko maaperäprofiilin orgaanisen aineksen kokonaisvarasto ei välttämättä parane (Ogle ym. 2019, Palm ym. 2014). Vähennetyn maanmuokkauksen vaikutukset maaperän laatuun ja toimintoihin näyttävät myös vaihtelevan ilmastoalueen, maaperän taksonomian ja keston mukaan. Kevennetty maanmuokkaus hyödyttää viljelykasvien tuotantoa eniten kuivilla ja puolikuivilla alueilla alemmilla leveysasteilla maaperän suuremman vesivaraston vuoksi (Francaviglia ym. 2020), mutta tuloksissa on edelleen jonkin verran epä johdonmukaisuutta.

Muokkaamattoman maan positiivisia vaikutuksia maaperän terveysindikaattoreihin havaitaan usein. (Sharma-Poudyal ym. 2017) totesivat, että maanmuokkauksikäytännöillä on oleellinen vaikutus maaperän sieniyhteisöihin maatalousjärjestelmissä. (Hydbom ym. 2017) osoittavat selkeää saprotrofisten ja keräsienten stimulaatiota vähennetyn maanmuokkauksen vuoksi. Keräsienet ovat erityisen alttiita maanmuokkauksen aiheuttamalle fyysiselle häiriölle ja stressille (Helgason ym. 2010). Suomessa keräsienilajeista *Claroideoglossum claroideum*, *Glomus hoi* ja *Funneliformis mosseae* kestävät parhaiten peltoviljelyssä maanmuokkauksen tuomaa rästystä (Hyytiäinen 2020). Nämä ja lukuisat muut tutkimukset ovat osoittaneet muutoksia keräsienten yhteisöissä, joissa niiden monimuotoisuus ja runsaus ovat lisääntyneet suorakylvö- tai kevennetyssä maanmuokkausjärjestelmässä.

Maaperän ja kasvijätteiden kautta leviävien kasvitautinaiheuttajien on raportoitu hyötyvän maan pinnalla olevista satojätteistä (Hofgaard ym. 2016). Toisaalta kevennetyn maanmuokkauksen, viljelykasvilajien valinnan, monipuolisten viljelykiertojen ja maaperän orgaanisen aineksen lisäämiseen tähtäävien käytäntöjen on osoitettu lisäävän maaperän mikrobiomassan määrää. Aina kun maatalouden hoitokäytännöt muuttavat maaperän mikrobitoimintaa ja biomassaa, ne voivat myös vaikuttaa maaperän patogeenien hillitsemiskykyyn (Janvier ym. 2007). Taustalla olevia mekanismeja ja tautien torjunnan ja agroteknologisten käytäntöjen välistä suhdetta ei vielä kukaan täysin ymmärretä, ja lisätietoa tarvitaan.

5.3. Kasvilähtöiset ratkaisut

Monipuolinen viljelykierto ennaltaehkäisee monien kasvintuhoojien esiintymistä pellossa. Viljelykierto on tehokas keino maa- ja kasvijätelevintäisten kasvitautien torjunnassa. Suomessa tehdyssä pitkäaikaisessa viljelykiertokokeessa havaittiin, että neljän vuoden viljelykierto lisäsi kevätvehnän satoa merkittävästi monokulttuuriin verrattuna (Jalli ym. 2021). Suorakylvössä viljelykierto tuotti 30 % sadonlisää, tavanomaisessa muokkauksessa lisäys oli 13 %. Viljelykierrolla voidaan vähentää myös tuhohyönteisten esiintymistä, kun sopivaa isäntäkasvia ei viljellä vuosittain samalla alueella.

Kasvilajin ja lajikkeen valinnalla on merkitystä viljelykierrossa. Viljelykierrossa on hyvä olla kasveja eri heimoista, eli heinämäisiä, ristikukkaisia ja hernekasveja. Syväjuuristen kasvien (rapsi, härkäpapu, hamppu) käyttö viljelykierrossa parantaa maan rakennetta ja auttaa siten seuraavan kasvin juurten kasvua. Osa kasvitautinaiheuttajista säilyy maassa vain muutamia vuosia, kun taas esimerkiksi möhöjuurta aiheuttava *Plasmodiophora brassicae* voi säilyä yli kymmenen vuotta, joten maaperän tautipaineen katkaisemiseksi on viljeltävä välillä kasveja, joilla ei esiinny samoja taudinaiheuttajia.

Lajikeseosten on todettu vähentävän kasvitautipainetta verrattuna vain yhden lajikkeen viljelyyn. Jo kahden eri taudinkestävyysomaan lajikkeen seos voi vähentää taudinaiheuttajan tautipainetta (Mikaberidze ym. 2015). **Kasvilajikkeilla** on jalostuksen seurauksena erilainen kestävyys kasvitauteja vastaan ja lajike voi olla kestävä yhtä tai useampaa kasvitautia vastaan. Esimerkiksi ohralla on kestäviä lajikkeita härmää vastaan ja tällöin härmän kasvitautitorjunta ei ole tarpeen. Toisaalta lajike saattaa tarvita kasvinsuojelua muita kasvitauteja vastaan. Lajike voi olla myös osittain kestävä (kenttäkestävä), jolloin kasvitauti etenee kasvustossa hitaasti eikä aiheuta samanlaista satotappiota kuin alttiin lajikkeen viljely.

Sekaviljelyn (intercropping) on havaittu vähentävän kasvitautien esiintymistä monokulttuuriin verrattuna (C. Zhang ym. 2019). Sekakasvustossa ei-isäntäkasvit muodostavat esteen itiöiden tai vektorien leviämiseksi alttiista kasvista toiseen tai ne voivat vaikuttaa suoraan taudinaiheuttajaan. Lisäksi erityyppisten kasvien viljely rinnakkain muokkaa kasvuston mikroilmastoa sekä vaikuttaa kasvien fysiologiaan ja kestävyysominaisuuksiin (Boudreau 2013).

Kerääjäkasvilla tarkoitetaan kasvia, joka sitoo varsinaiselta viljelykasviltä jääneitä ravinteita ja lisää myös maan kasvipeitteisyyttä. **Alus- ja kerääjäkasvien** kasvipeitteisyys kilpailee rikkakasvien kanssa, parantaa maan rakennetta ja multavuutta ja vaikuttaa sekä taudinaiheuttajien että muun mikrobiston olosuhteisiin. Suomessa toteutetuissa kerääjäkasvikokeissa ei ole mitattu vaikutusta kasvitautien esiintymiseen, mutta kerääjäkasveilla on havaittu suotuisia vaikutuksia typpitalouteen, rikkakasvien määrään ja tuholaisten luontaisten vihollisten määriin (Järvinen ym. 2023, Känkänen ym. 2020). Alus- ja kerääjäkasvien valinnassa pitää kiinnittää huomiota siihen, etteivät kasvit toimi väli-isäntinä viljelykierrossa maalevintäisille taudinaiheuttajille. Kerääjäkasvi kilpailee satokasvin kanssa ravinteista, mutta satovaikutus riippuu viljelykasvista. Ohralla satovaikutus on vähäinen tiiviinkin aluskasvin (italianraiheinä) kanssa, mutta esimerkiksi öljykasveilla sato alenee 4–11 % kerääjäkasvilajista riippuen (Känkänen ym. 2020).

Biofumigaatiolla eli glukosinolaatteja tuottavien ristikukkaisten kasvien muokkaamisella maahan voidaan hallita erityisesti maalevintäisiä nematodeja, mutta myös taudinaiheuttajia, tuhohyönteisiä ja rikkakasveja (Morris ym. 2020).

5.4. Maanparannusaineet ja lannoitevalmisteet

Pitkäaikaisissa kenttäkokeissa on havaittu, että metsäperäisten **maanparannusaineiden** lisääminen peltoon kasvattaa maan sienten biomassaa ja monimuotoisuutta (Rasa ym. 2021). Bio-porkkana-hankkeessa (2020–2023) kerättiin maaperä- ja satonäytteitä yhteensä 26 porkkanapellolta ja todettiin porkkanan varastotautien määrän olevan pienempi pelloilla, joissa oli suuri sienien monimuotoisuus (Suojala-Ahlfors ym. 2023).

Biostimulantit ovat lannoitevalmisteita, jotka kiihdyttävät kasvin ravinteidenottoa riippumatta tuotteen ravinnesisällöstä ja joiden tarkoituksena on parantaa yhtä tai useampaa seuraavista kasvin tai kasvin ritsosfääriin ominaisuuksista:

- ravinteiden hyväksikäytön tehokkuus
- abioottisen stressin kestävyys
- laatuominaisuudet
- maaperään tai ritsosfääriin sitoutuneiden ravinteiden saatavuus

Biostimulantit eivät ole biopestisidejä tai muita kasvinsuojeluaineita, kalkitusaineita, maanparannusaineita, kasvualustoja tai inhibiittoreita (estoaineita). Biostimulanttivalmisteet voivat olla joko mikrobipohjaisia tai ei-mikrobipohjaisia kasvibiostimulantteja (**Taulukko 3**). Markkinoilla olevat biostimulantit ovat usein erilaisten yhdisteiden seoksia. Mikrobipohjaisista biostimulanteista kerrotaan enemmän kappaleessa 6.

Taulukko 3. Biostimulanttien luokat.

Mikrobipohjaiset biostimulantit
Hyödylliset bakteerit ja edistävät juurten kehitystä ja ovat tärkeitä taimien kehitykselle ja varhaiselle kasvulle. Jotkut lisäävät myös kasvin ravinteiden (N, P) saatavuutta.
Ei-mikrobipohjaiset biostimulantit
Humus- ja fulvohapot: Humushapot edistävät ravinteiden ottoa juuriston tehostuneen kasvun ja metallien kelaamisen kautta. Fulvohapot ovat pienempiä molekyylejä, jotka kuljettavat ravinteita kasvien solukalvon läpi.
Proteiinihydrolysaatit ja muut typpeä sisältävät yhdisteet: tehostavat fotosynteesiä ja klorofyllin muodostumista, estävät abioottista stressiä ja tehostavat kasvin ilmarakojen toimintaa sekä siitepölyn muodostumista.
Merileväuutteet ja muut kasviuutteet: lisäävät usein lehtien väriä stimuloimalla klorofyllin biosynteesiä tai vähentämällä sen hajoamista sekä parantamalla fotosynteesin pigmenttien pitoisuutta. Mahdollisesti lisäävät myös vegetatiivista kasvua, kokonaissokereita, fenoleja, askorbiinihappoa ja fotosynteesin tehokkuutta. Voivat lieventää abioottista stressiä, kuten kuivuuden ja maaperän suolaantumisen haittoja ja altistumista epäoptimaalisille kasvilämpötiloille.
Kitosaani, alginaatti ja muut biopolymeerit
Epäorgaaniset yhdisteet: Piijohdisteet, ortopiihappo

5.5. Kasvinsuojeluaineiden vaihtoehdot

EU:n Pellolta pöytään -strategian yhtenä tavoitteena on puolittaa kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käyttö ja siihen liittyvät riskit. Myös luomualaa on tarkoitus nostaa 25 prosenttiin. Näihin tavoitteisiin pääsemiseen tarvitaan keinoja korvata kemiallista kasvinsuojelua uusilla luontopohjaisilla ratkaisuilla. Suomessa kasvinsuojeluaineiden käyttö pellolla on noin 0,6 kg/ha ja se on EU-alueella selvästi alle keskitason. Kemiallista kasvinsuojelua voidaan korvata ja osittain jo korvataan biologisilla ja biopohjaisilla kasvinsuojeluaineilla (biopestisideillä).

Suomessa on hyväksytty muutamia biopohjaisia kasvinsuojeluaineita eli biopestisidejä pelto-kasvien ruiskutus- ja peittauskäsittelyyn (Liite 3). Näistä esimerkiksi Cedomon ja Cerall ovat bakteeripohjaisia valmisteita, joita voidaan käyttää viljojen siemenlevintäisten tautien torjuntaan. Biologisten valmisteiden teho on herkempi ympäristön olosuhteille ja niiden teho taudinaiheuttajiin vaihtelee siksi kemiallisia valmisteita enemmän. Biologisilla valmisteilla voi olla suora torjuntavaikutus tiettyyn kasvintuhoojaan tai ne tehostavat kasvin omaa puolustusjärjestelmää. Biologisten valmisteiden satovaste saattaa olla myös olosuhteista riippuen pienempi. Biologisilla valmisteilla on kuitenkin pienempi ympäristövaikutus muille eliöille.

Tietyt mikro-organismit voivat olla herkkiä kasvinsuojeluaineiden käytölle ja etenkin fungisideilla on havaittu negatiivisia vaikutuksia maaperän mikro-organismien lajistoon (Zhang ym. 2024).

Taudinaiheuttajat saattavat kehittyä kestäviksi kemiallisille kasvinsuojeluaineille ja tämän ehkäisemiseen on kiinnitetty paljon huomiota. Biologisilla valmisteilla voidaan pienentää tätä riskiä. Kemiallisia kasvinsuojeluaineita kielletään kuitenkin nopeammin markkinoilta, kuin uusia biologisia saadaan tilalle, joten uusia biologisia kasvinsuojeluaineita ei aina ole heti niitä korvaamaan. Mikrobipohjaisista kasvinsuojeluaineista eli biopestisideistä kerrotaan tarkemmin seuraavassa kappaleessa 6.

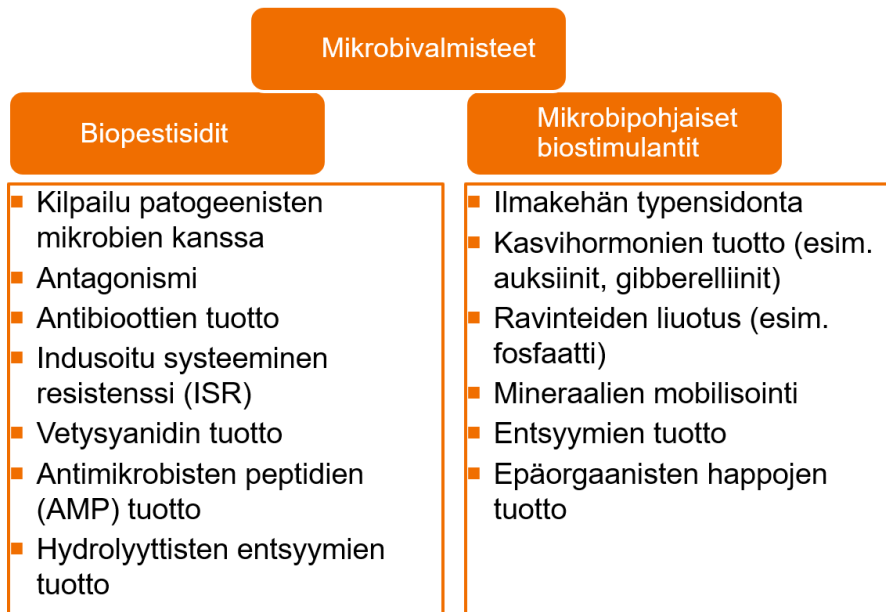
6. Mikrobisiirteet ja -valmisteet

Mikrobien siirrostamisella tarkoitetaan kasveille hyödyllisten mikrobien – kuten yksittäisten bakteerien, sienten tai mikrobiyhteisöjen – lisäämistä maaperään tai kasvien läheisyyteen.

Mikrobisiirteellä puolestaan tarkoitetaan siirrostettavaa yksittäistä mikrobikantaa tai suunniteltua mikrobiyhteisöä, joka sisältää useita bakteereja ja/tai sieniä, jotka toimivat yhdessä kasvinterveyden edistämiseksi (Li ym. 2021). Mikrobisiirteet ovat nousseet keskeiseksi tutkimuskohteeksi ja sovellusalaaksi kestävässä maataloudessa, jossa pyritään vähentämään synteettisten lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttöä sekä vahvistamaan kasvien stressinsietokykyä ja satoa luonnonmukaisin keinoin. Mikrobisiirteitä sisältävien valmisteiden tavoitteena on edistää kasvien kasvua, parantaa ravinteiden saatavuutta, ehkäistä kasvitauteja sekä lisätä kasvien kykyä selviytyä abioottisista ja bioottisista stressitekijöistä. **Kaupalliset mikrobivalmisteet** voivat toimia joko **biopestisideinä** tai **mikrobipohjaisina biostimulantteina** (Kuva 3). Ei-mikrobipohjaisista biostimulanteista on kerrottu enemmän kappaleessa 5.5.

Mikrobiyhteisön käyttö mikrobisiirteissä yhden mikrobikannan sijaan on todettu tehokkaammaksi, sillä yhteissiirrostus mahdollistaa erilaisten potentiaalisten vaikutusmekanismien yhdistämisen sekä mikrobien välisen vuorovaikutuksen hyödyntämisen. Lisäksi mikrobiyhteisöjen oletetut edut ovat mm. mikrobien parempi kasvien asuttaminen, useamman kasvitaudinaiheuttajan kasvun esto ja korkeampi toistettavuus hyödyllisten ominaisuuksien ilmentymisessä muuttuvissa olosuhteissa. Suunniteltujen mikrobiyhteisöjen valinta vaatii kasvin ja mikrobien välisten vuorovaikutusten laaja-alaista tuntemusta, sillä mikrobilajit valitaan niiden toimintojen ja soveltuvuuden perusteella. Usein parhaiden mikrobiyhteisöjen valinta vaatii lajien teho-seulontaa sekä laskennallista mallinnusta. Lisäksi valinta vaatii kokeellista testaamista halutun kasvin kanssa, jotta saadaan selville, toimiiko mikrobiyhteisö tehokkaasti maaperässä ja kasvuympäristössä.

Viime vuosina ymmärrys kasvin ja mikrobien välisistä vuorovaikutuksista sekä mikrobiyhteisöjen monimutkaisista toiminnoista on syventynyt merkittävästi uusien sekvensointitekniikoiden myötä. Tässä kappaleessa esitellään mikrobisiirteiden periaatteet, kehittäminen ja mahdollisuudet niiden hyödyntämisessä maataloudessa.



Kuva 3. Mikrobivalmisteiden eli biopestisidien ja mikrobipohjaisten biostimulanttien hyödyt kasville. Muokattu (Kumar ym. 2022)

6.1. Mikrobien valinta mikrobisiirteisiin

Käytännössä suurin osa raportoiduista mikrobisiirteistä on yksittäisiä mikrobeja tai yhdistelmiä mikrobikannoista, jotka on itsenäisesti eristetty erilaisista ympäristöistä ja valittu mikrobisiirteeseen tiettyjen kasvin kasvua ja terveyttä edistävien ominaisuuksien perusteella, joko *in vitro* tai *in planta* (Czajkowski ym. 2020). Luonnonympäristössä tapahtuvien vuorovaikutusmekanismien monimuotoisuus – esimerkiksi mikrobien keskinäiset suhteet, kasvien ja mikrobien vuorovaikutukset sekä abioottisten tekijöiden vaikutus jää tällaisissa seulonnoissa puutteelliseksi. Eri ympäristöistä ja kasveista eristetyistä mikrobikannoista kootuilla suunnitelluilla mikrobisyhteisöillä kantojen yhteensopivuus sekä niiden yhteinen vaikutus kasviin ovat keskeisiä tekijöitä, jotka pitää tutkia ja huomioida.

Toinen tapa muodostaa mikrobisyhteisöön perustuvia mikrobisiirteitä on samassa ympäristössä, kuten maaperässä, jo olemassa olevien mikrobisyhteisöjen eristäminen ja testaaminen halutun tuloksen saavuttamiseksi ja sen jälkeen sopeutumisen avulla tehokkaampien yhteisöjen luominen tiettyihin ympäristöolosuhteisiin (Swenson ym. 2000). Tätä menetelmää käytettiin esimerkiksi tutkimuksessa, jossa maissin juurista eristetyistä mikrobisyhteisöstä isäntäkasvin valinnan kautta muodostettiin yksinkertainen seitsemästä kannasta koostettu mikrobisiirre, joka esti haitallisen *Fusarium verticillioides* -lajin kasvua maississa (Niu ym. 2017).

Valitut mikrobisiirteet voidaan levittää kasviympäristöön monella eri tavalla, kuten esimerkiksi peittaamalla siemenet mikrobiseoksella tai levittämällä ne suoraan maaperään (Kaur ym. 2022). Haasteena mikrobisiirteissä on niiden tehokas, suuremman mittakaavan tuottaminen sekä niiden toimintakyky ja sen säilyminen erilaisissa ympäristöissä sekä kilpailu maaperässä luonnostaan esiintyvien kantojen kanssa (Marín ym. 2021).

Suurin osa kaupallisissa mikrobivalmisteissa käytetyistä mikrobilajeista on mesofiilejä eli ne eivät kasva hyvin kylmissä olosuhteissa. Kylmiin olosuhteisiin sopeutuneet mikrobit (psykrofiilit tai psykrotolerantit) voisivat olla ratkaisu uusien biopestisidien ja biostimulanttien

kehitykseen myös kylmemmässä ilmastossa kuten Pohjoismaissa (Torracchi ym. 2020). Esimerkiksi *Pseudomonas* -suvun lajit ovat tunnetuimpia kasvitaudinaiheuttajia inhihoivia lajeja, jotka ovat sopeutuneet kylmiin olosuhteisiin. Muita kylmään sopeutuneita mikrobilajeja ovat esimerkiksi hiivalajit *Leucosporidium scotti* sekä *Candida sake*, joiden on todettu estävän kasvitaudinaiheuttajien kasvua kylmissä olosuhteissa (Arrarte ym. 2017, Vero ym. 2013).

Kaupallisia mikrobiyhteisöihin perustuvia mikrobipohjaisia biopestisidejä ja biostimulantteja on vain vähän markkinoilla. Mikrobipohjaisia biopestisidejä löytyy Suomen markkinoilta noin 20 Tukesin hyväksymää valmistetta, joista jokaisessa on vain yksi mikrobilaji tehoaineena ([Tu-kes kasvinsuojeluinerekisteri](#)). Mikrobipohjaiset ja ei-mikrobipohjaiset luomutuotantoon soveltuvat Suomessa hyväksytyt biostimulanttivalmisteet on listattu Ruokaviraston luomulan- noiteluettelossa ([Ruokaviraston luomulan- noiteluettelo](#)).

Suomen markkinoilta raportin kirjoitushetkellä (2026) löytyvät mikrobipohjaiset biostimu- lantti- ja biopestisidivalmisteet, niiden sisältämät mikrobit sekä käyttökohteet on esitetty liit- teissä **Liite 2** ja **Liite 3**.

6.2. Menetelmät mikrobisiirteiden kartoitukseen ja niiden kehittämiseksi

6.2.1. Uuden sukupolven sekvensointitekniikat kasvin mikrobiomin kartoituksessa

DNA-pohjaiset sekvensointitekniikat kuten metagenomiikka- ja multiomiikka-tekniikat mah- dollistavat syvällisemmän ymmärryksen kasvien ja maaperän mikrobiomeista ja niiden toimin- nasta, jotka hyödyttävät myös mikrobisiirteiden valintaa ja muokkausta (Fadiji & Babalola 2020). Sekvensointiaineiston perusteella voidaan tehdä vuorovaikutusanalyysiä (co-occurrence network), jonka avulla pystytään näkemään, mitkä mikrobit esiintyvät yhdessä erilaisissa ym- päristöissä ja olosuhteissa. Analyysien avulla voidaan kartoittaa maaperässä esiintyviä kas- veille haitallisia mikrobeja sekä niille mahdollisia biokontrollilajeja, jotka kilpailevat elintilasta haitallisten kasvitaudinaiheuttajien kanssa.

Nykyaikaiset -omiikka-tekniikat (genomiikka, transkriptomiikka, proteomiikka ja metabolo- miikka) voivat tarjota uusia näkökulmia kokonaisvaltaiseen lähestymistapaan mikrobiyhteisö- jen kehittämiseksi maatalouteen. Genomin sekvensointitekniikka mahdollistaa nopean pääsyn geneettiseen informaatioon, ja bioinformatiikan työkalujen yhdistäminen voi nopeuttaa esi- merkiksi uusien, mikrobien tuottamien kasveille hyödyllisten antimikrobisten yhdisteiden löy- tymistä (Czajkowski ym. 2020). Omiikka -lähestymistapa tuottaa laajasti tietoa mikrobien, geenien, proteiinien tai aineenvaihduntatuotteiden toiminnallisista ryhmistä, joita voidaan hyödyntää uusien biologisten torjunta-aineiden löytämisessä sekä uusien torjuntamekanis- mien kehittämisessä.

Koostettujen mikrobiyhteisöjen kehittämisessä voidaan myös hyödyntää metabolista mallin- nusta. Gonçalves ym. (2023) hyödynsivät tietyn kasvillisuusalueen mikrobiyhteisöstä sekven- soituihin 270 mikrobigenomiin perustuvia metabolisia malleja suunnitellakseen minimaalisia mikrobiyhteisöjä, joiden tavoitteena oli edistää viljelykasvien sadon tuottavuutta. Tulosten pe- rusteella luotiin 4,5 kertaa pienempi mikrobiyhteisö, joka säilytti tärkeät kasvien kasvua edis- tävät ominaisuudet, kuten raudan hankinnan, solunulkoisen polysakkaridituotannon, kaliumin

liukenemisen, typen kiinnittymisen, gamma-aminovoihappo (GABA)-tuotannon ja IAA:han liittyvän tryptofaaniaineenvaihdunnan.

Kvantitatiivisen PCR (qPCR) ja digitaalisen PCR (dPCR) menetelmien avulla voidaan maaperästä määrittää kasveille hyödyllisten mikrobien määrät sekä tiettyjen toiminnallisten geenien määrät, jos halutaan tutkia, löytyykö maaperän mikrobiyhteisöstä haluttuja ominaisuuksia, esimerkiksi maaperän ravinteiden kiertoon liittyen.

6.2.2. Uusien mikrobikantojen eristys

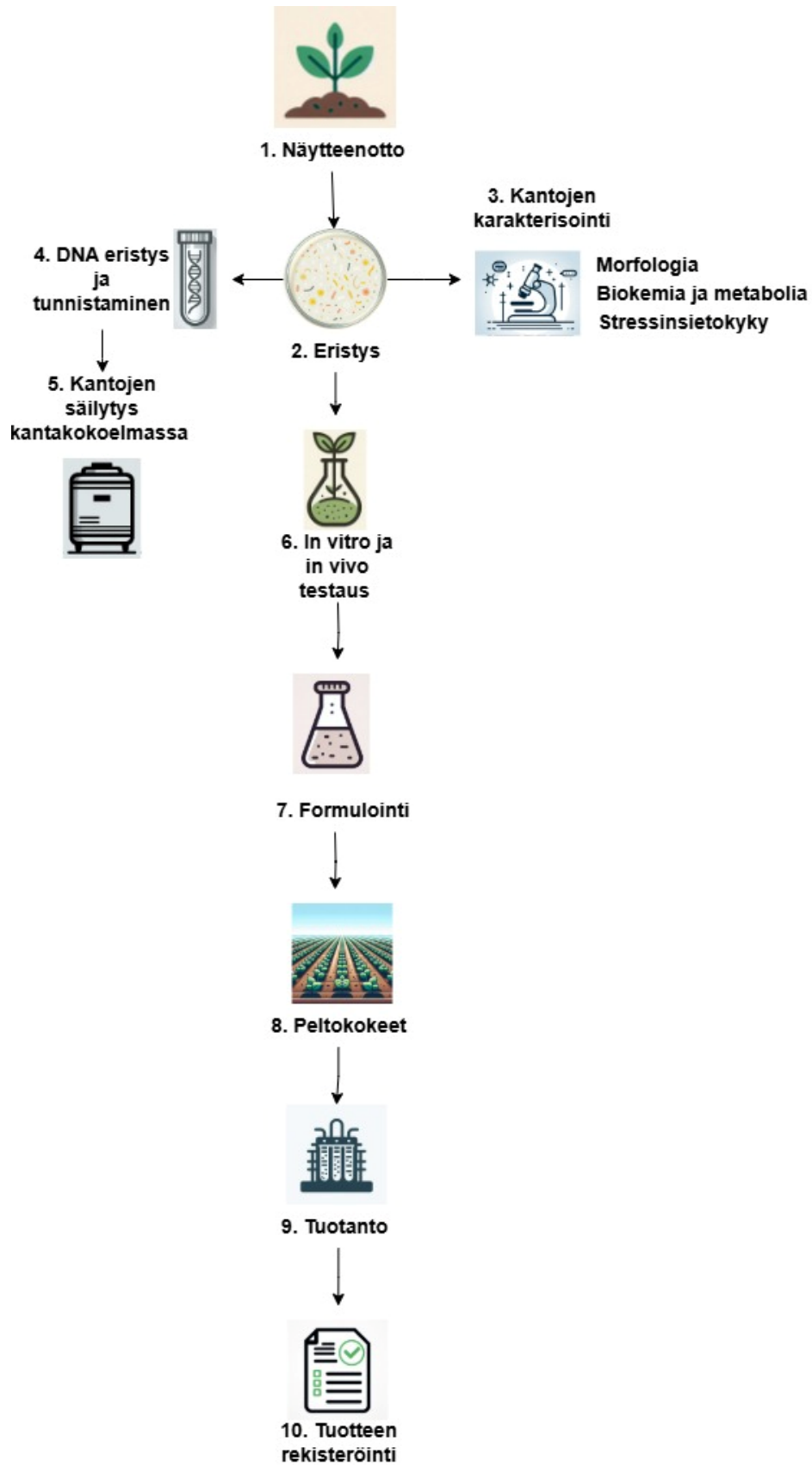
Uusia kantoja mikrobisiirteisiin voidaan eristää muun muassa maaperästä sekä kasvista, esimerkiksi kasvin sisällä elävistä endofyyttisistä mikrobeista. Comby ym. (2017) eristivät 86 mikrobia (bakteereja, sieniä ja hiivoja) vehnän solukoista. Lajien kykyä estää *Fusarium graminearum*- ja *F. culmorum* -sienten kasvua testattiin kahdella eri *in vitro* -testillä. *Phoma glomerata*, *Aureobasidium proteae* ja *Sarocladium kiliense* osoittautuivat tehokkaiksi *Fusarium*-sienten kasvun estämisessä osoittaen, että endofyyttiset mikrobit voivat olla lupaavia biopestisidejä kasvitautinaiheuttajien hallintaan.

Uusia biopestisidilajeja voi löytyä terveiden ja taudinkestävien kasvien lisäksi sairaiden kasvien mikrobiomista tai sairaista kasveista eristetyistä yksittäisistä lajeista (Ellis 2017). Esimerkiksi aitosyöpää, joka on laatuuhooja tietyillä hedelmä- ja marjakasveilla, vastaan on kehitetty kuolleesta kasvista eristetty biopestisidikanta.

Tutkimusten mukaan samasta maaperästä eristetyt alkuperäiset (native) mikrobit toimivat parhaiten mikrobisiirteinä, koska ne ovat jo sopeutuneet paikallisiin olosuhteisiin ja näin selviävät parhaiten maaperässä (Banerjee ym. 2017).

Mikrobipohjaisia biostimulantteja voidaan myös kehittää tiettyyn tarpeeseen tai tietynlaisiin ympäristöolosuhteisiin. Mousa ym. (2024) eristivät 75 bakteerikantaa neljästä aavikkokasvista Arabian niemimaalta. Bakteerikantojen biologiset ominaisuudet, kuten kasvien kasvua edistävät toiminnot, stressinsietokyky ja yhteensopivuus arvioitiin yksityiskohtaisesti. Suurimmalla osalla mikrobikannoista oli kasvin kasvua edistäviä ominaisuuksia kuten kasvihormoni IAA:n ja sideroforien tuottoa. Kannat sietivät myös hyvin stressiä: 60 % kannoista kesti kuumuutta, 57 % kuivuutta ja 40 % korkeaa suolapitoisuutta. Lisäksi 52 % kannoista osoitti antibakteerista ja 36 % antifungaalista aktiivisuutta. Näistä kannoista koostettiin mikrobiyhteisöjä, joita testattiin käyttämällä tarhapapua mallikasvina eri ympäristöstressien, kuten kuivuuden, kuumuuden ja korkean suolapitoisuuden, alaisena. Koostetut mikrobiyhteisöt lisäsivät kasvin stressinsietokykyä haastavissa ympäristöolosuhteissa.

Mikrobisiirteiden valmistus on monimutkainen prosessi, joka ulottuu mikrobikannan valinnasta sen käyttöön pellolla (Díaz-Rodríguez ym. 2024). Ennen kantojen valintaa uudet mahdolliset kasveille hyödylliset kannat eristetään puhdasviljelmiksi perinteisillä viljelymenetelmillä eli maanäyte tai muu materiaali viljellään valikoivalla kasvatusalustalla (**Kuva 4**). Tärkeimmät ominaisuudet mikrobisiirteiden valinnalle ovat: (1) Ne eivät saa olla haitallisia eläimille tai kasveille, (2) Niiden on kyettävä kasvamaan keinoitekoisessa kasvualustassa ja selviytymään kantaja-aineissa, (3) Niiden on kyettävä selviytymään ja kilpailemaan muiden mikrobien kanssa, (4) Niiden on asutettava ritsosfääri, juurien pinta ja/tai kasvikudoksia, (5) Niiden on oltava yhteensopivia viljelykäytäntöjen kanssa, ja (6) Niiden on oltava stressinkestäviä. Kantojen valinta vaatii paljon tieteellistä tutkimusta, kantojen ominaisuuksien selvittämistä sekä niiden toiminnan testausta laboratoriossa sekä pellolla.



Kuva 4. Mikrobisiirteiden valmistusprosessi.

6.2.3. Tulevaisuuden mahdollisuudet: Geneettisesti muokatut mikrobikannat

Mikrobisiirteiden hyötyjä maatalousmaassa saattaa rajoittaa esimerkiksi siirteiden heikko sopeutuminen ympäristöolosuhteisiin tai heikko haluttujen geenien ilmentyminen. Mikrobikantoja voidaan parantaa käyttämällä nykyaikaisia molekyylibiologian työkaluja, kuten geneettisiä tai genomien muokkaustekniikoita (Kumar ym. 2022). Mikrobikantoja voidaan muokata esimerkiksi CRISPR/Cas9 geenin muokkauksella, jolla voidaan tehdä geenin poistoja, lisäyksiä tai yliekspressiota haluttujen aineenvaihduntatuotteiden tuotannon parantamiseksi (Sarma ym. 2023). Geneettisesti muunnettu organismi (GMO) tarkoittaa eliötä, esimerkiksi kasvia tai mikrobia, jonka perimää on geeniteknisin menetelmin muunneltu. Suomen markkinoilla ei ole myynnissä vielä yhtään kasvitautien torjuntaan tarkoitettua mikrobituotetta, jossa olisi käytetty geenimuunneltuja organismeja.

Mikrobikantojen geneettisellä muokkauksella voidaan saada seuraavia hyötyjä:

- lisääntynyt kilpailukyky ympäristössä
- parantunut vuorovaikutus kohdekasvien kanssa
- lisääntynyt vastustuskyky haitallisia olosuhteita vastaan
- parantunut kyky tuottaa aineita, jotka edistävät kasvien kasvua ja terveyttä

Esimerkiksi *Azotobacter*-suvun mikrobi, joita esiintyy luonnostaan monilla viljelykasveilla, kuten viljoilla, palkokasveilla ja vihanneksilla, kykenevät sitomaan ilmakehän typpeä. Näitä mikrobeja on geneettisesti muokattu parantamaan niiden kykyä liuottaa fosfaattia, lisätä sidotun typen (typpi, joka on muunneltu kasville käyttökelpoiseen muotoon, kuten ammoniakiksi tai nitraatiksi) eritystä, vähentää ammoniakkin kulutusta, tehostaa ilmakehän typen sitomista sekä varmistaa jatkuva typen sidonta myös silloin, kun käytetään kemiallisesti valmistettuja typpilannoitteita (Kumar ym. 2022).

Perinteisempiä tekniikoita kuten mutaatiota, protoplastifuusiota, transduktiota, konjugaatiota ja transformaatiota käytetään myös mikrobikantojen parantamiseen (Ugbenyen & Ikhimalo 2021). Näillä menetelmillä voidaan estää mikrobien ei-toivottuja entsyymaattisia reaktioita ja yhdistää hyödyllisiä ominaisuuksia eri kannoista. Perinteisillä menetelmillä muokattuja kantoja ei lasketa GMO-kannoiksi.

Muuntogeenisten organismien käyttöä sääntelee Suomessa ensisijaisesti geenitekniikkalaki (377/1995) ja sen nojalla annetut kansalliset säädökset. GMO-kantojen käyttöä Suomessa valvoo Geenitekniikan lautakunta. GMO-kantojen suljetulle sekä avoimelle käytölle tulee anoa lupaa Geenitekniikan lautakunnalta. Suljetulla käytöllä tarkoitetaan GMO-kantojen kanssa työskentelyä laboratoriossa kuten yliopistojen tai muiden tutkimuslaitosten laboratorioissa tapahtuvasta biologian tai lääketieteen perustutkimuksesta. Avoimella käytöllä tarkoitetaan muuntogeenisten organismien tarkoituksellista levittämistä ympäristöön kuten esimerkiksi kenttäkokeet tai tuotteen saattaminen markkinoille. Eläviä muuntogeenisiä organismeja sisältävät tuotteet, joita ei ole tarkoitettu elintarvikkeeksi tai rehuksi, hyväksytään unionin markkinoille direktiivin 2001/18/EY (aiemmin direktiivin 90/220/ETY) mukaisella menettelyllä.

6.2.4. Mikrobisiirteiden päällystys ja suojaus

Monia eri tekniikoita voidaan hyödyntää mikrobisiirteiden elinkyvyn ja toiminnallisuuden säilyttämiseksi maaperässä. Kapseloinnin avulla mikrobi suljetaan suojaavaan matriisiin niiden elinkyvyn ja toiminnallisuuden parantamiseksi. Käytössä on useita tekniikoita kuten

sumutuskuivaus, fluidisoiva peti, ionigeelitys ja alginaattikapselointi (Schoebitz ym. 2013). Formuloinnissa valitaan sopivat kantajamateriaalit ja menetelmät mikrobisiirteiden elinkelpoisuuden ja stabiilisuuden säilyttämiseksi tuotannon, varastoinnin ja käytön aikana. Formuloinnissa kantajamateriaalina käytetään esim. biohiiltä, kitosaania, selluloosaa ja synteettisiä polymeerejä (Rojas-Padilla ym. 2024). Kapseloinnin ja kantaja-aineisiin formuloinnin hyötyjä ovat mikrobisiirteiden suojaaminen ympäristön stressitekijöiltä kuten auringonvalolta ja kuivuudelta, säilyvyysajan piteneminen, mikrobien asteittainen ja jatkuva vapautuminen maaperään (tehokkuuden parantaminen) sekä maatalouden kemikaaleilta suojaaminen.

6.3. Maasiirteet

Kantakokoelmissa säilytettävien yksittäisten, laboratoriossa kasvatettujen mikrobien toiminnasta ja fysiologiasta on paljon tutkimuksia, mutta ne eivät anna aina todellista kuvaa mikrobisyhteisöjen toiminnasta ja vuorovaikutuksista maaperäympäristössä (Howard ym. 2017). Tämän takia yksi maaperän mikrobisyhteisöjen siirrostusmenetelmä perustuu koko maa-aineksen ja sen sisältämien mikrobien siirtoon. Maa-aineksen siirrossa siirretään koko maaperän mikrobiomi ja pyritään näin lisäämään kasveille hyödyllisten mikrobien määrää sekä haluttuja mikrobitoimintoja maaperässä.

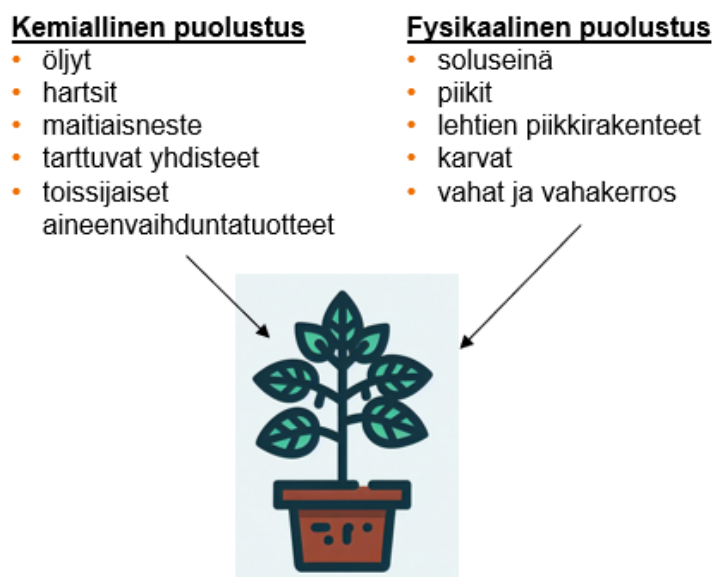
Maasiirteiden viemiseksi maaperään käytetään monia erilaisia menetelmiä kuten suoraa maa-aineksen siirtoa tai maa-aineksen pesumenetelmää, jossa mikrobit uutetaan maa-aineksesta steriiliin uuttoliuokseen, josta maa-aines suodatetaan pois. Suorassa maansiirrossa siirtyvät mukana myös kaikki maaperän ravinteet sekä mahdolliset haitta-aineet. Maa-aineksen pesumenetelmän avulla pyritään rajoittamaan maaperästä peräisin olevien ravinteiden siirtymistä (Wagner ym. 2014) tai tutkimaan vain keräsienten vaikutuksia kasveihin (Glassman & Casper 2012, Van Der Heijden ym. 1998). Toisaalta ei tiedetä miten paljon maa-aineksen pesumenetelmä muuttaa mikrobiomin rakennetta, sillä menetelmä suosii todennäköisesti niitä mikrobeja, jotka eivät ole tiukasti kiinnittyneet maapartikkeleihin (Howard ym. 2017). Howard ym. (2017) vertasi suoraa maansiirtoa (5 %, 1 % ja 0,1 % tilavuudesta) ja yhtä yleisesti käytettyä maa-aineksen pesumenetelmää keskenään. Tulosten perusteella siirtomenetelmä vaikuttaa muodostuvan mikrobiomin koostumukseen ja sillä on suuri vaikutus mikro-organismien runsauteen. Mikrobiomin koostumus oli lähimpänä alkuperäistä suorassa maansiirtomenetelmässä, jossa siirrettiin suurin määrä alkuperäistä maa-ainesta (5 %) ja vähiten samankaltainen, kun käytettiin maa-aineksen pesumenetelmää. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että mikrobit ovat kiinnittyneet maapartikkeleihin ja suodattuvat pois maa-aineksen mukana. Jos tavoitteena on siirtää jokin tietty mikrobiryhmä tai tietty haluttu mikrobien toiminta kannattaa tutkia siirtomenetelmän tehokkuutta etukäteen, jotta haluttu mikrobiryhmä siirtyy maaperään. Jos tavoitteena on siirtää mahdollisimman edustava lähtömaaperän mikrobisyhteisö, on suora maa-aineksen siirto tehokkaampi menetelmä. Esimerkki maasiirteiden käytöstä on tutkimus, jossa mikrobisyhteisön siirtämisen ja sopeutumisen avulla vaikutettiin *Arabidopsis thaliana* -kasvin kukinta-aikaan (Panke-Buisse ym. 2015).

Kaupallisten tuotteiden valmistaminen maasiirteistä on haastavaa, koska mikrobisyhteisö on monitahoinen ja osittain jopa tuntematon. Tällaisen tuotteen kaupallinen rekisteröinti olisi tällä hetkellä vaikeaa tai mahdotonta ja vaatisi muutoksia hyväksymisprosessiin.

7. Menetelmät kasvien luontaisten puolustusmekanismien aktivoimiseksi

7.1. Kasvin puolustusmekanismit

Kasveilla on monia erilaisia luontaisia puolustusmekanismeja kasvitautinaiheuttajia sekä kasvinsyöjiä vastaan. Näitä eri mekanismeja ovat fysikaaliset esteet kuten soluseinän rakenteet, piikit, karvat ja vahat sekä kemialliset esteet kuten öljyt, tahmeat yhdisteet, kasvin tuottama lateksi (maitiaisneste) ja hartsit sekä toissijaiset aineenvaihduntatuotteet.



Kuva 5. Kasvin omat puolustusmekanismit. (Muokattu Santamaria ym. 2013.)

Kasvien puolustusmekanismit aktivoituvat, kun kasvi joutuu kasvinsyöjäeläinten tai kasvitautinaiheuttajien hyökkäyksen kohteeksi (Seldal ym. 2017). Kasvi siirtää silloin resursseja kasvusta ja lisääntymisestä puolustukseen.

Lisäksi kasvit ovat kehittäneet epäsuoran puolustusmekanismin käyttämällä haihtuvia yhdisteitä ja nektareja houkutellakseen kasvinsyöjiä luontaisia vihollisia. Monet kasvien tuottamista noin 500 000 toissijaisesta aineenvaihdunnasta peräisin olevasta yhdisteestä ovat voimakkaita kemikaaleja tuholaisia vastaan (Santamaria ym. 2013).

7.2. Kasvin puolustusmekanismien aktivointi

Kasvit ovat kehittäneet erilaisia puolustusmekanismeja suojellakseen itseään kasvinsyöjiltä ja tautinaiheuttajilta. Nämä mekanismit käsittävät spesifisten molekyyliarakenteiden tunnistamisen ja sitä seuraavan puolustusreaktioiden aktivoitumisen. Indusoitu kasvien puolustusjärjestelmä perustuu kasvihormonien ja kasvunsäätelijä-molekyylien monimutkaiseen viestintä- ja sääntelyverkkoon, jossa erilaiset kasvin tuottamat yhdisteet toimivat kasvin puolustusmekanismien heräteinä (elisiittorit).

Kasvin puolustusmekanismien aktivoituminen johtaa hypersensitiivisyyden (ohjelmoitu solu-kuolema), antimikrobisten toissijaisten aineenvaihduntatuotteiden tuotannon, puolustusproteiinien tuotannon ja/tai kudosten lignifikaation (puumaiseksi muuttuminen) ilmenemiseen, mikä estää patogeenin asuttamisen kasvilla (Messa 2021).

Indusoidun vastustuskyvyn molekyylimekanismien yksityiskohtainen tuntemus on tärkeää biologisten, kestävien ja ympäristöystävällisten viljelykasvien suojaustoimenpiteiden kehittämiseksi. Taudinaiheuttajien torjunnassa kasvin oman vastustuskyvyn indusoijat tarjoavat lupaavan vaihtoehdon torjunta-aineille.

Kasvit voivat myös aktiivisesti muokata juuristonsa mikrobiyhteisöä omaksi hyödykseen esimerkiksi torjumaan taudinaiheuttajia, vähentämään näiden aiheuttamia vaurioita ja/tai tehostamaan ravinteiden ottoa (Jin ym. 2024). Kasvitaudinaiheuttajien erittämät yhdisteet, kuten *Fusarium*-sienen erittämä fusariinihappo, voivat laukaista laaja-alaisia muutoksia juuriston mikrobiomissa, josta kasvit valikoivat tiettyjä hyödyllisiä mikrobeja avukseen kasvitaudinaiheuttajia vastaan. Jin ym. (2024) tutkimuksessa havaittiin, että haitalliselle *Fusarium*-sienelle vastustuskykyiset kasvilajikkeet valikoivat juuristoonsa tauteja ehkäiseviä mikrobilajeja, kun taas kasvitaudille alttiit kasvilajikkeet eivät. Tutkimus osoitti, että fusariinihappo toimii välittäjänä, joka muokkaa kasvin juurieritteitä ja siten vaikuttaa mikrobiomin koostumukseen.

7.3. Elisiittorit eli kasvin puolustusmekanismien herätteet

Kasvit reagoivat erilaisiin ulkopuolisiin ärsykeisiin, jotka sitten aktivoivat elisiittorien toiminnan. Mekanismit puolustusreaktion heräämiseen voivat olla mikrobeihin, kasvin vaurioihin tai kasvinsyöjiin liittyviä. Mikrobeihin liittyvät molekyyilirakenteet, kuten esimerkiksi bakteerien solun ulkopuolelle erittämät lipopolysakkaridit, flagellat tai kitiini, ovat mikrobeista peräisin olevia molekyylejä, jotka kasvin tunnistusreseptorit tunnistavat ja aktivoivat kasvin puolustusreaktioita herättävien elisiittorien tuotannon (Erbs ym. 2010). Kasvin vaurioihin liittyvät molekyyilirakenteet ovat endogeenisiä molekyylejä, jotka vapautuvat vaurioituneista kasvisoluista ja jotka viestivät vaarasta ja aktivoivat puolustusreaktiot (Meents & Mithöfer 2020). Kasvinsyöjien toiminnan indusoimat kasvien haihtuvat yhdisteet ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka vapautuvat kasvinsyöjien hyökkäyksen seurauksena (War ym. 2011). Näiden aineiden tehtävä on joko karkottaa kasvinsyöjiä, houkuttaa kasvinsyöjien vihollisia tai varoittaa lähellä olevia kasveja vaarasta.

Aineet, kuten nikotiinihappo, isonikotiinihappo ja 2,6-diklooriisonikotiinihappo, toimivat kasvin itsepuolustusmenetelmän heräteinä ja voivat stimuloida kasvin immuunijärjestelmiä, tehden ne vastustuskykyisiksi infektiolle ennen oireiden ilmestymistä (Czerwoniec ym. 2021).

7.4. Kasvihormonit ja kasvunsäätelijät kasvin puolustuskyvyn aktivoinnissa

7.4.1. Kasvihormonit

Kasvihormonit ja kasvunsäätelijät ovat keskeisiä kasvien immuunivasteen säätelyssä. Niiden monimutkaiset vuorovaikutusverkostot mahdollistavat tehokkaan puolustuksen taudinaiheuttajia vastaan samalla kun ne ylläpitävät kasvien kasvua ja kehitystä (Shafqat ym. 2024).

Kaikkein tärkeimmät kasvihormonit ja kasvunsäätelijät, jotka vaikuttavat eniten kasvin puolustuskykyyn, ovat auksiinit, sytokiniinit, gibberelliinit, etyleeni ja abskissihappo. Jasmiinihappo ja salisyylihappo ovat myös olennaisia kasvien kyvyllä kestää abioottisia ympäristöolosuhteita ja ne toimivat lisäksi elisiittoreina.

Jasmiinihappo ja sen johdannainen metyylijasmonaatti ovat tärkeitä kasvien puolustusmekanismien heräteinä toimivia kasvihormoneja lehtiä syöviä hyönteisiä ja nekrotrofisia taudinaiheuttajia vastaan (Seldal ym. 2017). Metyylijasmonaatilla on osoitettu olevan puolustusreaktioita aktivoiva vaikutus kasveissa, mikä johtaa vähentyneeseen kasvin syöntiin ja tukahdutettuun vegetatiiviseen kasvuun. Jasmiinihappo voi myös indusoida toissijaisten metaboliittisten puolustusyhdisteiden tuotantoa, mikä parantaa kasvin vastustuskykyä tuholaisia ja tauteja vastaan. Jasmiinihappoa tai metyylijasmonaattia ei ole hyväksytty maataloussovelluksiin EU:ssa.

Etyleeni ja salisyylihappo ovat kasvihormoneja, jotka osallistuvat kasvien puolustusmekanismien aktivointiin erilaisissa bioottisissa stressitilanteissa, kuten kasvitaudinaiheuttajia ja kasvinsyönteitä vastaan. Näillä kasvihormoneilla on merkittävä rooli monimutkaisissa viestintäverkostoissa, jotka säätelevät kasvien immuunivastetta. Salisyylihappo osallistuu systeemisen hankitun vastustuskyvyn aktivointiin. Salisyylihappoviestintä johtaa patogeenisiin liittyvien proteiinien aktivaatioon ja reaktiivisten happiradikaalien (ROS) tuotantoon, jotka ovat kriittisiä kasvin puolustusreaktiolle (Boamah ym. 2023). Etyleeni osallistuu sekä paikallisiin että systeemisiin kasvin puolustusvasteisiin. Sen tiedetään toimivan yhdessä jasmiinihapon kanssa parantaen puolustusta nekrotrofisia taudinaiheuttajia ja kasvinsyöjiä vastaan (Adie ym. 2007). Etyleeni on hyväksytty kasvinsuojeluaineen tehoaineena EU:ssa asetuksen säädös (EC) No 1107 (Regulation (EC) No 1107, 2009) mukaisesti ja löytyy hyväksyttyjen tehoaineiden luettelosta (Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011, 2011, s. 540). Salisyylihappoa ei ole hyväksytty maataloussovelluksiin EU:ssa.

7.4.2. Kasvunsäätelijät

Auksiinit säätelevät solujen pituuskasvua, juurten muodostumista ja hedelmien kehitystä, mutta osallistuvat myös kasvien immuunivasteisiin ja auttavat kasveja sopeutumaan ympäristön muutoksiin (Shafqat ym. 2024). Sytokiniinit edistävät solujen jakautumista ja viivästyttävät lehtien vanhenemista ja vaikuttavat myös kasvien immuunivasteisiin monimutkaisten säätelyverkostojen kautta. Gibberelliinit kiihdyttävät solujen pituuskasvua, siementen itämistä ja kukintaa sekä osallistuvat kasvien puolustusmekanismien säätelyyn ja voivat vaikuttaa kasvien vastustuskykyyn taudinaiheuttajia vastaan. Gibberelliinit ja gibberelliinihappo ovat EU:ssa hyväksyttyjä kasvinsuojeluaineen tehoaineita asetuksen (EC) No 1107/2009 mukaisesti.

7.4.3. Muut

Muita tärkeitä kasvin tuottamia signaalimolekyylejä ovat proliini, rikkivety, typpioksidi ja melatoniini, jotka suojaavat kasveja sieniltä ja bakteereilta (Shafqat ym. 2024) sekä polysakkaridit kuten alginaatti (ei-mikrobipohjainen biostimulantti).

7.5. Esimerkit kasvin oman puolustuskyvyn aktivoinnista

7.5.1. Kasvin kasvua edistävät bakteerit kasvin puolustuskyvyn aktivoinnissa

Kasvin kasvua edistävät bakteerit (PGPR, kappale 3) pystyvät indusoimaan kasvin vastustuskykyä, ja tätä kutsutaan **systeemiseksi indusoiduksi vastustuskyvyksi** (ISR, induced systemic resistance) Tämän mekanismin keskeiset signaalimolekyylit ovat jasmiinihapot ja etyleeni (Messa 2021). Lisäämällä PGPR -kantoja maaperään pystytään aktivoimaan kasvien ISR-mekanismia.

7.5.2. Herätteet (elisiittorit)

Markkinoilla on monia kasvin puolustuskykyä indusoivia elisiittori -tuotteita (liite 3). Niiden teho verrattuna kemiallisiin kasvinsuojeluaineisiin on ollut vaihtelevaa. Yksi tuoteryhmä on elisiittorit, joiden vaikuttavana aineena on COS-AGA oligokitosaani ja oligopektinaatti. COS-AGA estä *Uncinula necator* -sienen aiheuttaman härmätaudin viinirypäleillä 78 % tehokkuudella Ranskassa ja 76 % tehokkuudella Espanjassa (van Aubel ym. 2014). Kasvihuonekokeessa COS AGA ehkäisi *Sphaerotheca fuliginea* -sienen aiheuttamaa härmätautia kurkulla 72 % tehokkuudella Belgiassa ja 69 % tehokkuudella Espanjassa. COS AGA estä härmäsienen aiheuttamaa kasvitautia kesäkurpitsalla vain 50–56 % tehokkuudella Romaniassa (Sovarel ym. 2024). COS-AGA on hyväksytty EU:ssa kasvinsuojeluaineena.

8. Luontopohjaisten ratkaisujen tutkimuksia pohjoisissa olosuhteissa

Luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan ovat lupaavia menetelmiä tilanteessa, missä useita kemiallisten torjunta-aineiden tehoaineita vedetään pois markkinoilta. Monia näistä menetelmistä, kuten viljelykiertoa, on hyödynnetty jo pitkään kasvin terveyden edistämiseksi. Erilaisia luontopohjaisia ratkaisuja ja/tai niiden yhteisvaikutuksia on tutkittu Suomessa niin pelto-olosuhteissa kuin astia- ja kasvihuonekokeissa. Kotimaisia tutkimushankkeita on listattu Taulukossa 4 ja joistakin keskeisistä hankkeista on kerrottu tekstissä enemmän.

Viljelymenetelmät:

Itua ja vastetta -hankkeessa testattiin tilatason pilottikokeissa erilaisia IPM-menetelmiä, joilla voidaan korvata kemiallista kasvinsuojelua. Kolmen vuoden aikana testattiin 16 eri IPM-toimenpidettä 51 pilottikokeessa viljoilla, öljykasveilla ja nurmilla. Korvaavia toimenpiteitä olivat biopohjaiset ruiskutus- ja peittausvalmisteet, lehtilannoitus, ennustemallien ja kynnysarvojen käyttö, esikasvien vaikutus, seosviljely ja taudinkestävien lajikkeiden viljely. Näistä tehokkaita keinoja viljojen kasvitautien hallintaan olivat erityisesti seosviljely ja hivenravinnelannoitus. Hankkeessa tuotettiin 39 tietokorttia IPM-kasvinsuojelun ja ravinnepäästöjen vähentämisen toimenpiteistä (<https://maaseutuverkosto.fi/materials/ipm-viljelyn-tietokortit-2/>). (Loppuraportti, Makera Tutkimushanke VN/7579/2021 1.2.2022 – 31.5.2025)

Luonnonvarakeskuksen *HUKKA-hankkeessa* selvitettiin herneen viljelytekniikan ja kasvinsuojelun vaihtoehtoisia menetelmiä. Hankkeessa tutkittiin mm. siemenen ympäystä sopivalla typpensitojabakteerikannalla, feromoniansoja, biostimulantteja ja seosviljelyä. Seosviljelyssä pystyttiin estämään lakoutumista ja kasvattamaan yhteissatoa. Herneellä on myös lukuisia kasvitaukeja ja näiden hillinnässä terve kylvösiemen ja vähintään viiden vuoden viljelykierto ovat tehokkaita viljelytoimenpiteitä (Jalli ym. 2023).

TerveKasvi-hankkeessa selvitettiin viljojen ja nurmien ravinteiden käytön tehokkuutta kasvinterveyteen (Jalli ym. 2019). Kasvintuhoojien tarpeenmukaisilla ja oikea-aikaisilla hallintatoinenpiteillä voidaan parantaa ravinteiden käyttöä ja vähentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Monipuolinen viljelykierto, muokkauksen vähentäminen, lajikevalinta sekä viljelykasvin tasapainoinen pää- ja hivenravinteiden saanti vähentävät kemiallisen kasvinsuojelun tarvetta. Tuloksilla on merkitystä sekä taloudellisesti että ympäristön kannalta.

Biopestisidit ja biostimulantit:

Biopestisideille ja biostimulanteille yhteistä on se, että ne toimivat parhaiten **osana kokonaisvaltaista kestävää viljelyä** muiden toimien ohella. Biostimulanttien vaikutukset kasvien kasvuun tulevat tyypillisesti esiin vain, kun kasvit ovat altistuneita jollekin stressitekijälle kuten ravinnepuutteelle tai kuivuudelle. Peltokokeissa erityisesti kuivuusstressin aikaansaaminen on vaikeaa, minkä vuoksi biostimulanttien tehokkuustestauksessa tarvittaneen suhteellisesti enemmän kokeita kontrolloiduissa olosuhteissa kuin kasvinsuojeluaineiden tehokkuustestauksessa. Kansainvälisesti keskimääräinen sadonlisäys biostimulanteilla on ollut yli 20 prosenttia. Parhaat tulokset on saatu astia- tai kasvihuonekokeissa. Kasveista eniten ovat hyötynneet yrtit, hedelmät ja palkokasvit. Olosuhteet vaikuttavat biostimulanttien tehokkuuteen, siksi suomalaisissa olosuhteissa tehokkuus ei välttämättä ole samanlainen kuin muualla.

Tutkimustulokset kuitenkin osoittavat, että biostimulanteilla on potentiaalia varmistaa ruoantuotantoa (Palojärvi ym. 2024).

Erilaisten biostimulanttivalmisteiden (FZB24, Rhizo Vital 42, Rhizocell) sekä biologisten torjuntavalmisteiden (Prestop, Mycostop) tehoa mm. **luomusipulin ja perunan tautitorjunnassa** on testattu **tilakokeissa** (Iivonen & Kuivainen 2015), mutta tautitorjuntavaikutusta tai merkittävää vaikutusta sadon laatuun ei pystytty osoittamaan. Tulokset vaihtelivat vuosittain ja olivat hyvin ristiriitaisia. Istukkaat käsiteltiin liuospeittauksella, mikä saattoi vaikuttaa tuloksiin, sillä se jätti istukkaisiin *Fusarium*-sienten kasvua lisäävää kosteutta. Jauhemaisten valmisteiden levitys on todettu tehokkaammaksi tautitorjunnassa kuin istukkaiden nestemäinen peittäys (Sintayehu ym. 2011).

Tilakokeiden lisäksi **astiakokeissa** testattiin Prestop-, Mycostop- ja FZB24-valmisteiden lisäksi Geoanalyysi Oy:n markkinoimaa Geo-bioaktivaattoria (EM, Geobio) sekä Scheleg Oy:n Symbio MycoForce-Mykorritsa- ja Trianum-valmisteita vuosina 2012 ja 2014 (Iivonen & Kuivainen 2015). Astiakokeiden tuloksissa oli eri vuosina paljon vaihtelevuutta, joka johtui osittain kasvualustojen erilaisuudesta, sillä vuonna 2012 astiakokeissa käytettiin kasvualustana aiemmin sipulintuotannossa ollutta peltomaata, joka oli *Fusarium*-sienten saastuttamaa, kun taas vuonna 2014 astiakokeissa käytetyllä peltomaalla ei ollut aikaisempaa sipulinviljelyhistoriaa. Molempina vuosina Mycostop-käsittelyissä terveiden sipulien osuus sadosta oli suurempi kuin muiden valmisteiden käsittelyissä. Vuonna 2014 FZB 24- ja Trianum-käsittelyissä terveiden sipulien osuus sadosta oli hieman korkeampi kuin verranteessa. Tämän tutkimuksen perusteella erilaisten peittäusmenetelmien ja muiden torjuntamenetelmien kehittäminen vaatii vielä lisätutkimusta.

Biopestisidivalmisteita on testattu myös **porkkanan varastotautien hillintään**. Siemenpeittäys *Streptomyces*-sädebakteeria sisältävällä Mycostop -biopestisidivalmisteella vähensi joissakin tapauksissa tautien aiheuttamia porkkanan varastotappioita (Suojala-Ahlfors ym. 2023) (Bioporkkana-projekti). Sadonkorjuun jälkeinen käsittely *Clonostachys rosea* J1446 -sientä sisältävällä valmisteella vähensi tauteja joissain erissä etenkin lyhytaikaisessa varastoinnissa, mutta varastointiajan pidentyessä käsittelyiden vaikutus jäi vähäiseksi. Tutkimuksissa havaittiin, että maaperän monipuolinen mikrobisto vähentää varastotautien määrää, etenkin kun kasvinterveydelle hyödyllisiä mikrobeja on paljon ja taudinaiheuttajia vähän. Tutkimuksessa selvitettiin myös *Metarhizium brunneum* -sienen tehoa porkkanakempeiden torjunnassa, mutta se ei osoittautunut tehokkaaksi menetelmäksi.

Antagonistisen *Streptomyces* 272 -kannan tehoa **perunaruven ehkäisyyn** testattiin Lumijoella Pohjois-Suomessa vuosina 2009-2011 (Hiltunen ym. 2017). Biopestisidikanta oli eristetty Tyrnävällä Pohjois-Suomessa kasvatetusta perunaruvelta infektoituneesta perunasta. Perunaruvelle alttiilla Bintje-perunalajikkeella *Streptomyces* kanta 272 vähensi taudin vakavuutta keskimäärin 43 %, kun taas ruvensietoisella Nicola-lajikkeella kanta vähensi sekä taudin yleisyyttä että vakavuutta 43 % ja 59 %. Riippumatta taudin paineesta, kanta 272:n ja sietävän lajikkeen yhteiskäyttö laski ruven määrän merkitykseltömälle tasolle. Yhden kerran käytettynä kannan 272 torjuntateho ei kuitenkaan säilynyt maaperässä seuraavaan kasvukauteen asti. Kun kanta 272 levitettiin kolmena tai useampana peräkkäisenä vuotena, maaperä pysyi ruvelle vastustuskykyisenä vähintään kaksi vuotta viimeisen käsittelyn jälkeen, mikä viittaa siihen, että toistuvilla levityksillä maan vastustuskyky voidaan mahdollisesti vahvistaa.

Biostimulanttien vaikutusta **kauran satotasoon** tutkittiin Alitalon tilan kaurapellolla Jokioissa vuonna 2024 (Anttila 2024). Koepelloille kylvettiin Luukas-lajiketta ja pelto jaettiin

kolmeen lohkoon. Yhdelle lohkolle ruiskutettiin BlueN *Methylobacterium symbioticum* -bakteeria sisältävää biostimulanttivalmistetta, toiselle lohkolle KinsidroGrow -ligniini pohjasta biostimulanttivalmistetta ja kolmas lohko oli kontrolli ilman biostimulanttia. Parhaat tulokset saatiin peltolohkolta, johon oli ruiskutettu KinsidroGrow -biostimulanttivalmistetta. KinsidroGrowlla saavutettiin tasaisia satotuloksia ja satolisää noin 150 kg hehtaarilta. BlueN:llä saavutettiin tasaisia satotuloksia, mutta sadot olivat heikompia kuin muilla koejäsenillä. Käsittelmättömällä peltolohkolla oli suurin hajonta satotuloksissa. Lisää tutkimusta Suomen oloissa kuitenkin tarvitaan ja viljelijän tulee perehtyä huolella valmisteiden käyttötapoihin ja niiden soveltuvuuteen omaan viljelysmaahan.

Rhizocell (nyk. Lalrise Vita) -biostimulanttivalmisteen vaikutusta jatkuvasatoisen 'Ria' **mansikan kasvuun ja satoon sekä kasvinterveyteen** tutkittiin Luonnonvarakeskuksessa, Piikkiössä, vuoden 2020 kesällä (Seppä-Murto 2023). Valmistessa hyötymikrobi oli *Bacillus amyloliquefaciens* -juuristobakteeri, joka stimuloi juurten kasvua sekä edistää kasvin ravinteiden saantia. Rhizocell-biostimulanttivalmisteen vaikutus mansikan kasvuun ja satoon oli vähäinen, eikä valmiste selkeästi hyödyttänyt kasvua, sadontuottoa tai kasvinterveyttä. Nykyään markkinoilla olevassa Rhizocell-valmisteen korvanneessa Lalrise Vita -tuotteessa hyötymikrobina on *Bacillus velezensis* -juuristobakteeri.

Keräsienivalmisteen (Symbio MycoForce-biostimulantti) ja luomulannoitteen yhteisvaikutusta **porkkanan kasvuun, satomäärään ja sadon laatuun** tutkittiin Mustialan opetus- ja tutkimusmaatilalla kesällä 2020 osana Luomussa vara parempi -hanketta (Parvio 2021). Tuloksena saatiin, että lannoitetut porkkanat kasvoivat rehevämmin, mutta keräsienien ja kasvuston rehevyyden välillä ei havaittu selvää yhteyttä. Keräsienien käyttö nosti porkkanan sokeripitoisuutta jokaisella testatulla lajikkeella, josta pääteltiin, että keräsieni auttaa porkkanaa saamaan joitakin ravinteita paremmin. Keräsienien vaikutus sadon määrään oli positiivinen, kun sitä käytettiin ilman lannoitetta, mutta negatiivinen lannoitteen kanssa käytettynä. Tutkimuksen päätelmänä oli, että lannoite häiritsee keräsienien toimintaa tai porkkana ei saa keräsienestä hyötyä silloin, kun ravinteita on helposti saatavilla lannoitteena.

Helsingin yliopiston Hyvän sadon kierrätyslannoitus – Hykerrys -hankkeessa tutkittiin muun muassa Ecolan BactoBoost -biostimulanttivalmisteen vaikutusta **kauran, härkäpavun ja rukiin satotasoihin** yhdessä siemenen peittauksen kanssa (NP-liuos) (Helenius & Korpelainen 2019). Mikrobivalmisteiden sisältämät mikrobit tehostivat maan orgaanisen aineksen mineralisaatiota. Mikrobivalmisteita käytettiin sekä siementen peittauksessa että kasvustoon levitettävänä vesiliuksena. Bactoboost ei vaikuttanut kauran satotasoihin, vaan satotaso oli samalla tasolla lannoittamattoman kontrollin kanssa. Parhaiten menestyivät muut, runsaasti typpeä sisältäneet lannoituskäsittelyt. Härkäpavulla kaikki lannoituskäsittelyt pärjäsivät yhtä hyvin ja eroja ei havaittu. Rukiilla satotaso oli Bactoboost käsittelyllä hieman parempi kuin lannoittamaton kontrolli. Parhaiten pärjäsivät keväällä runsaasti typpeä saaneet käsittelyt.

Peittausaineen ja kasvibiostimulantin vaikutusta **ohran kasvuun ja satoon** tutkittiin kenttäkokeessa Pieksämäellä ja Maaningalla vuonna 2024 (Hämäläinen & Pekkarinen 2025). Koeasetelmassa oli peittaamaton, peitattu, sekä peitattu +biostimulantti käsitelty ohran siemen. Peittausaineena käytettiin Redigo Pro -valmistetta ja biostimulanttina SeedGO-biostimulanttia (merilevävalmiste). Biostimulantti antoi siemenelle tehokkaamman kasvuun lähdön, mikä näkyi muihin käsittelyihin verrattuna myös juuriston nopeampana kehittymisenä viikko kylvön jälkeen. Muutoin tulokset peittaus- ja peittaus + biostimulantti -käsittelyillä eivät juuri eronneet toisistaan. Molemmat käsittelyt paransivat itävyyttä ja orastiheyttä peittaamattomaan

siemeneen verrattuna, sekä vähensivät kasvitauteja kasvustossa, lisäsivät sadon määrää ja paransivat laadullisia tekijöitä, kuten valkuaispitoisuutta ja hehtolitrainoa.

Taulukko 4. Kotimaisia projekteja aihealueesta luontopohjaiset ratkaisut kasvinterveyden hallintaan.

Projektin nimi	Lyhyt kuvaus projektista	Toteutusvuodet
Biologisin keinoin tehoa <i>Fusarium</i> punahomeiden hallintaan (Bioteho)	Hankkeessa tutkittiin ja kehitettiin biologisia torjuntakeinoja sekä analyysimenetelmiä viljojen, etenkin kauran ja ohran, toksigeenisten <i>Fusarium</i> -punahomeiden hallintaan. Kylvösiemenen peittäus todettiin tehokkaimmaksi tavaksi hallita <i>Fusarium</i> -riskiä biologisin keinoin. Biotorjuntamikrobien säilyminen aktiivisina pelto-olosuhteissa todettiin haasteelliseksi, minkä johdosta biologisten kasvinsuojeluvalmisteiden formulointiin kehoitettiin kiinnitettävän erityistä huomiota. Mikrobyhteisöjen hyödyntäminen yksittäisten biotorjuntamikrobien sijaan nähtiin tulevaisuuden keinona hallita lisääntyvää kasvitautipainetta. (Makera 536/03.01.02/20)	2018–2021
IPM – tuottavuutta ja vastuullisuutta elintarviketuotantoon (ITUA JA VASTETTA)	Kemiallista kasvinsuojelua vähentävien toimenpiteiden pilotointi suomalaisilla maataloilla (Makera 2022–2025). https://maaseutuverkosto.fi/materials/ipm-viljelyn-tietokortit-2/	2022–2025
Uudet biopestisidit: ideasta tuotteeksi (BIOPEST)	Luken sisäinen hanke osaamisen vahvistamiseksi biopestisideistä. Julkaisu: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/wre.12607	2022
Novel Biostimulants for Sustainable Crop Production (BIO-LANTTI)	Luken sisäinen hanke, jonka tavoitteena oli kehittää Luken testausprotokolla, joka tukee biostimulanttien sääntelyä, tuotekehitystä ja kaupallistamista	2023
EU DeliSoil - Delivering safe, sustainable, tailored & societally accepted soil improvers from circular food production processes for boosting soil health	Osana laajempaa hanketta testataan biostimulanttien käyttöä ja tehoa erilaisten elintarviketeollisuuden sivuvirroista tuotettujen maanparannusaineiden ja orgaanisten lannoitevalmisteiden kanssa (EU Horizon Mission Soil).	2023–2027
Kestävät kasvinsuojeluratkaisut ja monimuotoisuuden edistäminen kasvituotannossa (KASVIS)	Luken ja ProAgria Etelä-Suomen ja ProAgria Länsi-Suomen toteuttama hanke, jossa selvitettiin monimuotoisuutta lisäävien ratkaisujen, kuten kukkivien kaistojen ja kerääjäkasvien ja kasviperäisten aineiden vaikutuksia kasvintuhojiin. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-762-4	2020–2023
COST Action CA21134 - Towards zero Pesticide AGRIculture	EU-alueen maatalous on melko riippuvainen kemiallisesta kasvinsuojelusta. Viranomaisten ja myös kuluttajien vaatimuksesta kasvinsuojeluaineiden käyttöä on vähennettävä turvallisten tuotteiden saamiseksi. Samalla viljelijät kaipaavat tutkimustietoa vaihtoehtoisten biologisten menetelmien käytöstä. European Network for sustainability (TOP-AGRI-Network)	2022–2026
Cost Action CA22158 - MiCropBiomes	Hankkeessa tutkitaan, kuinka mikrobiomiyhteisön toimintaa voidaan parantaa eri viljelyjärjestelmissä ja millainen vaikutus mikro-organismeilla on kasvien resilienssiin ja sadonmuodotukseen. https://micropbiomes.eu/	2023–2027
HYÖTY - Monihiötyiset viljelymenetelmät vihannestiloilla (Ely)	Hankkeessa kehitetään ympäristövastuullisia, monimuotoisuutta ja monihiötyisyyttä tukevia vihannesten tuotantomenetelmiä. Samalla lisätään toimijoiden verkostoitumista, tuodaan valtakunnallista näkyvyyttä monihiötyisille viljelykäytännöille ja viestitään näiden ekologisista, taloudellisista ja sosiaalisista	2024–2026

Projektin nimi	Lyhyt kuvaus projektista	Toteutumis- vuodet
	vaikutuksista. Työpaketit: 1. Tulevaisuuden kestävä vihannes- tuotanto, 2. Kenttäkokeet ja demonstraatiot, 3. Monihyötyisyy- den arviointi ja 4. Monikanavainen viestintä.	
Bioporkkana - Porkkanakemпин ja porkkanan varastotautien hallinta uusilla biologisilla menetelmillä	Hankkeessa tutkittiin petohyönteisten, entomopatogeenisen sienen ja terpeenien toimivuutta kemppipopulaatioiden hallin- nassa, sekä varastotautia aiheuttavien sienitautien ja maan mikrobiyhteisöjen välisiä yhteyksiä porkkanapelloilla tavoit- teena kehittää uusia ratkaisuja porkkanan varastolaadun pa- rantamiseen muokkaamalla maan mikrobiomia viljelytoimien avulla. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-831-7	2020–2023
TerveKasvi	Hankkeessa tutkittiin miten terve satokasvi vaikuttaa viljojen ja nurmien ravinteiden käytön tehokkuuteen. Tavoitteena oli edis- tää tuotannon kannattavuutta ja vähentää ravinnehävikkeistä ai- heutuvia ympäristöriskejä. https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/89f28add-ce47-49a4-a888-e6c35e165ac3/content	2017–2019
OSMO - Osaamista ja työkaluja resurssitehokkaaseen maan kasvukunnon hoitoon yhteistyöllä - hanke	Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti sekä ProAgria Länsi- Suomi ja ProAgria Etelä-Pohjanmaa vuosina 2015–2019. Tietokortit: Mikrobivalmisteet maanviljelyssä Mikrobivalmisteet maanviljelyssä (2019) (2021-01-18T13:45:40.256Z) - Avointen oppimateriaalien kirjasto (aoe.fi)	2015–2019
EU SoilDiverAgro	Hankkeessa tutkittiin luomuviljelyn vaikutuksia eurooppalaisilla vehnäpelloilla sekä kehitettiin maanviljelymenetelmiä, jotka tur- vaisivat kestävä ja maaperän biologisen monimuotoisuuden maatalousmaissa huomioiden myös sosioekonomiset näkökul- mat.	2019–2025
Viljava vihannesmaa – kestävä tuotannon perusta	Hankkeessa toteutettiin kaksi kolmivuotista kenttäkokea, joissa tutkittiin maanparannuskuidun ja viherlannoituksen vaikutuksia peltomaan fysikaalisiin ominaisuuksiin, vihannesten sadon tuottoon ja typen käyttöön sekä ravinnehuuhtoumiin. https://ju- kuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/16792bd6-0a9b-4a29- b7c4-15ae33096065/content	2021–2023
Juolavehnan ja öljykasvien tuhoeläinten vaihtoehtoiset hallintamenetelmät	Hankkeessa tuotettiin käytännön viljelyksille sovellettavaa tie- toa juolavehnan vaihtoehtoisista torjuntamenetelmistä ja myös tietoa öljykasvien tuhoeläinten, kirppojen ja rapsikuoriais- ten, vaihtoehtoisista torjuntamenetelmistä ja näiden kannatta- vuudesta. Näin lisättiin viljelijöiden, neuvojen ja alan teollisuu- den tietoisuutta vaihtoehtoisista kasvintuhoojien hallintakei- noista. https://jukuri.luke.fi/ser- ver/api/core/bitstreams/8fa75ba5-7e5f-4284-b697- 8f35c97824e7/content	2021–2024
Ecosol	Biokontrolliaineiden ja isäntäkasvin kestävyys hyödyntämi- nen perunaruton torjunnassa https://www.suscrop.eu/projects-second-call/ecosol https://www.researchsquare.com/article/rs-6104485/v1	2021–2024
MultiSoil	MultiSoilin tavoitteena on yhdessä luoda, testata ja esitellä käytäntöjä, jotka parantavat maaperän ja kasvien terveyteen vaikuttavia tekijöitä ja siten ylläpitävät maaperän toiminnallista biologista monimuotoisuutta. Tämä puolestaan auttaa torju- maan kasvintuhoojia vähemmällä kemikaaleilla. Maaperän or- gaaniset muutokset, mikrobi-inokulantit ja monipuoliset viljely- järjestelmät kehitetään yhdessä paikallisten toimijoiden kanssa innovaatioiksi, jotka täydentävät integroitua tuholaistorjuntaa (IPM). https://www.multisoil.eu/	2025–2029

9. Kasvinsuojelua ja lannoitevalmisteita koskeva EU-lainsäädäntö, uusien tuotteiden markkinoille saattaminen

Euroopan kasvinsuojeluainepolitiikka pyrkii **torjunta-aineiden kestäväseen käyttöön** vähentämällä torjunta-aineiden käytöstä ihmisten terveydelle ja ympäristölle aiheutuvia riskejä ja vaikutuksia sekä edistämällä integroidun torjunnan ja vaihtoehtoisten toimintatapojen ja teknikkoiden, kuten muiden kuin kemiallisten vaihtoehtojen, käyttöä.

Vuonna 2023 julkaistussa Pelloilta pöytään –strategiassa EU-komissio painottaa tarvetta **vähentää riippuvuutta torjunta-aineista** ja nimeää keinoja tavoitteen saavuttamiseksi. Tavoitteena on vähentää kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä ja riskejä 50 % vuoteen 2030 mennessä.

Vaikka tavoitteet kemiallisten torjunta-aineiden vähentämiselle ovat selkeät, on niitä korvaavien mikrobi- tai kasviperäisten kasvintuhoojien torjuntaan käytettävien biologisten valmisteiden eli biopestisidien markkinoille saattaminen vielä vaikeaa raskaan hyväksymismenettelyn takia (Arora ym. 2016, Frederiks & Wesseler 2019). EU:n lainsäädäntö ei toistaiseksi sisällä **biopestisidien** määritelmää ja ne rekisteröidään samalla menettelyllä kuin synteettiset kasvinsuojeluaineet, mutta tieto- ja tutkimusvaatimukset ovat erilaiset vähäriskisille aineille sekä mikrobipohjaisille valmisteille. Lainsäädäntöä ollaan kuitenkin kehittämässä, ennen kaikkea siksi, että hyväksymismenettelyn ruuhkautuminen voi nykyisellään viivyttää korvaavien valmisteiden pääsemistä markkinoille. EU:n komissio on laatinut joulukuussa 2025 ehdotuksen elintarvike- ja rehulainsäädännön sujuvoittamisesta, eli niin kutsutun OMNIBUS-paketin (<https://mmm.fi/-/valtioneuvosto-linjasi-kantansa-komission-ehdotuksiin-elintarvike-ja-rehulainsaadannon-yksinkertaistamisesta>). Ehdotuksessa pyritään vähentämään kasvinsuojeluaineiden uudelleen hyväksymiseen kuluva työtä sekä selkiyttämään vähäriskisten ja biopestisidien hyväksyntää. Ehdotus sisältää määritelmän biopestisideille ja priorisoi tällaisten tehoaineiden hyväksyntää. Lisäksi ehdotuksessa tavoitellaan selkeämpää rajanvetoa biostimulanttien ja biopestisidien välille, jolloin aineet, joilla on vain positiivisia vaikutuksia kasvin toimintoihin, rajattaisiin selkeästi lannoitelainsäädännön alle kuuluviin biostimulantteihin.

Biologinen torjunta kattaa useissa määritelmissä sekä mikrobiperäiset valmisteet että selkärangattomat biotorjuntaeliöt kuten hyönteiset, punkit ja sukkulamadot, joita käytetään tuohyönteisten hallintaan. EU:ssa biologisessa torjunnassa käytetyt makroeliöt eivät kuitenkaan kuulu kasvinsuojelulainsäädännön alle. EU:ssa ei ole yhdenmukaista lainsäädäntöä biologisessa torjunnassa ja pölytyksessä käytettävien makroeliöiden turvalliselle käytölle. Suomessa biologisten torjuntaeliöiden ja pölyttäjien eli makroeliöiden maahantuonnin, markkinoinnin ja käytön valvonnasta säädetään kasvinterveyslaissa ja näiden valvonnasta vastaa Ruokavirasto.

Mikrobeja tai muita luonnosta peräisin olevia aineita voidaan käyttää myös kasvin kasvua ja stressinsietoa parantavina **biostimulantteina**, jolloin ne tukevat integroidun torjunnan toteutusta ja varmistavat satoa muuttuvissa olosuhteissa. Biostimulantit kuuluvat lannoitevalmiste-lainsäädännön alle, jota käsitellään kappaleessa 9.2.

9.1. Kasvinsuojeluainelainsäädäntö

Kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista Euroopan unionin alueella koskee moni säädos, joista oleellisin on **kasvinsuojeluaineasetus** (EC 1107/2009). Sen avulla säädellään kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista arvioimalla niiden riskit yhteisten periaatteiden mukaan ja hyväksymällä tehoaineet yhteisötasolla ja valmisteen jäsenmaatasolla. Direktiivin 128/2009 avulla ohjataan kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja se toimeenpannaan jäsenmaissa kansallisen lainsäädännön avulla (laki kasvinsuojeluaineista 1563/2011).

Biopestisidejä eli mikrobiperäisiä valmisteita tai muita luonnosta peräisin olevia valmisteita ei käsitellä EU:n lainsäädännössä erillisinä ryhminä vaan se, minkä lainsäädännön alle aine kuuluu, riippuu mihin tarkoitukseen ainetta on tarkoitus käyttää (esim. kasvinsuojeluaine, biosidi, biostimulantti). Mikrobiperäisille valmisteille on kuitenkin omat arviointiperusteensa (Taulukko 5).

9.1.1. Tehoaineen hyväksyminen

Kasvinsuojeluvalmisteiden sisältämille tehoaineille suoritetaan **riskinarviointi** ja tehoaineet hyväksytään yhteisesti EU:ssa. Yksi EU-maa tekee tehoaineen arviointiraportin ja ehdotuksen sen hyväksymisestä. Myös muilla jäsenvaltioilla on mahdollisuus kommentoida arviointiraporttiluonnosta. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomainen (EFSA) tekee arviointiraportista vertaisarvioinnin ja laatii siitä johtopäätökset Euroopan komissiolle. Komissio esittelee johtopäätösten pohjalta tehdyn päätösehdotuksen tehoaineen hyväksyttävyydestä pysyvälle komitealle (Standing Committee on Plants, Animals, Food and Feed, SCoPAFF). Pysyvä komitea koostuu jäsenmaiden edustajista, jotka äänestävät ehdotuksesta.

Tehoaineen pitää olla hyväksytty EU:ssa ennen kuin jäsenvaltio voi hyväksyä sitä sisältävän kasvinsuojeluaineen/-valmisteen käytettäväksi. **Tehoaineen hyväksynnän kriteerit** on esitetty kasvinsuojeluaineasetuksen liitteessä II. Nämä kriteerit koskevat muun muassa aineen vaikutuksia terveyteen ja ympäristöön. EU:n asetus N:o 283/2013, eli asetus tehoaineita koskevien tietovaatimusten vahvistaminen kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamiseksi kuvaa liitteessään vaatimukset tiedoille sekä sen mitä kaikkea asiakirja-aineiston on sisällettävä. Tehoaineet hyväksytään määräajaksi, joka on kasvinsuojeluaineilla enintään 10 vuotta. Sen jälkeen ne pitää arvioida uudelleen ja osoittaa aineen käyttö turvalliseksi. Uusintamenettelyn edellytykset on kuvattu Komission täytäntöönpanoasetuksessa (EU) 2020/1740.

Tehoaineiden tietovaatimukset (283/2013) ja kasvinsuojeluvalmisteen **tietovaatimukset** (284/2013) on jaettu osiin A ja B. A-osissa esitetään vaatimukset kemiallisille tuotteille, ja siihen kuuluvat myös luonnosta peräisin olevat yhdisteet. Tällöin esimerkiksi kasviperäiset uutteet ja öljyt arvioidaan 283/2013 osan A perusteella. Osassa B käsitellään vaatimukset eläviä mikro-organismeja sisältäville tuotteille. Kasvinsuojeluaineasetusta täsmennettiin EU:n 2022 hyväksymillä asetuksilla EU 2022/1438 – EU 2022/1441. Asetuksilla täydennetään mikrobeja sisältävien tehoaineiden ja valmisteiden hyväksymiskriteerejä ja hyväksymisen tietovaatimuksia ja niiden tarkoituksena on helpottaa **mikrobipohjaisten** kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamista.

9.1.2. Vähäriskiset tehoaineet ja perusaineet

EU:n komissio on antanut vuonna 2017 asetuksen (EU) 2017/1432 **vähäriskisten tehoaineiden** hyväksymiskriteereistä. Asetuksen tavoitteena on helpottaa vähäriskisiä tehoaineita sisältävien kasvinsuojeluaineiden saattamista markkinoille vahvistamalla kriteerit, joiden täytyessä tehoaineita pidetään vähäriskisinä, ja nopeuttamalla vähäriskisten tehoaineiden hyväksymismenettelyä. Tehoainetta pidetään kasvinsuojeluaineasetuksen mukaan vähäriskisenä, jos riskinarvioinnissa voidaan osoittaa, että kyseistä ainetta sisältävät kasvinsuojeluaineet aiheuttavat ainoastaan vähäisen riskin ihmisten ja eläinten terveydelle sekä ympäristölle. Vähäriskisiksi luokitelluilla aineilla osa vaadituista testeistä voidaan korvata aiemmin julkaistuilla tutkimustuloksilla tai tieteellisesti perustelluilla näkemyksillä ja ensimmäinen hyväksyntä on voimassa 15 vuotta.

Perusaineella tarkoitetaan ainetta, jota ei yleensä käytetä kasvinsuojeluun, mutta joka kuitenkin on hyödyllinen kasvinsuojelussa. Perusaineita ovat esimerkiksi auringonkukkaöljy, fruktoosi ja olut. Suomessa perusaineita ei saateta markkinoille kasvinsuojeluaineina, mutta joissain EU-maissa voidaan hyväksyä myös perusaineita sisältäviä valmisteita. Tehoaineet, jotka täyttävät asetuksen (EY) N:o 178/2002 artiklassa 2 määritellyt elintarvikkeita koskevat vaatimukset, katsotaan perusaineiksi. Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen EFSA tekee perusaineesta arvion ja komission pysyvä komitea hyväksyy sen perusaineeksi. Perusaineen ensimmäinen hyväksyntä on voimassa ilman määräaika, ellei toisin päätetä. Perusaineiksi hyväksyttyjä tehoaineita ei tarvitse erikseen hyväksyä kasvinsuojeluaineeksi, vaan käyttö on sallittu EU:n tehoainetietokannassa (Pesticide database: https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en) olevien ohjeiden mukaan. Suomenkieliset ohjeet perusaineiden käyttöön löytyvät Tukesin sivuilta: <https://tukes.fi/kemikaalit/kasvinsuojeluaineet/perusaineet>.

Taulukko 5. Riskinarvioinnin erot mikro-organismien ja kemiallisten tehoaineiden välillä

Riskinarvionti	
Mikro-organismi	Kemikaali
Elävä organismi	Ei eläviä organismeja
Riskinarvionti vaikutustavan perusteella	Toksikologia ja ekotoksikologia
Patogeenisuus ja infektiivisyys	
Sekundaarimetaboliitit	Metaboliitit ja hajoamistuotteet
Resistenssi antimikrobisille aineille	
Analyysimetodina: biologiset menetelmät	Analyysimetodina: kemialliset menetelmät
Elävät ja ei-elolliset jäämät	Ei-elolliset jäämät

9.1.3. Kasvinsuojeluvalmisteiden hyväksyminen

Kasvinsuojeluaine on yhtä tai useampaa tehoainetta sisältävän valmiste, jota käytetään kasvinsuojelutarkoituksiin. Valmisteen sisältämän tehoaineen tai tehoaineiden pitää olla hyväksyttyjä EU:ssa ennen kuin jäsenvaltio voi hyväksyä sitä sisältävän valmisteen käytettäväksi. Kasvinsuojeluainetta ei saa saattaa markkinoille tai käyttää, ellei sille ole annettu kyseisessä jäsenvaltiossa lupaa. Suomessa luvan myöntää Tukes. Lupaa ei tarvita silloin, jos kasvinsuojeluaine koostuu pelkästään yhdestä tai useammasta perusaineesta. Lupa on voimassa enintään

vuoden valmisteen sisältämien tehoaineiden, suoja-aineiden ja tehosteaineiden hyväksynnän voimassaolon päättymisestä.

Hakijan, joka haluaa saattaa kasvinsuojeluvalmisteen markkinoille, on haettavaa lupaa itse tai edustajan kautta. Asetus 284/2013 eli asetus kasvinsuojeluaineita koskevien tietovaatimusten vahvistamisesta kasvinsuojeluaineiden markkinoille asettamisesta, määrittelee asiakirjaan kirjattavat tiedot. **Lupatyyppejä** on erilaisia: vyöhykearvioinnin mukainen lupa, vastavuoroinen lupa, rinnakkaisvalmistelupa, identtisen valmisteen lupa ja käytön laajennus vähäisiin käyttö-tarkoituksiin, eli minor use -lupa.

EU-maat on jaettu valmisteiden arvioimiseksi kolmeen vyöhykkeeseen: pohjoinen, keskinen ja eteläinen. Suomi kuuluu Tanskan, Ruotsin, ja Baltian maiden kanssa pohjoiseen vyöhykkeeseen. Valmisteen **vyöhykearviointi** tarkoittaa sitä, että yksi saman vyöhykkeen EU-maa laatii riskinarvioinnin ja biologisen tehokkuuden arvioinnin koko vyöhykkeelle.

9.1.4. Kasvinsuojeluaineiden kestävä käyttö

Kasvinsuojeluaineiden kestävästä käytöstä säädetään EU:n tasolla direktiivissä 2009/128/EY. Direktiivissä on päätetty kansallisista toimintasuunnitelmista (NAP), joilla pyritään vähentämään torjunta-aineiden käyttöä. Suomessa on alkanut vuonna 2023 kolmas kasvinsuojeluaineiden kestävä käytön toimintaohjelma, joka löytyy osoitteesta: <https://tukes.fi/kemikaa-lit/kasvinsuojeluaineet/kasvinsuojeluaineiden-kestava-kaytto/kasvinsuojeluaineiden-kestavan-kayton-ohjelma/kasvinsuojelun-kestavan-kayton-toimintaohjelma-iii-2023-2027>. Toimintaohjelman tavoitteissa on mm. vähäriskisten ja biologisten aineiden markkinoille pääsyn tehostaminen.

9.2. Lannoitevalmistelainsäädäntö

Lannoitevalmistelainsäädäntö ohjaa mm. maanparannusaineiden ja kierrätyslannoitteiden markkinoille saattamista. Myös biostimulantit tulivat mukaan omana ryhmänään vuoden 2019 uudistuksessa EU:n **lannoitevalmistesetukseen** (EC 2019/1009). Uusi kansallinen **lannoitevalmistelaki** (711/2022) tuli voimaan 16.7.2022 eli samalla kun uuden EU-lannoitevalmistesetuksen soveltaminen alkoi. Lannoitevalmisteiden käytöstä säädetään maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa 964/2023, ja tuotteiden valvonnasta vastaa Ruokavirasto.

Lannoitevalmisteiden saatto markkinoille edellyttää valmistukseen ilmoitetun laitoksen tarkastusta, jossa varmistetaan lannoitevalmisteen tekninen suunnittelu sekä todennetaan, että lannoitevalmisteen tekninen suunnittelu täyttää asetuksen vaatimukset, lisäksi edellytetään valmistajan omaa valvontaa ja laatujärjestelmien käyttöä. Suomessa markkinoitavia lannoitevalmisteita voi valmistaa kansallisen lannoitelainsäädännön vaatimusten mukaisesti tai CE-merkittynä lannoitevalmisteinä. CE-merkintää saa käyttää vain tuotteissa, jotka täyttävät EU:n lannoitevalmistesetuksen (2019/1009) vaatimukset. Toisessa EU:n jäsenvaltiossa laillisesti valmistettuja ja markkinoituja tuotteita voidaan saattaa markkinoille Suomessa myös niin sanotun vastavuoroisen tunnustamisen periaatteiden mukaisesti. Lannoitevalmisteiden tehokkuuden testaamiselle ei ole samanlaista kriteeristöä, kuin kasvinsuojeluaineilla, mutta valmistelle annettujen väitteiden on oltava todennettavissa luottettavalla aineistolla. EU:n standardisointikomiteat (CEN/TC 455 Plant biostimulants ja CEN/TC 223 Soil improvers and growing media) ovat keväällä 2025 julkaisseet standardit biostimulanttien hyväksyntään liittyvän testaamisen yhdenmukaistamiseksi (SFS, 2025).

EU:n uusi **lannoitevalmisteasetus** yhdenmukaistaa Euroopan unionin alueella markkinoitavien lannoitevalmisteiden valmistus- ja laatuvaatimukset. Siinä on lannoitevalmisteet jaettu tuoteluokkiin (PFC) ja niissä sallitut raaka-aineet on määritelty ainesosaluokissa (CMC). EU:n lannoitevalmisteasetus edellyttää käytännössä aina REACH-asetuksen (EC 1907/2006) mukaisen rekisteröinnin, jos tuotanto on yli yhden tonnin vuodessa, ellei REACH:ssä ole erityistä poikkeusta. Tietovaatimukset vaihtelevat tuotantomäärän (1-10 tn, 10-100 tn ja >100 tn) mukaan.

9.2.1. Biostimulanttien lainsäädäntö

EU:n lannoitevalmisteasetuksessa (2019/1009) **biostimulantit** kuuluvat tuoteluokkaan PFC 6 ja ne jaetaan edelleen mikrobipohjaisiin ja muihin kuin mikrobipohjaisiin valmisteisiin, joille on omat laatuvaatimuksensa (<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatuvaatimukset/tuoteluokat-ja-ainesosaluokat/>). Kasvibiostimulantilla tarkoitetaan "tuotetta, joka kiihdyttää kasvin ravinteidenottoa riippumatta tuotteen ravinnesisällöstä ja jonka ainoana tarkoituksena on parantaa yhtä tai useampaa seuraavista kasvin tai kasvin ritsosfääriin ominaisuuksista:

- ravinteiden hyväksikäytön tehokkuus,
- abioottisen stressin kestävyys,
- laatuominaisuudet,
- maaperään tai ritsosfääriin sitoutuneiden ravinteiden saatavuus"

Käytettäessä biostimulanttina sekä kemikaalit että luonnontuotteet kuuluvat lannoitevalmistelainsäädännön piiriin. Esimerkkejä **Suomessa käytössä olevista biopohjaisista valmisteista** ovat mm. humusaineet (humushapot, fulvohapot), proteiinihydroksylaattit (tuotettu kasvi- ja eläinperäisistä materiaaleista entsyymein, kemiallisesti tai lämpötilaa muuttamalla hajottaen), puhtaat aminohapot, kitiini, kitosaani ja merileväuutteet.

10. Sidosryhmäkyselyt luontopohjaisista ratkaisuista

10.1. Sidosryhmäkyselyjen toteutus

Tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin kyselytutkimuksena, jonka tarkoituksena oli selvittää suomalaisten maa- ja puutarhatalouden toimijoiden näkemyksiä, kokemuksia ja tiedontarpeita luontopohjaisista ratkaisuista kasvinterveyden hallinnassa. Aineisto koostui kahdesta erillisestä kyselystä: (1) avoimista vastauksista koostuva laadullinen kysely, jonka toteutettiin keväällä 2025 ja (2) suljetuista monivalintakysymyksistä koostuva määrällinen kysely, joka toteutettiin loppuvuodesta 2025. Molemmat kyselyt tarkasteltiin sekä itsenäisinä aineistoina että toisiaan täydentävinä näkökulmina.

Kohderyhmä ja otanta

Kyselyiden kohderyhmänä olivat viljelijät, neuvojat, tutkimus- ja asiantuntijahenkilöstö, maa- ja metsätalouden opiskelijat sekä muut kasvinterveyden parissa toimivat henkilöt. Kyselyyn osallistuminen oli avointa, ja otanta muodostui mukavuusotoksena. Avoimeen kyselyyn vastasi 29 henkilöä ja monivalintakyselyyn 40 henkilöä. Vastaajajoukon roolijakauma painottui viljelijöihin (monivalinta 55 %), opiskelijoihin (n. 22 %) sekä yksittäisiin neuvojiin, tutkijoihin ja muihin toimijoihin.

Aineistonkeruu

Aineisto kerättiin sähköisillä kyselylomakkeilla (Forms). Avoin kysely sisälsi yksittäisiä monivalintakysymyksiä (rooli, tietämyksen taso) sekä useita vapaamuotoisia tekstikenttiä. Monivalintakysely koostui strukturoitujen kysymysten lisäksi kahdesta avoimesta vastauskentästä (haasteet ja vapaat kommentit). Vastaaminen oli anonymia eikä kysely kerännyt henkilötunnuksia. Kyselyä jaettiin erilaisissa sidosryhmätapahtumissa sekä kahdessa Ruokaviraston viljelijä uutiskirjeessä.

Kyselylomakkeiden sisältö

Avoin kysely sisälsi seuraavat teema-alueet:

- Taustatiedot (rooli, tietämyksen itsearvio (1–5))
- Ensimmäiset mielikuvat luontopohjaisista ratkaisuista
- Keskeisimmät ja kiinnostavimmat ratkaisut
- Tietoa käytössä tai kokeilussa olevista menetelmistä
- Kokemukset ratkaisujen toimivuudesta
- Ratkaisujen hyödyt ja haasteet
- Tiedontarpeet ja tieto-kanavien merkitys
- Vapaa kommentti

Monivalintakyselyn teemat olivat:

- Taustatiedot ja tietämyksen arvio (1–5)
- Käytetyt luontopohjaiset ratkaisut
- Kiinnostus kokeilla eri ratkaisuja
- Käyttöön motivoivat tekijät
- Käyttöä estävät tekijät
- Kehityshaasteet (avoin)
- Tiedonhankintakanavat
- Vapaa kommentti

Aineiston analyysimenetelmät

Määrällinen analyysi

Monivalintakyselyn muuttujista laskettiin frekvenssit, prosenttiosuudet ja jakaumat. Tietämyksen taso analysoitiin jakaumana (1–5) ja keskiluvuilla. Käytettyjen ratkaisujen, kiinnostuksen kohteiden ja käyttöä puoltavien/estävien syiden yleisyydet raportoitiin monivalintojen lukumäärien perusteella. Tiedonhankintakanavien keskeiset osuudet esitettiin vastausfrekvensseinä. Visualisoinnit toteutettiin pylväsdiagrammein.

Laadullinen analyysi

Avoimet vastaukset (sekä avoimesta kyselystä että monivalintakyselyn kahdesta avoimesta kohdasta) analysoitiin induktiivisen teemoittelun periaatteella: vastaukset luettiin kokonaisuutena ja koodattiin toistuviin sisältöteemoihin (esim. kokemukset, haasteet, tiedontarpeet, toimivuuden ehdot) teemoja ryhmiteltiin ja tiivistettiin laajempien kategoriaotsikoiden alle ja näistä kategorioista poimittiin eniten mainintoja saaneet.

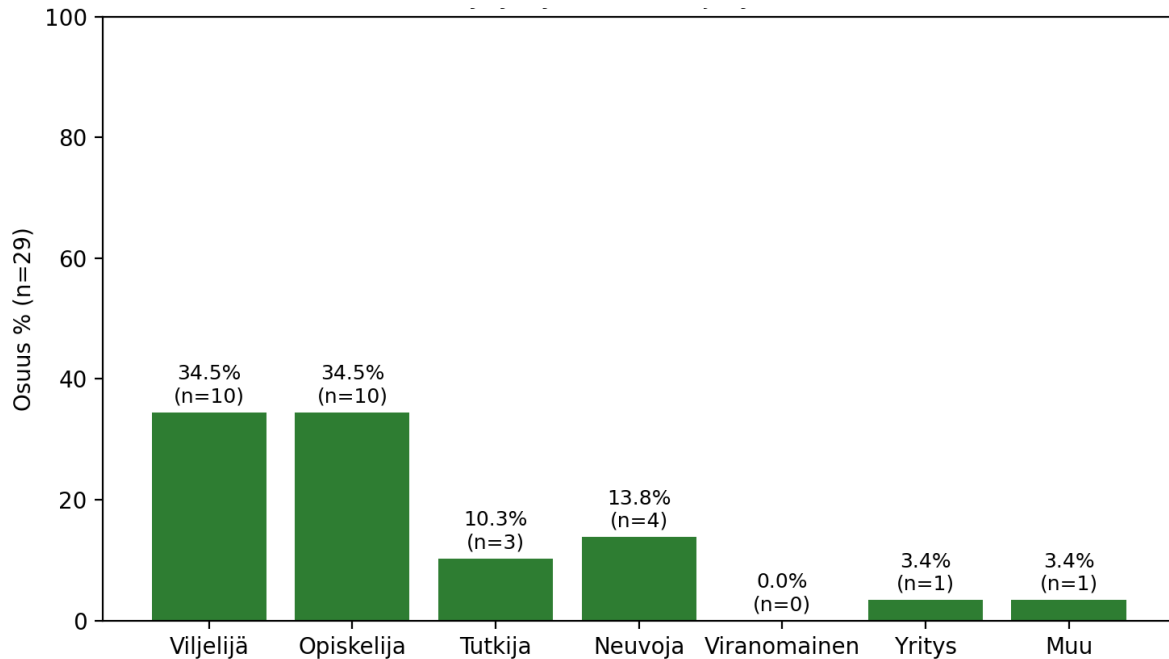
Menetelmän luotettavuus ja rajoitteet

Kuten avoimissa verkkokyselyissä tyypillisesti, aineisto muodostui mukavuusotoksena, mikä rajoittaa tulosten yleistettävyyttä. Roolijakaumat olivat epätasaisia (esimerkiksi viljelijät olivat selvä enemmistö monivalintakyselyssä), mikä voi vaikuttaa painotuksiin. Itsearvioon perustuvat arviot tietämyksestä voivat sisältää subjektiivisuutta. Avoimien vastausten pituus ja tarkkuus vaihtelivat. Näistä rajoitteista huolimatta aineisto tarjoaa laadullisesti rikkaan ja määrällisesti informatiivisen kokonais kuvan vastaajajoukon asenteista, kokemuksista ja tiedontarpeista liittyen luontopohjaisiin ratkaisuihin.

10.2. Sidosryhmäkyselyjen tulokset

10.2.1. Avointen kysymysten kysely (n= 29)

Ensimmäisen avoimien kysymysten kyselyyn vastasi 29 henkilöä. Heistä viljelijöitä oli 34,5 %, opiskelijoita 34,5 %, neuvoja 13,8 %, tutkijoita 6,9 %, muita 6,9 % ja yrityksen edustajia 3,4 %. Kyselyn aiheen tuntemuksen keskiarvo oli 2,79. 69 % vastaajista arvioi osaamisensa tasolle 2–3 ja 24 % tasolle 4–5.



Kuva 6. Vastaajien jakautuminen eri sidostyhmiiin avointen kysymysten kyselyssä (n=29).

Luontopohjaisista ratkaisuista vastauksissa nousi eniten esiin viljelykierto (17 vastausta), muut viljelytekniset keinot (10 vastausta), mikrobit (9 vastausta), biologiset torjunta-aineet (8 vastausta), monimuotoisuuden tukeminen (6 vastausta) sekä biostimulantit (5 vastausta).

Tärkeimmät koetut hyödyt olivat kemikaalikuorman ja jäämien väheneminen ja siitä johtuva ympäristökuormituksen pieneneminen sekä terveyshyödyt sekä biodiversiteetin tukeminen.

Suurimmat haasteet luontopohjaisten ratkaisujen käyttöönotossa:

- Teho ja vaikutusvarmuuden epävarmuus sekä olosuhdeherkkyys
- Tiedon puute ja tutkimusnäytön puute erityisesti suomalaisissa olosuhteissa.
- Osaamisen puute sekä asenteet
- Kustannukset ja kannattavuus

Mitä tietoa tarvitaan:

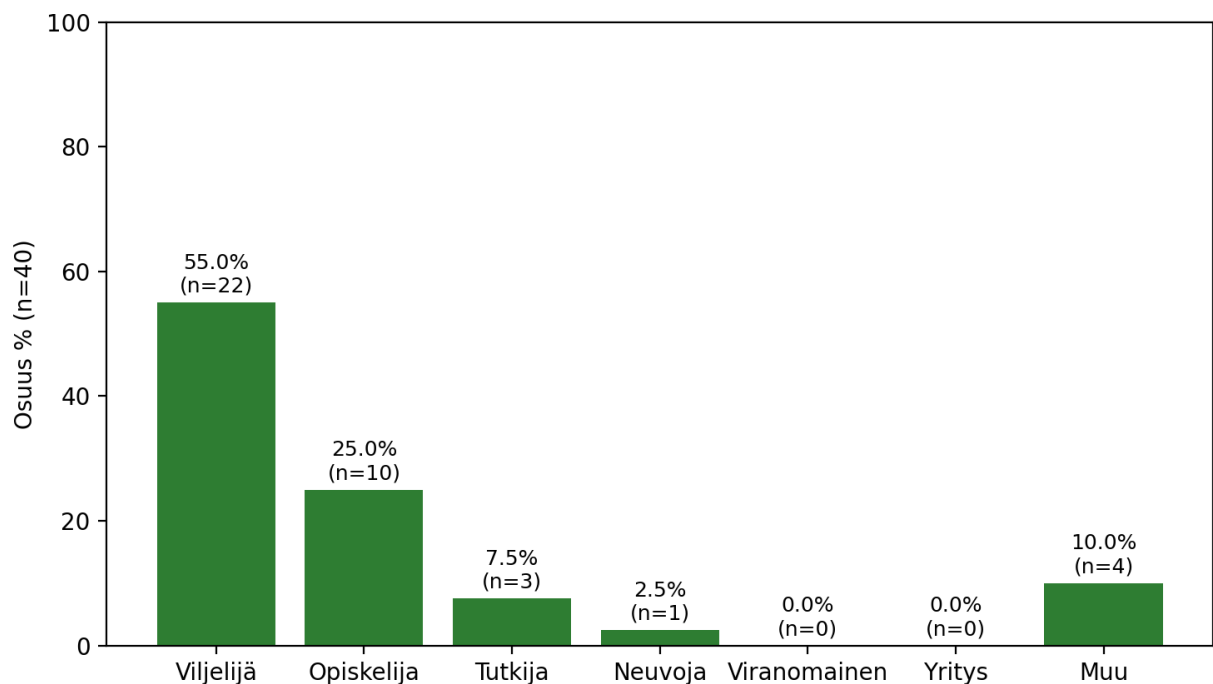
- Teho käytännössä ja missä olosuhteissa toiminnot onnistuvat
- Kasvilaji- ja tauti/tuholaiskohtaiset suositukset sekä käyttöohjeet tilatasolle

Mistä tieto parhaiten tavoittaa:

- Webinaarit
- Ammattilehdet
- Pellonpiennartapahtumat

10.2.2. Monivalintakysely (n=40)

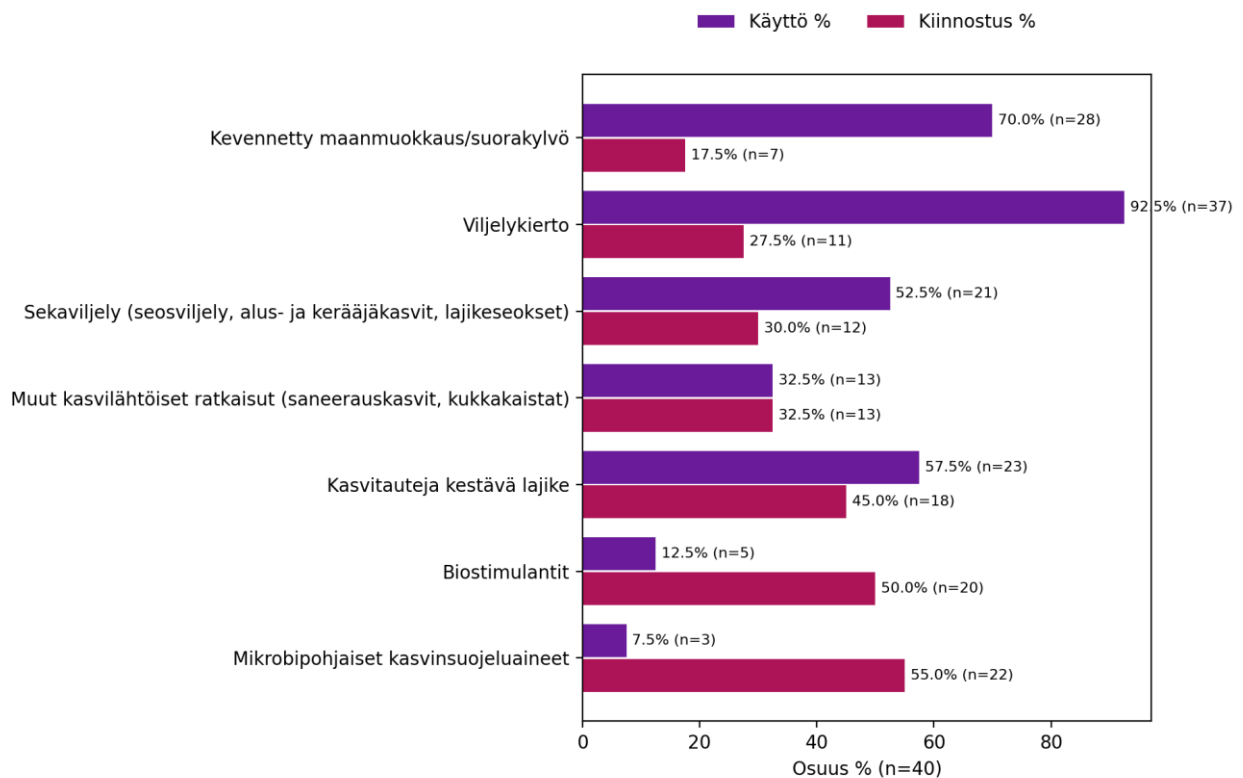
Monivalintakyselyyn saatiin 40 vastausta. 57,5 % vastaajista oli viljelijöitä, 22,5 % opiskelijoita, 7,5 % tutkijoita, 2,5 % neuvoja ja 10 % muuhun ryhmään kuuluvia (Kuva 7). Muu ryhmään kuului opettaja, toimittaja, viljelijän poika ja sivutoiminen viljelijä. 35 %:lla vastaajista oli hyvä, 35 % kohtalainen ja 28 % vähäinen tietämys aiheesta.



Kuva 7. Vastaajien jakautuminen eri sidostyhmiiin monivalintakyselyssä (n=40).

Suurin osa vastaajista (92,5 %) oli käyttänyt viljelykiertoa kasvinterveyden hallintaan. Muita eniten käytettyjä keinoja olivat kevennetty maanmuokkaus tai suorakylvö (70,0 %) ja kasvitautia kestävä lajikkeen käyttö (57,5 %) (Kuva 8). Mikrobipohjaiset tuotteet kuten biopestisidit ja biostimulantit olivat vähemmän käytettyjä (7,5–12,5 %).

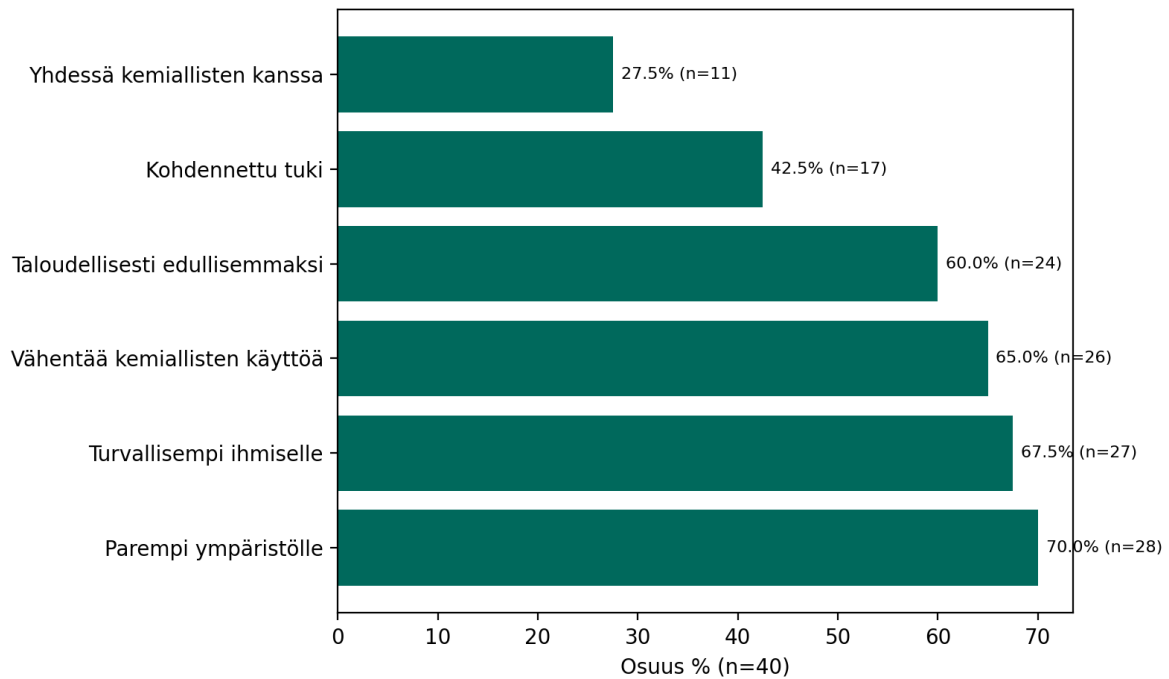
Uusista ratkaisuksista, joita vastaajat olivat valmiita kokeilemaan, mikrobipohjaiset kasvinsuojeluaineet ja biostimulantit olivat yleisimpiä (50–55 %) (Kuva 8). Kasvitauteja kestävä lajiketta oli valmis kokeilemaan 45 % vastaajista. Viljelykierto on jo vakiintunut menetelmä, joka on viljelijöillä laajasti käytössä, mutta erityisesti kiinnostus mikrobipohjaisia kasvinsuojeluaineita ja biostimulantteja kohtaan on selvästi suurempaa kuin niiden käyttö.



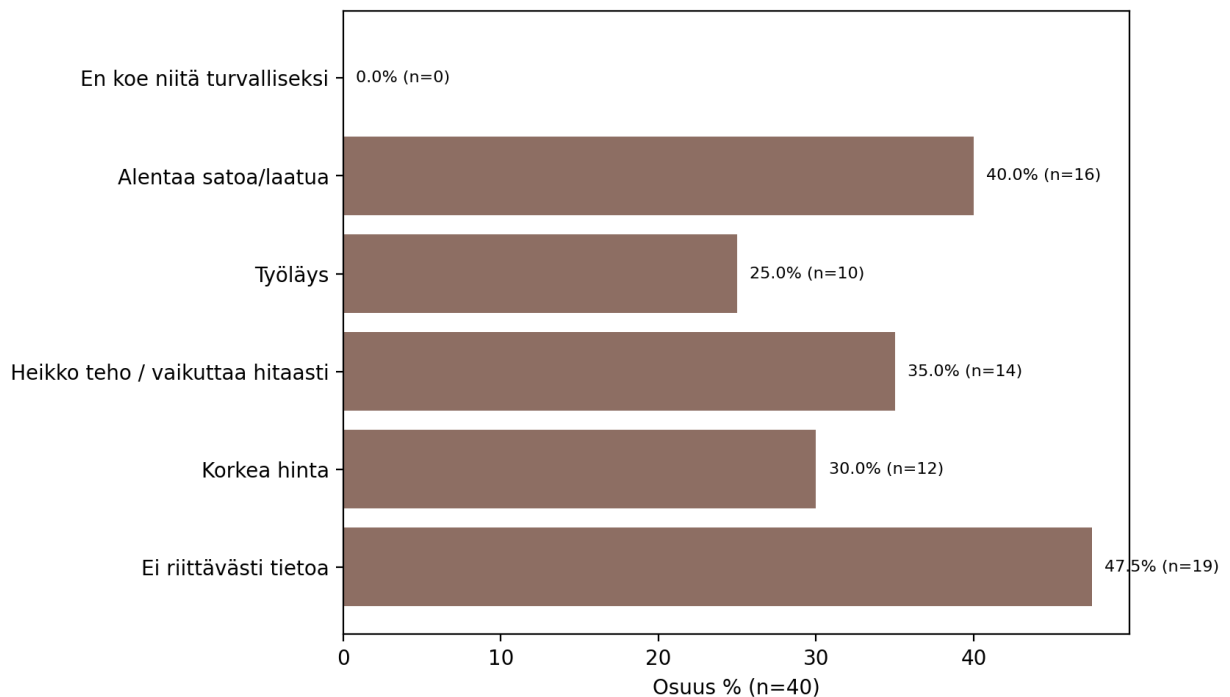
Kuva 8. Luontopohjaisten ratkaisujen käyttö ja kiinnostus niiden käyttöön Suomessa

Syyt, jotka saivat vastaajat käyttämään luontopohjaisia ratkaisuja, olivat ympäristöystävällisyys (70 %), turvallisuus (67.5 %), kemiallisten aineiden käytön vähentäminen (65 %), jos ratkaisut olisivat taloudellisesti edullisempia (60 %) tai jos niihin saisi kohdennettua tukea (42,5 %) (Kuva 9).

Syyt, jotka estivät luontopohjaisten ratkaisujen käyttöä, olivat tiedon puute (47,5 %), sadon määrän tai laadun alentuminen (40 %), heikko tai hidas teho (35 %), korkea hinta (30 %) tai työläys (25 %) (Kuva 10). Kaikki vastaajat kokivat luontopohjaiset ratkaisut turvalliseksi vaihtoehdoksi.



Kuva 9. Syyt, jotka saivat käyttämään luontopohjaisia ratkaisuja.

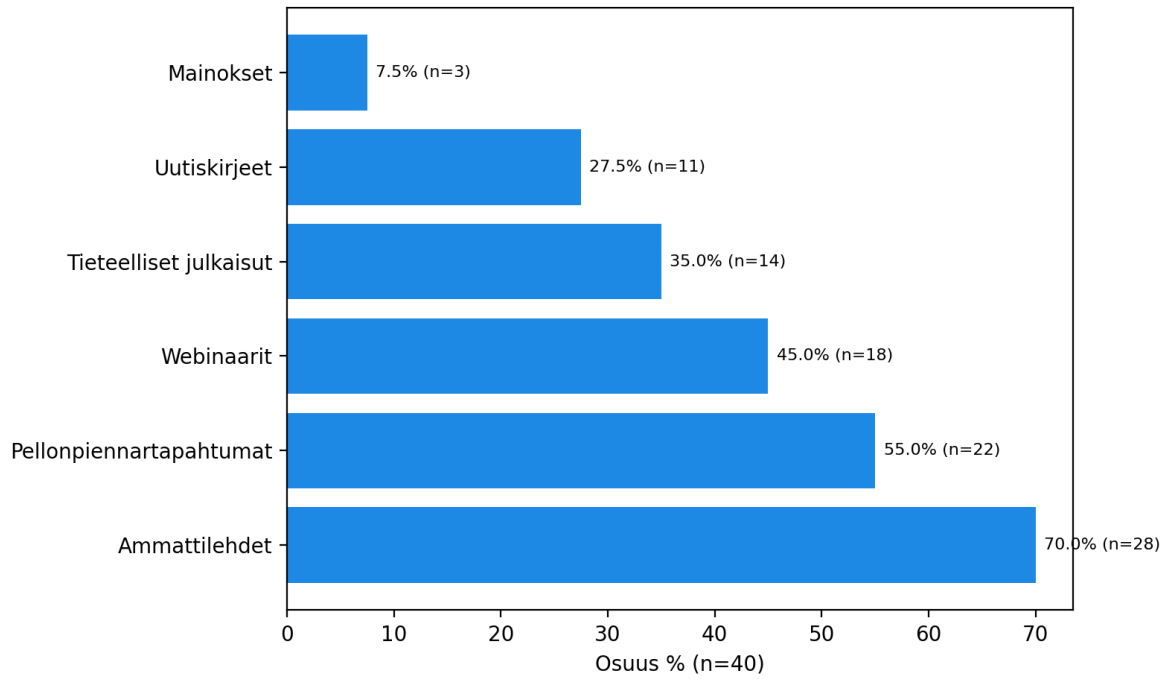


Kuva 10. Syyt, jotka estävät kokeilemasta luontopohjaisia ratkaisuja.

Suurimpina haasteina luontopohjaisten ratkaisujen käyttöönottoon koettiin olevan **Tiedon ja luotettavan näytön puute (44 %)**, **Taloudellinen kannattavuus ja kustannukset (28 %)** ja **Käytännön toteutus: kalusto, saatavuus ja ajankäyttö (28 %)**

Avoimissa vastauksissa toivottiin lisää tilakohtaista soveltamista, koetuloksia ja jalkautusta. Taloudellisesta näkökulmasta ratkaisuja pidettiin kalliina verrattuna niistä saatavaan hyötyyn ja toisaalta niiden tehosta kaivattiin lisää tietoa. Lisää tukia kaivattiin myös. Ratkaisut koettiin

usein työläiksi ja aikaa vieviksi, ja niiden todettiin vaativan erityiskalustoa. Muita esiinnoukseita asioita olivat viljelijöiden osallistaminen, esimerkiksi mahdollistamalla pilottihankkeita ja tutustumista tiloille, joilla luontopohjaiset ratkaisut ovat käytössä. Parhaiten tieto luontopohjaisista ratkaisuista on saavutettavissa ammattilehdistä (70 %), pellonpiennartapahtumista (55 %) ja webinaareista (45 %) (Kuva 11).



Kuva 11. Parhaat kanavat tiedon välitykseen luontopohjaisista ratkaisuista.

10.3. Yhteenveto sidosryhmäkyselyistä

- Kyselyt osoittavat, että luontopohjaiset ratkaisut ovat jo tärkeä osa suomalaista kasvinterveyden hallintaa, erityisesti viljelykierron ja muiden viljelytekniisten menetelmien muodossa. Molemmat kyselyt korostavat, että kiinnostus uusiin luontopohjaisiin ratkaisuihin – kuten mikrobipohjaisiin kasvinsuojeluaineisiin ja biostimulantteihin – on selvästi suurempaa kuin niiden nykyinen käyttö.
- Käyttöönottoa hidastavat erityisesti tiedon ja luotettavan tutkimusnäytön puute, vaikutuksen epävarmuus ja olosuhdeherkkyys, kustannukset sekä käytännön toteutukseen liittyvät haasteet kuten kalustotarpeet ja ajankäyttövaatimukset.
- Viljelijät ja muut vastaajat kokevat luontopohjaiset ratkaisut pääosin turallisiksi ja ympäristöystävällisiksi vaihtoehtoiksi. Niiden käytön edistämiseksi tarvitaan kuitenkin vahvempaa tutkimusnäyttöä kotimaisissa olosuhteissa, tilakohtaisia ja käytännönläheisiä ohjeita sekä taloudellisia kannustimia. Myös tilakokeiden ja käytännön esimerkkien jalkauttamista toivottiin laajasti.
- Kyselyiden mukaan tehokkaimmat tiedonvälityskanavat ovat ammattilehdet, pellonpiennartapahtumat ja webinaarit. Näiden kautta voidaan parhaiten tukea ratkaisujen tunnettuuden lisäämistä ja käytännön soveltamista. Luontopohjaiset ratkaisut nähdään kokonaisuutenaan lupaavana ja turallisena suuntana, jonka hyödyntämistä voidaan merkittävästi vauhdittaa parantamalla tutkimusnäyttöä, taloudellisia edellytyksiä ja käytännön tukea.

11. Luontopohjaisten ratkaisujen mahdollisuudet, haasteet ja lisätutkimustarpeet - yhteenveto

Euroopan kasvinsuojeluainepolitiikka ja ns. SUD-direktiivi (Sustainable Use Directive, 2009/128/EY) edellyttävät kemikaaliriippuvuuden vähentämistä ja ns. vaihtoehtoisten menetelmien käyttöönottoa. Luontopohjaiset ratkaisut muodostavat kokonaisuuden, jossa kasvin terveyttä tuetaan vahvistamalla ja muokkaamalla maaperän ja kasvin mikrobiyhteisöjä käyttämällä viljelytekniisiä menetelmiä ja hyödyntämällä biologisia valmisteita sekä aktivoimalla kasvien omia puolustusmekanismeja. Kirjallisuusselvityksen, kyselyaineiston ja esimerkkitutkimusten perusteella voidaan todeta, että monet luontopohjaisista ratkaisuista ovat jo käyttökelpoisia, mutta niiden tehokas hyödyntäminen edellyttää sekä systemaattista kehitystyötä että kotimaiseen tutkimusnäyttöön perustuvia suosituksia.

11.1. Luontopohjaisten ratkaisujen mahdollisuudet kasvinterveyden hallintaan

Maaperän terveydellä ja mikrobiomin monimuotoisuudella on ratkaiseva merkitys kasvinterveydelle. Monipuolinen mikrobiyhteisö lisää kasvien abioottista ja bioottista stressinkestävyyttä, tehostaa ravinteiden käyttöä ja kiertoa sekä tukee maaperän luontaista tautisuppressiivisuutta. Viljelytoimet, jotka lisäävät maaperään orgaanista ainesta, parantavat maan rakennetta ja mikrobien elinolosuhteita, ovat keskeinen osa kestävästä kasvinsuojelusta. Viljelykierron, taudinkestävien lajikkeiden käytön ja muiden viljelytekniisten menetelmien rooli on keskeinen ja jo laajasti käytössä. Ne tarjoavat usein tehokkaimman ja varmimman tavan vähentää tauti- ja tuholaispainetta, ja muodostavat pohjan muiden luontopohjaisten ratkaisujen toimivuudelle.

Biopestisideillä ja biostimulanteilla on Suomessa täydentävä rooli osana kokonaisvaltaista kasvinterveyden hallintaa. Joillakin mikrobivalmisteilla, kuten typensitojabakteereilla, on menestyskäs käyttöhistoria palkokasveilla. Osa biologisista torjuntavalmisteista (esim. tietyt *Bacillus*- ja *Trichoderma*-pohjaiset tuotteet) on jo vakiintunut käyttöön. Biologisten valmisteiden käytön mahdollisuudet perustuvat kasvitautinaiheuttajien kasvun estoon sekä kasvin ravinteidenoton tehostamiseen, stressinsietokyvyn parantamiseen ja kasvin oman puolustustoimintojen aktivointiin. Suomessa potentiaalia nähdään erityisesti kylmiin olosuhteisiin sopeutuneissa mikrobeissa ja tulevaisuudessa myös koostetuissa mikrobiyhteisöissä, jotka yhdistävät useita hyödyllisiä toimintoja ja sopeutuvat paremmin muuttuviin ympäristöoloihin.

Kasvit ovat kehittäneet erilaisia puolustusmekanismeja suojellakseen itseään kasvinsyöjiltä ja tautinaiheuttajilta. Kasvi tunnistaa mikrobeista, kasvinsyöjistä tai kasvin vaurioista peräisin olevia yhdisteitä, jolloin puolustusmekanismit aktivoituvat. Indusoitu eli aktivoitu kasvin puolustusjärjestelmä perustuu kasvihormonien ja kasvunsäätelijämolekyylien monimutkaiseen viestintä- ja sääntelyverkostoon, jossa erilaiset kasvin tuottamat yhdisteet toimivat kasvin puolustusmekanismien heräteinä (elisiittorit). Kasvin puolustusmekanismien aktivoituminen johtaa reaktioihin, joilla kasvi pystyy estämään haittaeliön asettumista kasviin. Elisiittorit, kasvihormonireittien aktivointi ja kasvin ja mikrobiomin vuorovaikutuksen hyödyntäminen tarjoavat lupaavia mahdollisuuksia, vaikka osa ratkaisuista vaatii vielä lisää tutkimuksia ja hyväksyntätöitä EU:ssa.

Suomessa luontopohjaisten ratkaisujen suurin ja varmimmin hyödynnettävä potentiaali on tällä hetkellä viljelytekniisten menetelmien käyttö etenkin maaperän terveyden vahvistamisessa. Biostimulanttien ja biopestisidien käyttö sekä kasvin puolustusmekanismien aktivointi voivat tarjota lisäarvoa, kun niitä käytetään osana kokonaisvaltaista viljelyjärjestelmää ja Suomen olosuhteisiin sovitettuna. Luontopohjaiset ratkaisut voivat parantaa viljelyn kestävyttä ja Suomen huoltovarmuutta, sillä niillä voidaan korvata ulkomailla valmistettuja uusiutumattomia raaka-aineita kuluttavia lannoite- ja kasvinsuojeluaineita.

11.2. Luontopohjaisten ratkaisujen haasteita ja lisätutkimustarpeita

Lisätietoa, vertailevaa tutkimusta ja maatalojen pilottikokeiluja tarvitaan lisää pohjoiseen ilmastoon soveltuvista luontopohjaisista ratkaisuista kasvinterveyden hallintaan. Samoin ratkaisujen kustannuksista suhteessa saatavaan hyötyyn kaivataan lisää tietoa.

Lähtökohtaisesti erilaiset luontopohjaiset ratkaisut ovat osa kestäviä viljelymenetelmiä. Niiden yhteensopivuus luonnonmukaiseen viljelyyn tai muihin sertifioituihin viljelyjärjestelmiin tulee kuitenkin aina selvittää erikseen. Myös integroidun kasvinsuojelun (IPM Integrated Pest Management) ohjeistusta on syytä päivittää jatkuvasti.

Tietoa tarvitaan lisää kasvinterveyden ylläpitämisen ja edistämisen yhteydestä:

- maatalousympäristön monimuotoisuuteen
- viljelyn monimuotoistamiseen (lajikeseokset, satokasviseokset, alus- ja rikkakasvit, viljelykierrot)
- maanparannusaineiden lisäämiseen (erityisesti puupohjaiset tuotteet, kuten havupuun kuori, kuidut, biohiili)
- biostimulanttien oikea-aikainen ja räätälöity käyttö.

Kasvat odotukset kohdistuvat siihen, että maatalouden tuottavuutta ja kestävyttä voidaan parantaa muokkaamalla viljelymaan tai kasvin mikrobiyhteisöjä. Monia tutkimuksissa testatuista vaihtoehtoisista biologisista kasvinsuojeluaineista ja niiden tehoaineista tai kasvin puolustusjärjestelmän herätteistä ei ole vielä hyväksytty käytettäväksi maataloussovelluksissa EU:ssa (esim. jasmiinihappo, salisyylihappo). Näistä tarvitaan vielä lisää tutkimustietoa. Biopestisidien hyväksyntä ja markkinoille saattaminen on EU:ssa edelleen haastavaa monimutkaisen ja raskaan prosessin vuoksi. Lainsäädäntö ei määrittele biopestisidejä erikseen, vaan ne rekisteröidään kuten synteettiset kasvinsuojeluaineet. EU-komission pyrkimys helpottaa hyväksyntää ja selkeyttää biopestisidien ja biostimulanttien eroa nopeuttaisi uusien biologisten tuotteiden markkinoille saattamista. Tällöin aineet, joilla on vain positiivisia vaikutuksia kasvin toimintoihin, rajattaisiin selkeästi lannoitelainsäädännön alle kuuluviin biostimulantteihin, joilla on biologisia kasvinsuojeluaineita keveämpi hyväksyntämenettely.

Markkinoilla olevat mikrobivalmisteet sisältävät usein vain yhden mikrobikannan, jonka hyödyt voivat olla rajalliset. Uudempia mikrobi tuotteita kehitetään hyödyntäen monialaista - omiikkaa (genomiikkaa, transkriptiomiikkaa, metaboliikkaa) tunnistamaan ja optimoimaan kantoja tiettyihin tarkoituksiin. Koostetut mikrobiyhteisöt ovat mahdollisia tulevaisuuden mikrobivalmisteita. Ne ovat tarkasti valikoituja mikrobikonsortioita, joissa on toisiaan täydentäviä toimintoja (esim. typen sidonta, fosfaatin liuottaminen, taudinaiheuttajien torjunta). Ne

vaativat tarkkaa koostumuksen suunnittelua ja yhteensopivuuden testausta isäntäkasvien ja maaperätyyppien kanssa. Toistaiseksi koostetut mikrobiyhteisöt ovat yhä enimmäkseen koikeilu- tai pilottivaiheessa ja kaupallisia sovelluksia on rajoitetusti. Tutkitusti tehokkaiden, pohjoiseen ilmastoon soveltuvien biologisten valmisteiden lukumäärä on vielä vähäinen. Suurin osa kaupallisissa mikrobivalmisteissa käytetyistä mikrobilajeista on mesofiilejä eli ne eivät kasva hyvin kylmissä olosuhteissa. Kylmiin olosuhteisiin sopeutuneet mikrobit (psykrofiilit tai psykrotolerantit) voisivat olla ratkaisu uusien biopestisidien ja biostimulanttien kehitykseen myös kylmemmässä ilmastossa kuten Pohjoismaissa. Mikrobituotteiden optimointi on kuitenkin edelleen haastavaa, sillä vallitsevista mikrobeista ei aina ole riittävästi tietoa tai mikrobiyhteisöt vaihtelevat viljelymaassa huomattavasti. Syinä tähän voivat olla esimerkiksi näytteentoton otantaharhat, erilaiset maatalouden viljelykäytännöt sekä kasvien jalostustaustat. On myös vaikea täysin määrittellä, mikä on optimaalinen mikrobiomi viljelymaalle.

Mikrobivalmisteiden käytössä esiintyviä haasteita ovat:

- Yhteensopivuus maaperän kanssa:
 - Mikrobisiirteet eivät aina sopeudu uuteen maaperään tai kasvilajiin. Paikalliset olosuhteet, kuten pH, kosteus ja ravinteet, vaikuttavat merkittävästi mikrobien menestymiseen.
- Ekologinen tasapaino:
 - Uusien mikrobien lisääminen voi häiritä olemassa olevaa mikrobiomia, joka voi johtaa negatiivisiin vaikutuksiin biodiversiteetin ja ekosysteemin toiminnan kannalta (Khatoon ym., 2024). Lisäksi maaperän luontainen mikrobisto voi estää lisättyjen mikrobien menestyksen maaperässä (kilpailu, saalistus).
- Pysyvyys maaperässä:
 - Lisättyjen mikrobien vaikutukset voivat olla lyhytaikaisia, jos ne eivät pysty vakiintumaan maaperässä. Tarvitaan strategioita, jotka tukevat mikrobien pitkäaikaista säilymistä ja toimintaa, kuten esimerkiksi suojapaikkoja mikrobeille.
- Kestävyys
 - Erityisesti pohjoisissa olosuhteissa kasvamaan kykeneviä biokontrolli- ja biostimulanttikantoja tarvitaan lisää.
- Lainsäädäntö ja hyväksyntä:
 - EU:ssa ja Suomessa mikrobivalmisteiden käyttö viljelyssä vaatii tarkkaa sääntelyä. Mikrobien turvallisuus, alkuperä ja vaikutukset ympäristöön on dokumentoitava huolellisesti. Biopestisidien lupaprosessi koetaan usein hankalaksi ja pitkäkestoiseksi.

Luontopohjaiset ratkaisut ovat tärkeä osa kotimaisen ruoantuotannon kestävyttä ja huoltovarmuutta. Ratkaisujen optimointia ja tehostamista on syytä kehittää edelleen. Tekoälyn ja muiden uusien teknologisten ratkaisujen hyödyntämisen mahdollisuuksia tulisi jatkossa selvittää aktiivisesti.

Viitteet

- Adie, B., Chico, J.M., Rubio-Somoza, I. & Solano, R. 2007. Modulation of plant defenses by ethylene. *Journal of Plant Growth Regulation* 26(2): 160–177. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-0012-6>
- Amaresan, N., Senthil Kumar, M., Annapurna, K., Kumar, K. & Sankaranarayanan, A. (Toim.). 2020. *Front Matter. Teoksessa Beneficial Microbes in Agro-Ecology* (s. iii). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823414-3.01001-7>
- Anttila, M. 2024. Biostimulanttien vaikutus kauran satotasoon. Hämeen Ammattikorkeakoulu.
- Arora, N.K., Verma, M., Prakash, J. & Mishra, J. 2016. Regulation of Biopesticides: Global Concerns and Policies. Teoksessa N.K. Arora, S. Mehnaz & R. Balestrini (Toim.), *Bioformulations: For Sustainable Agriculture*. s. 283–299. Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3_16
- Arrarte, E., Garmendia, G., Rossini, C., Wisniewski, M. & Vero, S. 2017. Volatile organic compounds produced by Antarctic strains of *Candida sake* play a role in the control of postharvest pathogens of apples. *Biological Control* 109: 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.03.002>
- Attia, M.S., Abdelaziz, A.M., Al-Askar, A.A., Arishi, A.A., Abdelhakim, A.M. & Hashem, A H. 2022. Plant Growth-Promoting Fungi as Biocontrol Tool against *Fusarium Wilt Disease* of Tomato Plant. *Journal of Fungi* 8(8): 8. <https://doi.org/10.3390/jof8080775>
- Banerjee, A., Bareh, D.A. & Joshi, S.R. 2017. Native microorganisms as potent bioinoculants for plant growth promotion in shifting agriculture (Jhum) systems. *Journal of soil science and plant nutrition* 17(1): 127–140. <https://doi.org/10.4067/S0718-9516201-7005000010>
- Berendsen, R.L., Pieterse, C.M. & Bakker, P.A. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in plant science* 17(8): 478–486.
- Bertola, M., Ferrarini, A. & Visioli, G. 2021. Improvement of Soil Microbial Diversity through Sustainable Agricultural Practices and Its Evaluation by -Omics Approaches: A Perspective for the Environment, Food Quality and Human Safety. *Microorganisms* 9(7): 1400. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071400>
- Blanco-Canqui, H. & Ruis, S.J. 2018. No-tillage and soil physical environment. *Geoderma* 326: 164–200. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>
- Bloem, J., Hopkins, D.W. & Benedetti, A. (Toim.) 2006. *Microbiological methods for assessing soil quality* (1. p.). CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851990989.0000>
- Boamah, S., Ojangba, T., Zhang, S., Zhu, N., Osei, R., John Tiika, R., Boakye, T.A., Khurshid, A., Inayat, R., Effah, Z., Essel, E. & Xu, B. 2023. Evaluation of salicylic acid (SA) signaling pathways and molecular markers in *Trichoderma*-treated plants under salinity and *Fusarium* stresses. A Review. *European Journal of Plant Pathology* 166(3): 259–274. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02660-9>

- Boudreau, M.A. 2013. Diseases in Intercropping Systems. *Annual Review of Phytopathology*, 51: 499–519. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102246>
- Chenu, C., Angers, D.A., Barré, P., Derrien, D., Arrouays, D. & Balesdent, J. 2019. Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. *Soil and Tillage Research, Soil Carbon and Climate Change: the 4 per Mille Initiative* 188: 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.04.011>
- Chhabra, S., Prasad, R., Maddela, N.R. & Tuteja, N. (Toim.) 2023. *Plant Microbiome for Plant Productivity and Sustainable Agriculture* 37. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5029-2>
- Choudhary, D.K., Prakash, A. & Johri, B.N. 2007. Induced systemic resistance (ISR) in plants: Mechanism of action. *Indian Journal of Microbiology* 47(4): 289–297. <https://doi.org/10.1007/s12088-007-0054-2>
- Comby, M., Gacoin, M., Robineau, M., Rabenoelina, F., Ptas, S., Dupont, J., Profizi, C. & Baillieul, F. 2017. Screening of wheat endophytes as biological control agents against *Fusarium* head blight using two different in vitro tests. *Microbiological Research* 202: 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.04.014>
- Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011, 153 OJ L (2011). http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2011/540/oj
- Czajkowski, R., Maciag, T., Krzyzanowska, D.M. & Jafra, S. 2020. Biological Control Based on Microbial Consortia – From Theory to Commercial Products. Teoksessa A. De Cal, P. Melgarejo & N. Magan (Toim.). *How Research Can Stimulate the Development of Commercial Biological Control Against Plant Diseases*. s. 183–202. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53238-3_12
- Czerwoniec, P., Szymkowiak, J. & Smiglak, M. 2021. Simple modifications of nicotinic, isonicotinic, and 2,6-dichloroisonicotinic acids toward new weapons against plant diseases. *Open Chemistry* 19(1): 1108–1115. Scopus. <https://doi.org/10.1515/chem-2021-0090>
- Díaz-Rodríguez, A.M., Chávez-Luzanía, R.A., Rojas Anaya, E. & Villalobos, S.S. 2024. Bioprospection of beneficial bacteria for bioproducts innovation in agriculture. Teoksessa *New Insights, Trends, and Challenges in the Development and Applications of Microbial Inoculants in Agriculture*. s. 53–58. Scopus. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18855-8.00006-0>
- Ellis, J.G. 2017. Can Plant Microbiome Studies Lead to Effective Biocontrol of Plant Diseases? *Molecular Plant-Microbe Interactions®* 30(3): 190–193. <https://doi.org/10.1094/MPMI-12-16-0252-CR>
- Erbs, G., Molinaro, A., Dow, J.M. & Newman, M.-A. 2010. Lipopolysaccharides and plant innate immunity. *Sub-Cellular Biochemistry* 53: 387–403. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9078-2_17
- Fadji, A.E. & Babalola, O.O. 2020. Metagenomics methods for the study of plant-associated microbial communities: A review. *Journal of microbiological methods* 170: 105860.

- Francaviglia, R., Álvaro-Fuentes, J., Bene, C.D., Gai, L., Regina, K. & Turtola, E. 2020. Diversification and Management Practices in Selected European Regions. A Data Analysis of Arable Crops Production. *Agronomy* 10(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy10020297>
- Frederiks, C. & Wesseler, J.H. 2019. A comparison of the EU and US regulatory frameworks for the active substance registration of microbial biological control agents. *Pest Management Science* 75(1): 87–103. <https://doi.org/10.1002/ps.5133>
- Gimenez-Ibanez, S., Chini, A. & Solano, R. 2016. How microbes twist jasmonate signaling around their little fingers. *Plants* 5(1): 323–329. Scopus. <https://doi.org/10.3390/plants5010009>
- Glassman, S.I. & Casper, B.B. 2012. Biotic contexts alter metal sequestration and AMF effects on plant growth in soils polluted with heavy metals. *Ecology* 93(7): 1550–1559. <https://doi.org/10.1890/10-2135.1>
- Gonçalves, O.S., Creevey, C.J. & Santana, M.F. 2023. Designing a synthetic microbial community through genome metabolic modeling to enhance plant–microbe interaction. *Environmental Microbiome* 18(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00536-3>
- Haavisto, T., Auri, J., Hagner, M., Heikkinen, J., Hurskainen, P., Härmä, P., Ilvesniemi, H., Jarva, J., Keskinen, R., Kupila, J., Lehtonen, H., Lemola, R., Lindroos, A.-J., Merilä, P., Miettinen, A., Nuutinen, V., Pennanen, T., Perkola, N., Pyy, O., ... Vikfors, S. 2023. Suomen maaperän seuranta, tila ja käytön ohjauskeinot. Ympäristöministeriö. <https://jukuri.luke.fi/-handle/11111/12138>
- Helenius, J. & Korpelainen, H. 2019. HYKERRYYS-hankkeen loppuraportti. Maatalous- ja metsätieteiden laitos. 2019. Helsingin yliopisto.
- Helgason, B.L., Walley, F.L. & Germida, J.J. 2010. No-till soil management increases microbial biomass and alters community profiles in soil aggregates. *Applied Soil Ecology* 46(3): 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.10.002>
- Hiltunen, L.H., Kelloniemi, J. & Valkonen, J.P.T. 2017. Repeated Applications of a Nonpathogenic *Streptomyces* Strain Enhance Development of Suppressiveness to Potato Common Scab. *Plant Disease* 101(1): 224–232. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-16-1020-RE>
- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Aamot, H.U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V.H., Hjelkrem, A.-G.R., Dill-Macky, R. & Brodal, G. 2016. Inoculum Potential of *Fusarium* spp. Relates to Tillage and Straw Management in Norwegian Fields of Spring Oats. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00556>
- Howard, M.M., Bell, T.H. & Kao-Kniffin, J. 2017. Soil microbiome transfer method affects microbiome composition, including dominant microorganisms, in a novel environment. *FEMS Microbiology Letters* 364(11): fnx092.
- Hydbom, S., Ernfors, M., Birgander, J., Hollander, J., Jensen, E.S. & Olsson, P.A. 2017. Reduced tillage stimulated symbiotic fungi and microbial saprotrophs, but did not lead to a shift in the saprotrophic microorganism community structure. *Applied Soil Ecology*, 119: 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.032>

- Hämäläinen, A. & Pekkarinen, O. 2025. Tilan oman siemenen kunnostuksen merkitykset: Kenttäkoe peittäusaineen ja biostimulantin vaikutuksista ohran kasvuun ja satoon [Opinäytetyö]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/889541/Hamalainen_Pekkarinen.pdf?sequence=2
- Iivonen, S. & Kuivainen, E. 2015. Biologiset torjuntamenetelmät luomusipulin ja -perunan tautitorjunnassa. Luonnonvarakeskus. <https://jukuri.luke.fi/handle/11111/36265>
- Ikeda-Ohtsubo, W., Brugman, S., Warden, C.H., Rebel, J.M.J., Folkerts, G. & Pieterse, C.M.J. 2018. How Can We Define "Optimal Microbiota?": A Comparative Review of Structure and Functions of Microbiota of Animals, Fish, and Plants in Agriculture. *Frontiers in Nutrition* 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00090>
- Jalli, H., Saarinen, J., & Nysand, M. (toim.) 2023. Herneen viljelyopas : HUKKA-hanke. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 51 s.
- Jalli, M., Huusela, E., Jalli, H., Kauppi, K., Niemi, M., Himanen, S., & Jauhiainen, L. 2021. Effects of Crop Rotation on Spring Wheat Yield and Pest Occurrence in Different Tillage Systems: A Multi-Year Experiment in Finnish Growing Conditions. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.647335>
- Janvier, C., Villeneuve, F., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T. & Steinberg, C. 2007. Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology and Biochemistry*, 39(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.07.001>
- Jin, X., Jia, H., Ran, L., Wu, F., Liu, J., Schlaeppi, K., Dini-Andreote, F., Wei, Z. & Zhou, X. 2024. Fusaric acid mediates the assembly of disease-suppressive rhizosphere microbiota via induced shifts in plant root exudates. *Nature Communications* 15(1): 5125. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-49218-9>
- Järvinen, A., Hyvönen, T., Himanen, S.J. & Raiskio, S. 2023. Intercropping shifts the balance between generalist arthropod predators and oilseed pests towards natural pest control *Research.fi*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108415>
- Karlsson, I., Persson, P. & Friberg, H. 2021. Fusarium Head Blight From a Microbiome Perspective. *Frontiers in Microbiology* 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628373>
- Kaur, S., Egidio, E., Qiu, Z., Macdonald, C.A., Verma, J.P., Trivedi, P., Wang, J., Liu, H. & Singh, B. K. 2022. Synthetic community improves crop performance and alters rhizosphere microbial communities. *Journal of Sustainable Agriculture and Environment* 1(2): 118–131. Scopus. <https://doi.org/10.1002/sae2.12017>
- Khatoon, H., Chaudhary, P. & Chaudhary, A. 2024. Microbial Inoculants and Soil Microbial Population. Teoksessa P. Chaudhary & A. Chaudhary (Toim.). *Microbial Inoculants*. s. 49–68. Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0633-4_3
- Kumar, V., Srivastava, A., Jain, L., Chaudhary, S., Kaushal, P. & Soni, R. 2022. 13 - Harnessing the potential of genetically improved bioinoculants for sustainable agriculture: Recent advances and perspectives. Teoksessa R. Soni, D.C. Suyal, A.N. Yadav, & R. Goel (Toim.). *Trends of Applied Microbiology for Sustainable Economy*. s. 319–341. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91595-3.00007-0>

- Känkänen, H., Ketola, J. & Valkama, P. 2020. Uusia tuloksia kerääjäkasveista: UusiRaHa-hanke - Research.fi. <https://research.fi/en/results/publication/0367264220>
- Lal, R. 2020. Regenerative agriculture for food and climate. *Journal of Soil and Water Conservation* 75(5): 123A-124A. <https://doi.org/10.2489/jswc.2020.0620A>
- Li, Z., Bai, X., Jiao, S., Li, Y., Li, P., Yang, Y., Zhang, H. & Wei, G. 2021. A simplified synthetic community rescues *Astragalus mongholicus* from root rot disease by activating plant-induced systemic resistance. *Microbiome* 9(1). Scopus. <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01169-9>
- Marín, O., González, B. & Poupin, M.J. 2021. From Microbial Dynamics to Functionality in the Rhizosphere: A Systematic Review of the Opportunities With Synthetic Microbial Communities. *Frontiers in Plant Science* 12: 650609. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.650609>
- Meents, A.K. & Mithöfer, A. 2020. Plant–Plant Communication: Is There a Role for Volatile Damage-Associated Molecular Patterns? *Frontiers in Plant Science* 11. Scopus. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.583275>
- Messa, V.R. 2021. Biocontrol by induced systemic resistance using plant growth promoting rhizobacteria. *Rhizosphere* 17: 100323. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100323>
- Mikaberidze, A., McDonald, B.A. & Bonhoeffer, S. 2015. Developing smarter host mixtures to control plant disease. *Plant Pathology* 64(4): 996–1004. <https://doi.org/10.1111/ppa.12321>
- Morris, E.K., Fletcher, R. & Veresoglou, S.D. 2020. Effective methods of biofumigation: A meta-analysis. *Plant and Soil* 446(1): 379–392. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04352-y>
- Mousa, W.K., Ghemrawi, R., Abu-Izneid, T., Al Ramadan, N. & Al Sheebani, F. 2024. The design and development of EcoBiomes: Multi-species synthetic microbial consortia inspired by natural desert microbiome to enhance the resilience of climate-sensitive ecosystems. *Heliyon* 10(16). Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36548>
- Mukherjee, A., Singh, B.N., Kaur, S., Sharma, M., Ferreira de Araújo, A.S., Pereira, A.P. de A., Morya, R., Puopolo, G., Melo, V.M.M. & Verma, J.P. 2024. Unearthing the power of microbes as plant microbiome for sustainable agriculture. *Microbiological Research* 286: 127780. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127780>
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M. & Niggli, U. 2017. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications* 8(1): 1290. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Mustafa, S., Kabir, S., Shabbir, U. & Batool, R. 2019. Plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: From theoretical to pragmatic approach. *Symbiosis* 78(2). 115–123. <https://doi.org/10.1007/s13199-019-00602-w>
- Naitam, M.G. & Kaushik, R. 2021. Archaea: An Agro-Ecological Perspective. *Current Microbiology* 78(7). 2510–2521. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02537-2>

- Nguyen, T.D., Johnson, A.A.T., Lombi, E., Doolette, C.L., Smith, E. & Watts-Williams, S.J. 2024. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation increases the bioavailability of zinc and iron in wheat grain. *PLANTS, PEOPLE, PLANET* 2024(n/a). <https://doi.org/10.1002/ppp3.70051>
- Niu, B., Paulson, J.N., Zheng, X. & Kolter, R. 2017. Simplified and representative bacterial community of maize roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(12). <https://doi.org/10.1073/pnas.1616148114>
- Ogle, S.M., Alsaker, C., Baldock, J., Bernoux, M., Breidt, F.J., McConkey, B., Regina, K. & Vazquez-Amabile, G.G. 2019. Climate and Soil Characteristics Determine Where No-Till Management Can Store Carbon in Soils and Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Scientific Reports* 9(1): 11665. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47861-7>
- Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L. & Grace, P. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment, Evaluating conservation agriculture for small-scale farmers in Sub-Saharan Africa and South Asia* 187: 87–105. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>
- Palojärvi, A. 2018. Monta keinoa ylläpitää hyödyllistä sienijuurta peltomaassa. *Luomulehti*. <https://jukuri.luke.fi/handle/11111/15712>
- Palojärvi, A., Martz, F., Engström, S., Rastas, M. & Ruuttunen, P. 2024. Uusi lannoitevalmistelaki: Biostimulanttien tehokkuusväittämät testissä. *Käytännön Maamies* 73(2): 14–18.
- Panke-Buisse, K., Poole, A.C., Goodrich, J.K., Ley, R.E. & Kao-Kniffin, J. 2015. Selection on soil microbiomes reveals reproducible impacts on plant function. *The ISME journal* 9(4): 980–989.
- Parvio, J. 2021. Mykorritsan ja lannoituksen yhteisvaikutus porkkanan luomuviljelyssä. AMK-opinnäytetyö. <http://www.theseus.fi/handle/10024/495014>
- Pires, L.F., Borges, J.A.R., Rosa, J.A., Cooper, M., Heck, R.J., Passoni, S. & Roque, W.L. 2017. Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research* 165: 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.010>
- Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joona, J. & Uusitalo, R. 2021. Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. *Journal of Environmental Quality* 50(1): 172–184. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20170>
- Regulation (EC) No 1107, 309 OJ L 2009. <http://data.europa.eu/eli/reg/2009/1107/oj>
- Rillig, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science* 84(4): 355–363. <https://doi.org/10.4141/S04-003>
- Rojas-Padilla, J., Díaz-Rodríguez, A.M. & Villalobos, S.S. 2024. Bioformulation of bacterial inoculants. *Teoksessa New Insights, Trends, and Challenges in the Development and Applications of Microbial Inoculants in Agriculture*. s. 105–116. Scopus. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18855-8.00011-4>
- Santamaria, M.E., Martínez, M., Cambra, I., Grbic, V. & Diaz, I. 2013. Understanding plant defence responses against herbivore attacks: An essential first step towards the development of sustainable resistance against pests. *Transgenic Research*, 22(4), 697–708. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11248-013-9725-4>

- Sarma, S., Patel, R., Parmar, P., Goswami, D., Saraf, M. & Shukla, A. 2023. Methods and mechanisms for genetic manipulation of microorganisms. Teoksessa *Biotechnologies and Genetics in Plant Mutation Breeding* 3. 195–217. Scopus.
- Schoebitz, M., López, M. D. & Roldán, A. 2013. Bioencapsulation of microbial inoculants for better soil-plant fertilization. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33(4): 751–765. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0142-0>
- Seldal, T., Hegland, S.J., Rydgren, K., Rodriguez-Saona, C. & Töpper, J.P. 2017. How to induce defense responses in wild plant populations? Using bilberry (*Vaccinium myrtillus*) as example. *Ecology and Evolution* 7(6): 1762–1769. Scopus. <https://doi.org/10.1002/ece3.2687>
- Seppä-Murto, E. 2023. Biostimulanttien vaikutus jatkuvasatoisen mansikan kasvuun ja satoon. <https://helda.helsinki.fi/items/cd378db3-fbfe-434a-a77c-9eda0240334f>
- SFS 2025. Uudet eurooppalaiset standardit kasvibiostimulanteille (5.3.2025). <https://sfs.fi/kasvibiostimulanttien-uudet-standardit/>
- Shafqat, A., Abbas, S., Ambreen, M., Siddiqa Bhatti, A., Kausar, H. & Gull, T. 2024. Exploring the vital role of phytohormones and plant growth regulators in orchestrating plant immunity. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 133. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102359>
- Shah, M.H., Aktar, S.N., Kumar, D.S., Mohanty, B., Hembram, S., Ali, O. & Pramanik, K. 2024. Beneficial Microbes in Soil and Plant Nutrition. Teoksessa R.Z. Sayyed & N. Ilyas (Toim.). *Plant Holobiome Engineering for Climate-Smart Agriculture*. s.163–181. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9388-8_10
- Sharma-Poudyal, D., Schlatter, D., Yin, C., Hulbert, S. & Paulitz, T. 2017. Long-term no-till: A major driver of fungal communities in dryland wheat cropping systems. *PLOS ONE*, 12(9): e0184611. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184611>
- Singh, P., Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Palojärvi, A., Sheehy, J., Esala, M., Mitra, S., Alakukku, L. & Regina, K. 2015. Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabilization of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of The Total Environment* 518–519: 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.027>
- Sintayehu, A., Sakhuja, P.K., Fininsa, C. & Ahmed, S. 2011. Management of fusarium basal rot (*Fusarium oxysporum* f. Sp. Cepae) on shallot through fungicidal bulb treatment. *Crop Protection* 30(5): 560–565.
- Soane, B., Ball, B., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F. & Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research* 118: 66–87. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.10.015>
- Soni, R., Kumar, V., Suyal, D.C., Jain, L. & Goel, R. 2017. Metagenomics of Plant Rhizosphere Microbiome. Teoksessa R.P. Singh, R. Kothari, P.G. Koringa & S.P. Singh (Toim.). *Understanding Host-Microbiome Interactions—An Omics Approach*. s. 193–205. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5050-3_12

- Sovarel, G., Hoge, S.S. & Cenuşă, A.A. 2024. Biological and conventional control of *Sphaerotheca fuliginea* and *Tetranychus urticae* on cucumber crops in greenhouses. EHC2024: International Symposium on Sustainable Vegetable Production from Seed to Health Booster Sources 1416: 365–370. https://www.actahort.org/books/1416/1416_48.htm
- Suojala-Ahlfors, T., Nissinen, A., Pennanen, T., Velmala, S., Latvala, S., Karisto, P., Kivijärvi, P., Haapalainen, M., Pirhonen, M., Kaakko, E., Särkelä, I., Jauhiainen, L., Adamczyk, S. & Jääskeläinen, O. 2023. Porkkanakemпин ja porkkanan varastotautien hallinta uusilla biologisilla menetelmillä. Luonnonvarakeskus. Helsinki. <https://jukuri.luke.fi/handle/11111/13355>
- Swenson, W., Wilson, D.S. & Elias, R. 2000. Artificial ecosystem selection. Proceedings of the National Academy of Sciences 97(16): 9110–9114. <https://doi.org/10.1073/pnas.150237597>
- Szili-Kovács, T. & Takács, T. 2023. Advanced Research of Rhizosphere Microbial Activity. Agriculture 13(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture13040911>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T.C., Kremen, C., van der Heijden, M.G.A., Liebman, M. & Hallin, S. 2020. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. Science Advances 6(45): eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Tiepo, A.N., Fávaro, M.H., Amador, T.S., Tavares, L.F., Hertel, M.F., Calzavara, A.K., de Oliveira, A.L.M., Oliveira, H.C., Dias-Pereira, J., de Araújo, H.H., Bianchini, E., Pimenta, J.A. & Stolf-Moreira, R. 2024. Associative Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungus Increase Drought Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) through Morphoanatomical, Physiological, and Biochemical Changes. Plants 13(12): 12. <https://doi.org/10.3390/plants13121667>
- Torracchi C., J.E., Morel, M.A., Tapia-Vázquez, I., Castro-Sowinski, S., Batista-García, R.A. & Yarzabal R., L.A. 2020. Fighting plant pathogens with cold-active microorganisms: Biopesticide development and agriculture intensification in cold climates. Applied Microbiology and Biotechnology 104(19): 8243–8256. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10812-8>
- Trivedi, P., Leach, J.E., Tringe, S.G., Sa, T. & Singh, B.K. 2020. Plant–microbiome interactions: From community assembly to plant health. Nature Reviews Microbiology 18(11): 607–621. Scopus. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>
- Ugbenyen, A.M. & Ikhimalo, O.P. 2021. Strain Improvement and Mass Production of Beneficial Microorganisms for Their Environmental and Agricultural Benefit. Microorganisms for Sustainability 27: 1–19. Scopus. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7459-7_1
- van Aubel, G., Buonatesta, R. & Van Cutsem, P. 2014. COS-OGA: A novel oligosaccharidic elicitor that protects grapes and cucumbers against powdery mildew. Crop Protection 65: 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.015>
- Van Der Heijden, M.G., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglou, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A. & Sanders, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature 396(6706): 69–72.

- Vero, S., Garmendia, G., González, M.B., Bentancur, O. & Wisniewski, M. 2013. Evaluation of yeasts obtained from Antarctic soil samples as biocontrol agents for the management of postharvest diseases of apple (*Malus × domestica*). *FEMS Yeast Research* 13(2): 189–199. <https://doi.org/10.1111/1567-1364.12021>
- Vestberg, M., Timonen, S. & Lehto, T. 2018. Erilaiset sienijuurisymbioosit. Teoksessa Rihman kiertämät: Kasvien ja sienten erottamaton elämä. s. 13–23. Omakustanne.
- Wagner, M.R., Lundberg, D.S., Coleman-Derr, D., Tringe, S.G., Dangl, J.L. & Mitchell-Olds, T. 2014. Natural soil microbes alter flowering phenology and the intensity of selection on flowering time in a wild *Arabidopsis* relative. *Ecology Letters* 17(6): 717–726. <https://doi.org/10.1111/ele.12276>
- War, A.R., Sharma, H.C., Paulraj, M.G., War, M.Y. & Ignacimuthu, S. 2011. Herbivore induced plant volatiles: Their role in plant defense for pest management. *Plant Signaling and Behavior* 6(12): 1973–1978. Scopus. <https://doi.org/10.4161/psb.6.12.18053>
- Williams, H., Colombi, T. & Keller, T. 2020. The influence of soil management on soil health: An on-farm study in southern Sweden. *Geoderma* 360: 114010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114010>
- Yang, K., Wang, X., Hou, R., Lu, C., Fan, Z., Li, J., Wang, S., Xu, Y., Shen, Q., Friman, V.-P. & Wei, Z. 2023. Rhizosphere phage communities drive soil suppressiveness to bacterial wilt disease. *Microbiome* 11(1): 16. <https://doi.org/10.1186/s40168-023-01463-8>
- Zhang, C., Dong, Y., Tang, L., Zheng, Y., Makowski, D., Yu, Y., Zhang, F. & Van Der Werf, W. 2019. Intercropping cereals with faba bean reduces plant disease incidence regardless of fertilizer input; a meta-analysis. *European Journal of Plant Pathology* 154(4): 931–942. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01711-4>
- Zhang, L., Zuo, Q., Cai, H., Li, S., Shen, Z. & Song, T. 2024. Fungicides reduce soil microbial diversity, network stability and complexity in wheat fields with different disease resistance. *Applied Soil Ecology* 201: 105513. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.-105513>

Liitteet

Liite 1. Kasvinterveydelle hyödylliset mikrobit

Taulukko 1.1. Kasvin terveydelle hyödylliset bakteerit. Aineisto taulukkoon otettu Amaresan ym. 2020.

Bakteerisuku	Hyödylliset lajit	Vaikutus kasvinterveydelle/hyöty	Muuta
<i>Actinobacteria</i>		Kasvin kasvua edistävä (fytostimulaatio, IAA tuotto, typen sidonta, sideroforien tuotto, ammoniakin tuotto, HCN tuotto), Biokontrolli	
<i>Alcaligenes</i>	<i>A. faecalis</i>	Kasvitaudinaiheuttajien inhibi- tio (esim. <i>F. oxysporum</i> , <i>R. solani</i>), biokontrolli (tautisuppressiivisuus)	Tuottaa hydroksyyliamiinia ja sideroforeja
<i>Arthobacter</i>	<i>A. globiformis</i> , <i>A. pascens</i> , <i>A. marcescens</i> , <i>A. tumescens</i> , <i>A. citreus</i> , <i>A. atrocyaneus</i> , <i>A. pokkali</i>	Bioremediaatio, kasvien kasvua edistävä, abioottisen stressin vähentäminen	Tuottaa kasvihormoni auksiinia. Sideroforien tuotto ja metallien liuotus.
<i>Azobacter</i>	<i>A. vinelandii</i> , <i>A. beijerinckii</i> , <i>A. chroococcum</i> ,	Kasvin kasvua edistävä: vitamiinien ja aminohappojen tuotto, siemenen germinatiota edistävä, biokontrolli	Ei-symbioottinen typen sidonta
<i>Azospirillum</i>	<i>A. brasilense</i> , <i>A. lipoferum</i> ,	Kasvien kasvua edistävä (typen sidonta, biostimulantti-biostimulantti, fosfaatin liuotus), bioremediaatio, biokontrolli, abioottisen stressin sieto	Paljon tutkittu kasvin kasvua edistävä bakteerisuku, kolonisoi ainakin 100 eri kasvia
<i>Bacillus</i>	<i>B. cereus</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Paenibacillus</i> sp., <i>B. mycoides</i> , <i>B. firmus</i>	Fytostimulantti, biostimulantti-biostimulantti, biokontrolli, abioottisen ja bioottisen stressin sieto, positiivinen vaikutus muuhun kasvin mikrobiomiin	Itiöt kestävät vaikeita olosuhteita
<i>Brevibacillus</i>	<i>B. brevis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. laterosporus</i> , <i>B. agri</i> , <i>B. formosus</i>	Kasvin kasvua edistävä, biokontrolli, bioremediaatio,	
<i>Clostridium</i>	<i>C. pasteurianum</i> , <i>C. butyricum</i> , <i>C. kluyverii</i> , <i>C. acetobutylicum</i> , <i>C. beijerinckii</i> , <i>C. acetum</i> , <i>C. felsineum</i> , <i>C. papyrosolvens</i> , <i>C. formacacelicum</i> , <i>C. cellobioparum</i> (typen sidonta)	Kasvin kasvua edistävä, typen sidonta, biostimulantti	Kasvua edistävä esim. punajuuri, ohra, vehnä, retiisi, tomaatti, kurkku
<i>Enterobacter</i>	<i>E. intermedium</i> , <i>E. orzae</i> , <i>E. sacchari</i> , <i>E. arachidis</i> , <i>E. cloacae</i> , <i>E. asburiae</i> , <i>E. lugwigii</i>	Fytohormonien tuotto, biokontrolli, sideroforien tuotto, fosfaatin liuotus, typen sidonta, ACC deaminaasin tuotto, bioremediaatio	Seleenipitoisuuden lisääntyminen kasvissa
<i>Exiguobacterium</i>	<i>E. sibiricum</i> , <i>E. profundum</i> , <i>E. indicum</i> , <i>E. acetylicum</i> ,	Bioremediaatio, biokontrolli, kasvin kasvua edistävä, ravinteiden hankinta, fosfaatin liuotus, kasvihormonien tuotto, sideroforien tuotto	
<i>Firmicutes</i>	<i>Lysinibacillus</i> , <i>Aneurinibacillus</i> , <i>Brevibacillus</i> , <i>Oceanobacillus</i> , <i>Planococcus</i> , <i>Clostridium</i> ,	Biokontrolli: antifungalinen, kasvin kasvua edistävä (typen sidonta, fosfaatin liuotus),	Yksi yleisimmistä bakteeriryhmistä riitosfääriissä

Bakteerisuku	Hyödylliset lajit	Vaikutus kasvinterveydelle/hyöty	Muuta
	<i>Sporosarcina</i> , <i>Virgibacillus</i> , <i>Terribacillus</i> , <i>Staphylococcus</i>	muiden maaperän bakteerien kasvun edistäminen	
<i>Frankia</i>	<i>F. inefficax</i> ,	Typen sidonta, fytohormonien tuotto (IAA), sideroforien tuotto, fosfaatin liuotus, eroosion kontrollointi	Juurinystyrät
<i>Gluconobacter</i>	<i>G. diazotrophicus</i> , <i>G. oxydans</i> , <i>G. asii</i> , <i>G. azotocaptans</i>	Biomassan ja kasvin pituuden kasvu. Ravinneköyhissä maissa kasvin kasvua edistävää (fytohormonien tuotto, fosfaatin ja sinkin liuotus, typen sidonta, sideroforien tuotto). Biokontrolli (antifungaalinen, elintarvikepatogeenien inhibiitio, antibioosis).	Endofyyttinen. Pystyy menemään kasvin sisälle ilmaraoista. Esiintyy kukissa ja hedelmissä. Myös hedelmiä pilaavia lajeja.
<i>Herbaspirillum</i>	<i>H. seropedicae</i> , <i>H. rubrisubalbicans</i> , <i>H. frisingense</i> ,	Kasvin kasvua edistävä (biostimulantti, typen sidonta, fytohormonien tuotto, ACC tuotto, sideroforien tuotto, biotottisen ja abiotottisen stressin hallinta)	Endofyyttinen. Viljat, rehu heinät, sokeriruoko
<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i> , <i>K. irakense</i> , <i>K. brasillense</i> ,	Kasvin kasvua edistävä, typen sidonta, fytohormonien tuotto, ravinteiden ja vedenoton tehostaminen, biostimulantti-biostimulantti, biokontrolli, fyto-remediaatio, bioremediaatio	
<i>Kosakonia</i>	<i>K. arachidis</i> , <i>K. sacchari</i> , <i>K. radicincitans</i> , <i>K. oryziphila</i> , <i>K. oryzae</i> , <i>K. cowanii</i> , <i>K. arachidis</i>	Kasvin kasvua edistävä, typen sidonta, sideroforien tuotto, fosfaatin liuotus,	Jotkut fytopatogeeneja
<i>Lysobacter</i>	<i>L. antibioticus</i> , <i>L. capsici</i> , <i>L. enzymogenes</i>	Biokontrolli: antifungaalinen, antibioottien tuotto, kasvin resistenssimekanismin aktiivointi, proteaasien tuotto, lyttiset entsyymit, bioremediaatio,	Yleinen laji viljelymaiden maaperässä, riittosfäärissä, endofyyttinen
<i>Methylobacterium</i>	<i>M. organophilum</i> ,	Kasvin kasvua edistävä (kasvi-hormonien, IAA, B12 ja sytokinonien tuotto, siementen germinaatiota edistävä), biokontrolli, fyto-remediaatio	Juurinystyröiden muodostus palkokasveille
<i>Paenibacillus</i>	Esim. typen sidonta: <i>P. polymyxa</i> , <i>P. macerans</i> , <i>P. peoriae</i> , <i>P. durus</i> , <i>P. brasillensis</i> , <i>P. graminis</i> , <i>P. odorifer</i> , <i>P. dendritiformis</i> (biokontrolli)	Kasvin kasvua edistävä: typen sidonta, fosfaatin ja kaliumin liuotus, sideroforien tuotto, kasviahormonien tuotto, biokontrolli, bioremediaatio	Eksopolysakkaridien tuotto
<i>Paraburkholderia</i>	<i>Burkholderia vietnamiensis</i> , <i>P. xenovorans</i> , <i>P. unamae</i> , <i>P. tropica</i> , <i>P. silvalantica</i> , <i>P. caballeronis</i> , <i>P. ferrariae</i> , <i>P. fungorum</i> , <i>P. helea</i> , <i>P. kururiansis</i> , <i>P. nodosa</i> , <i>P. phymatum</i> , <i>P. silvalantica</i> , <i>P. terrae</i> , <i>P. tuberum</i> , <i>B. cepacia</i> (MPS)	Kasvin kasvua edistävä, typen sidonta, fosfaatin liuotus, sideroforien tuotto, fytohormonien tuotto, etyleenitasojen alentaminen, antifungaalinen	Jotkut lajit muodostavat juurinystryitä palkokasvien kanssa.

Bakteerisuku	Hyödylliset lajit	Vaikutus kasvinterveydelle/hyöty	Muuta
<i>Pseudomonas</i>	<i>P. fluorescens</i> , <i>P. putida</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>P. corrugata</i> , <i>P. aurantiaca</i>	Kasvin kasvua edistävä, bio-kontrolli, ravinteiden mobiilisaatio, fytohormonien tuotto, bioremediaatio, sadon laadun ja saannon parantaminen	
<i>Rhizobium</i>		Ravinteiden mobilisointi, fytohormonien tuotto, patogeenien inhibitio, kasvien kasvua edistävä	<i>Rhizobium</i> -suvun bakteerit elävät joko riittosfäärissä, juuren pinnalla, endofyytteinä tai juurinystryöissä.
<i>Serratia</i>	<i>S. liquefaciens-proteamaculans-grimesii</i> complex, <i>S. plymuthica</i>	Kasvitaudinaiheuttajien inhibitio (biokontrolli), antimikrobisten yhdisteiden tuotto, fosfaattien liuotus, kasvien kasvua edistävä, fytoimediaatio	Hyönteisten patogeeni. Erittää virulenssitekijöitä.
<i>Stenotrophomonas</i>	<i>S. maltophilia</i>	Kasvin kasvua edistävä (typen sidonta, fosfaatin liuotus, kasvuregulaattorien tuotto, sideroforien tuotto, ACC tuotto), biokontrolli, bioremediaatio, biofortifikaatio	
<i>Streptomyces</i>	Biocontrol: <i>S. hygroscopicus</i> , <i>S. coelicolor</i> , <i>S. girseus</i> , <i>S. albus</i> , <i>S. antibiotics</i> , <i>S. champavatii</i>	Kasvien kasvua edistävä, kasvin terveyttä edistävä, orgaanisten aineiden hajotus, typen sidonta, mineraalien liotus, biokontrolli	Sekundaaristen metaboliittien (mm. entsyymit, hormonit) ja tuotto
<i>Thiobacillus</i>	<i>T. thiooxidans</i>	Ravinteiden saannin lisääminen kasveille (rikin hapetus, fosfaatin, rikin ja raudan liuotus)	Rikkiä hapettava

IAA: kasvihormoni indolylietikkahappo

ACC: kasvihormoni etyleenin (eteeni) esiaste

Taulukko 1.2. Kasvin terveydelle hyödylliset sienet. Aineisto taulukkoon otettu Amaresan ym. (2020).

Sienisuku	Hyödylliset lajit	Vaikutus kasvinterveydelle/hyöty	Muuta
<i>Ampelomyces</i>	<i>A. quisqualis</i> ,	Biokontrolli härmäsienten aiheuttamia kasvitauteja vastaan	Härmäsienten parasiitti
<i>Aspergillus</i>	<i>A. flavus</i> atoxigenic	Ei-toksigeeniset kannat toksigeenisten <i>Aspergillus</i> - kantojen biokontrollina	Jotkut lajit tuottavat mykotoksiineja
<i>Beauveria</i>	<i>B. bassiana</i> ,	Kasvitauteja aiheuttavien hyönteisten biokontrolli, biokontrolli <i>Fusarium</i> - lajeja vastaan	Hyönteisten patogeeni
<i>Dactylella</i>	<i>D. minuta</i> , <i>D. oviparasitica</i>	Kasvitauteja aiheuttavien sukkulamatojen biokontrolli	
<i>Duddingtonia</i>	<i>D. flagrans</i> ,	Kasvitauteja aiheuttavienaiheuttavien sukkulamatojen biokontrolli, kasvin kasvua edistävä	Kaupallinen biokontrolli tuote vain eläinpatogeenisiä sukkulamatoja vastaan
<i>Entomophthoran</i>	<i>Batkoa</i> spp., <i>Conidiobolus</i> spp., <i>Zoophthora radicans</i> , <i>Entomophaga</i> spp., <i>Entomophthora</i> spp., <i>Neozygites</i> spp., <i>Pandora</i> spp., <i>Zoophthora</i> spp.	Kasvitauteja aiheuttavien hyönteisten biokontrolli,	Parasiittinen, vaikeita eristää, heikosti itiöiviä,
<i>Fusarium</i>	Ei-patogeeninen <i>F. oxysporum</i>	Biokontrolli	Endofyyttinen
<i>Ganoderma</i>	<i>G. lucidum</i> ,	Käytetään kliinisessä-, farmaseutissa ja lisäravinneteollisuudessa erilaisten sairauksien hoitoon	”Reishi” sienet, aiheuttaa myös juurimätää
<i>Gliocladium</i>	<i>G. virens</i>	Biokontrolli	Kaupallinen valmiste markkinoilla
<i>Glomus</i>	<i>G. mosseae</i> , <i>G. claroideum</i>	Kasvin ravinteiden saannin parantaminen, kasvin abioottisen ja bioottisen stressinsietokyvyn parantaminen, ravinteiden kierto, maaperän rakenteen parantaminen, bioremediaatio	Arbuskulaarinen mykoritsa, symbiontti
<i>Hirsutella</i>	<i>H. thompsonii</i> , <i>H. citriformis</i> , <i>H. rhossiliensis</i> , <i>H. minnesotensis</i> , <i>H. vermicola</i>	Kasvitauteja aiheuttavienaiheuttavien hyönteisten ja sukkulamatojen biokontrolli, bioremediaatio	
<i>Metarhizium</i>	<i>M. anisopliae</i> ,	Tuholaishyönteisten biokontrolli, biopestisidi, biokontrolli esim. <i>Fusarium culmorum</i> vastaan	Hyönteisten patogeeni
<i>Paecilomyces</i>	<i>P. lilacinus</i> , (nyk. <i>Purpureocillium lilacinum</i>)	Kasvitauteja aiheuttavienaiheuttavien sukkulamatojen biokontrolli	Voi aiheuttaa allergiaa ihmisille
<i>Paxillus</i>	<i>P. involutus</i> ,	Kasvin kasvua edistävä, abioottisen stressinsietokyvyn parantaminen, mineraalien vapauttaminen kiviaineksesta, fytoformulaatio, ravinteiden kierto,	Myrkyllisiä sieniä, mykoritsa
<i>Penicillium</i>	<i>P. citrinum</i> , <i>P. rubens</i>	Kasvin kasvua edistävä (kasvi-hormonien tuotto, juuri-interaktio, fosfaatin liuotus, abioottisen stressin sieto), biokontrolli, antibioottien tuotto, maan supressiivisuus, bioremediaatio, orgaanisen materiaalin hajotus	Epifyyttinen ja endofyyttinen
<i>Pisolithus</i>	<i>P. tinctorius</i> ,	Parantunut ravinteiden saanti, kasvin kuivuudensietokyvyn lisääminen, suojaa maaperän kontaminaatiota vastaan (mm. raskasmetallit, pestidisit)	Ektomykoritsa, tutkimuksia, joissa myös negatiivisia tai ei vaikutusta kasvin kasvuun

Sienisuku	Hyödylliset lajit	Vaikutus kasvinterveydelle/hyöty	Muuta
<i>Pochonia</i>	<i>P. humicola</i> , <i>P. chlamydosporia</i> ,	Kasvitauteja aiheuttavien sukkulamatojen biokontrolli, kasvin kasvua edistävä	Saprofyyttinen, endofyyttinen
<i>Pythium</i>	<i>P. acanthicum</i> , <i>P. periplocum</i> , <i>P. nunn</i> , <i>P. oligandrum</i>	Biokontrolli,	Myös kasvitauteja aiheuttavia lajeja, parasiittinen (elää esim. <i>F. culmorum</i> parasiittina)
<i>Stropharia</i>	<i>S. rugosoaanulata</i> , <i>S. coronilla</i>	Antifungaalinen, ravinteiden liuotus maaperästä kasvin käyttöön, maaperän rakenteen muokkaus	Syötävä sieni, käytetään lääkkeenä, ekto- ja endomykorritsa
<i>Trichoderma</i>	<i>T. viride</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. longipile</i> , <i>T. tomentosum</i> , <i>T. koningii</i>	Biokontrolli (ritsospääriin kolonisatio, patogeenien kasvun inhibitio, kasvin terveyden lisääminen, kasvin juurien kasvun stimulointi), kasvin kasvupotentiaalin lisääminen, kukinnan parantaminen, biofortifikaatio, bioremediaatio	Yksi eniten tutkituista biokontrolli sienistä, kaupallisia sovelluksia

Liite 2. Mikrobipohjaiset biostimulanttivalmisteet Suomen markkinoilla

Taulukko 2.1. Mikrobipohjaiset biostimulanttivalmisteet Suomen markkinoilla ([Ruokavirasto](#)). Päivitetty 28.1.2026. Käyttötapa, käyttökohteet ja vaikutustapa tiedot taulukkoon otettu valmistajan sivuilta. Ajantasaisen lista löytyy Ruokaviraston luomulannoiteluettelosta ([Ruokavirasto luomulannoiteluettelo](#)).

Valmisteen nimi	Valmistaja	Käyttötapa	Mikrobi	Käyttökohteet	Vaikutustapa
LALRISE® VITA* (ent. Rhizocell)	Verdera Oy	Juuristovyöhykkeen kastelukäsittely heti istutuksen jälkeen	<i>Bacillus velezensis</i> ja hiivauutetta	Mm. taimituotanto, vihannekset, peruna, koristekasvit, marjakasvit ja hedelmäpuut	<i>Bacillus</i> -hyötymikrobi asuttaa juuriston ja stimuloi juurten kasvua sekä edistää ravinteiden, etenkin fosforin saatavuutta maasta. Hiivauute tehostaa ja nopeuttaa <i>Bacillus</i> -hyötymikrobin toimintaa
MYC800*	Verdera Oy	Juuristovyöhykkeen kastelukäsittely heti istutuksen	<i>Glomus intraradices</i>	mm. hedelmäpuut	Laajentaa isäntäkasvin juuriston hyötypinta-alaa, edistää veden ja ravinteiden ottoa, parantaa stressinsietokykyä
LALRISE® MYC DP	Verdera Oy	Kasvualustaan sekoitettuna	<i>Rhizophagus irregularis</i>	Vihannekset, koristekasvit, taimistokasvit, marja- ja hedelmäpuut.	Endomykorritsa, Laajentaa isäntäkasvin juuriston hyötypinta-alaa, edistää veden ja ravinteiden ottoa, parantaa stressinsietokykyä
LALRISE® MAX WP	Verdera Oy	Kasvualustaan sekoitettuna	<i>Rhizophagus irregularis</i> ja hiivauute	Marja- ja hedelmäkasvit, taimistokasvit ja avomaan vihannekset	Endomykorritsa, Laajentaa isäntäkasvin juuriston hyötypinta-alaa, edistää veden ja ravinteiden ottoa, parantaa stressinsietokykyä. Hiivauute nopeuttaa mykorritsientien kasvua.
Nientris*	Syngenta Nordics	Levitetään kasteluveden mukana kasvualustaan	<i>Azotobacter salinestris</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i>	Viljat, palkokasvit, maissi, peruna, sokerijuurikas	<i>Azotobacter</i> sitoo ilmakehän typpeä (N) ja muuntaa sen kasveille imeytyväksi muodoksi. Bakteerit kolonisoivat sekä lehdet että juuret, parantaen viljelykasvien kasvua, satoa ja laatua. <i>W. anomalus</i> toimii <i>Azotobacter</i> prebioottina.
Vixeran*	Syngenta Nordics	Levitetään kasteluveden mukana kasvualustaan	<i>Azotobacter salinestris</i>	Viljat, palkokasvit, maissi, peruna, sokerijuurikas	<i>Azotobacter</i> sitoo ilmakehän typpeä (N) ja muuntaa sen kasveille imeytyväksi muodoksi. Bakteerit kolonisoivat sekä lehdet että juuret, parantaen viljelykasvien kasvua, satoa ja laatua.
Rhizovital FZB24*	Avagro Oy	Ruiskutus tai kasvualustaan laimennettuna	<i>Bacillus subtilis</i> FZB24	Peruna, viljat, vihannekset	Parantaa juuriston kasvua ja kasvin fosforin saatavuutta, tehostaa kasvin puolustuskykyä. Torjuu perunaseittiä, perunarupea, vehnän härmä
BlueN*	Corteva Agriscience Finland Oy	Ruiskutus kasviin	<i>Methylobacterium symbioticum</i> SB23	Viljat, öljykasvit, maissi	Sitoo typpeä ilmasta ja muuntaa sen kasville käyttökelpoiseksi.
Ecolan Agra BactoBoost*	Ecolan Oy	Siementen peittäminen ennen kylvöä			
Ecolan Agra BactoNP*	Ecolan Oy				

Valmisteen nimi	Valmistaja	Käyttötapa	Mikrobi	Käyttökohteet	Vaikutustapa
Typpiymppi*	Elomestari Oy	Siementen peittäminen ennen kylvöä	<i>Rhizobium leguminosarum biovar. trifolii</i> , ja biovar. <i>viciae</i> ; <i>Neorhizobium galegae</i> ; <i>Ensifer meliloti</i> ; <i>Bradyrhizobium</i>	apilat, herne, vurnat, härkäpapu, vuohenherne, mailaset, keltamaite, lupiinit	Nopeuttaa nystyröintiä ja parantaa kasvin typensidontaa
FAIN BioAktivaattori*	Faintend LTD	Kasteluveden mukana	<i>maitohappo- ja fotosynteesibakteereja sekä hiivaa (Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Rhodoseudomonas palustris, Saccharomyces cerevisiae)</i>	Kompostoinnin tehostaminen	
Symbio Mycoforce*	Schelelig Ab	kastelu, upotus, siemenpeittäminen	<i>Mykorritsasieniä, maabakteereita ja -sieniä merilevää, melassia, ravinteita</i>	Viljat, vihannekset, heldelmäpuut,	Parantaa ravinteiden saatu- vuutta, juuriston kasvua ja kasvin omaa vastustuskykyä, torjuu taudinaiheuttajia ja sitoo typpeä.
ProBio Kasvinravinne*	Suomen Biokierto- tuote Oy	Kasteluveden mukana	<i>Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Rhodoseudomonas palustris, Saccharomyces cerevisiae ym.</i>	Nurmikko, kasvit, kasvikset, puut, pensaat, kukat	Auttaa kasveja hyödyntämään tehokkaasti kaikki kasvualus- tassa olevat ravinteet sekä hi- venaineet ja siten vahvistaa kasveja torjumaan erilaisia kas- vitauteja
Azofix Plus*	Bioenergy LT (Liettua) Markkinoija: Suomen Nestelanoite Oy	Maaperään kastelu- veden mukana	<i>Paenibacillus poly- myxa</i>		Tehokas ilmahan tyypen sito- minen ja kasvien ravitsemus- tarpeiden varmistaminen.
Bacto K*	Bioenergy LT (Liettua) Markkinoija: Suomen Nestelanoite Oy	Maaperään kastelu- veden mukana	<i>Bacillus megaterium</i>		Kasvin kaliumin saannin paran- taminen
Fosfix Plus*	Bioenergy LT (Liettua) Markkinoija: Suomen Nestelanoite Oy	Maaperään kastelu- veden mukana	<i>Bacillus aryabhattai</i>		Kasvin fosfaatin saannin paran- taminen
Biolan Root- growTM - mykorritsa	Biolan	Istutuskoppaan is- tutuksen yhteydessä	<i>Claroideoglossus claroideum, Funneli- formis mosseae, Funneliformis geo- sporum, Rhizophagus irregularis, Glo- mus microaggre- gatum, Diversispora</i>	Puutarha- ja huonekasvit	Lisää kasvin juuristopinta- alaa ja kasvin kapasiteettia ottaa ja käyttää ravinteita sekä vettä.

* Luomutuotannossa sallitut lannoitevalmisteet Suomessa (Ruokavirasto)

Liite 3. Mikrokipohjaiset biopestisidivalmisteet Suomen markkinoilla

Tukesin ylläpitämä kasvinsuojeluainerekisteristä löytyy luokitus vähäriskisille ja biologisille valmisteille. Tässä luokituksessa biologisella valmisteella tarkoitetaan vain valmisteita, joiden teho perustuu elävään mikrobiin. Kasvipörsäisiin ja muihin luonnossa esiintyviin yhdisteisiin perustuvilla valmisteilla ei ole rekisterissä erillistä luokitusta.

Taulukko 3.1. Mikrokipohjaiset biopestisidivalmisteet Suomen markkinoilla (Tukes Kasvinsuojeluainerekisteri). Tiedot otettu 28.1.2026. Ajantasainen tieto löytyy Tukesin kasvinsuojeluainerekisteristä.

Valmisteen nimi	Valmisteryhmä	Käyttötarkoitus	Tehoaineet	Valmisteen tila	Luvan viimeisen voimassaolopäivä
PMV-01	elisitori virus inokulantti kasvitautivalmiste	Virusrokote pepinon mosaikkiviruksen ennaltaehkäisevään torjuntaan tomaateilla kasvihuoneessa.	Pepinon mosaikkivirus (kannan CH2 isolaatti 1906)	Hyväksytty	07.08.2031
Prestop Mix	kasvitautivalmiste	<i>Pythiumin</i> ja <i>Rhizoctonian</i> aiheuttaman taimipoltteen ja juuristotautien torjuntaan vihannes-, mauste- ja koristekasveilla turpeessa ja muissa orgaanisissa alustoissa avomaalla, kasvihuoneissa ja tunneliviljelyksissä sekä mansikan ja vadelman harmaahomeen torjuntaan mehiläisten ja kimalaisten avulla levitettynä avomaalla, kasvihuoneissa ja tunneliviljelyksissä.	<i>Gliocladium catenulatum</i> -sienen rihmastoa ja itiöitä	Hyväksytty	31.07.2027
Prestop	kasvitautivalmiste	Kurkun mustapistemädän (<i>Didymella</i>) torjuntaan, tomaatin, paprikan, kurkun, mansikan, koristekasvien ja pikkutaimien harmaahomeen (<i>Botrytis</i>) torjuntaan sekä <i>Pythiumin</i> , <i>Phytophthoran</i> , <i>Rhizoctonian</i> ja <i>Fusariumin</i> aiheuttaman taimipoltteen ja juuristotautien torjuntaan vihannes-, mauste- ja koristekasveilla.	<i>Gliocladium catenulatum</i> -sienen rihmastoa ja itiöitä	Hyväksytty	31.07.2027
SteelGrow-M	kasvitautivalmiste	Vihannes-, mauste- ja koristekasvien taimien kasvualustakäsittelyyn, siementen peittaukseen sekä pistokkaiden, istukassipulin ja valkosipulinkynsien upotuskäsittelyyn. Sienitautien (kuten <i>Fusarium</i> -lakastumistaudin, <i>Pythium</i> -taudin ja eri juuristotautien) torjuntaan vihannes-, mauste- ja koristekasviviljelmillä kasvihuoneissa.	<i>Streptomyces</i> K61 -sädebakteerin rihmastoa ja itiöitä	Hyväksytty	30.04.2027
Rotstop SC	kasvitautivalmiste	Juurikäävän torjuntaan männyn ja kuusen kannoilla.	Harmaaorvakka-sienen itiöitä	Hyväksytty	30.04.2027
Mycostop	kasvitautivalmiste	Vihannes-, mauste- ja koristekasvien taimien kasvualustakäsittelyyn, siementen peittaukseen sekä pistokkaiden, istukassipulin ja valkosipulinkynsien upotuskäsittelyyn. Sienitautien (kuten <i>Fusarium</i> -lakastumistaudin, <i>Pythium</i> -taudin ja eri	<i>Streptomyces</i> K61 -sädebakteerin rihmastoa ja itiöitä	Hyväksytty	30.04.2027

Valmisteen nimi	Valmisteryhmä	Käyttötarkoitus	Tehoaineet	Valmisteen tila	Luvan viimeisen voima- saolopäivä
		juuristotautien) torjuntaan vihannes-, mauste- ja koristekasviviljelmillä kasvi- huoneissa.			
Lalstop G46 WG	kasvitautilmiste	Mansikalla harmaahomeen torjuntaan avomaalla, tunnelissa ja kasvi- huoneessa sekä Cucurbitacea -heimon kasveilla, kurkulla, tomaatilla, paprikoilla (<i>capsicum</i> sp.), muna- koidilla, salaattilla, koristekasveilla sekä taimikasvatuksessa käyttöoh- jeessa mainittujen kasvitautilien torjuntaan kasvihuoneessa.	<i>Clonostachys rosea</i> strain J1446	Hyväksytty	31.03.2035
Triatum-P	kasvitautilmiste	Maaperän käsittelyyn maalevintäisten sienien kuten <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp. ja <i>Rhizoctonia</i> torjuntaan käyttöohjeessa tarkemmin mainituilla kasveilla kuten vihanneksilla, marjoilla, yrteillä, sipuleilla, koristekasveilla, perennoilla ja metsätaimilla kasvihuoneessa.	<i>Trichoderma harzianum</i> (kanta T-22)	Hyväksytty	15.04.2026
Triatum-G	kasvitautilmiste	Käyttöohjeessa mainittujen kasvitautilien torjuntaan vihanneskasveilla ja koristekasveilla kasvihuoneessa ja tunnelissa, porkkanalla ja salaattilla avomaalla ja tunnelissa sekä kasvitautilien torjuntaan nurmikoilla ja urheilukentillä.	<i>Trichoderma harzianum</i> (kanta T-22)	Hyväksytty	15.04.2026
Cerall	kasvitautilmiste	Vehnän, rukiin ja ruusvehnän kylvösiemenen peittaukseen vehnän haisunoen, <i>Septoria nodorum</i> - ja <i>Fusarium</i> -sienitautien torjumiseksi.	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> MA 342	Hyväksytty	30.04.2026
Cedomon	kasvitautilmiste	Ohran ja kauran siemenen peittaukseen viirutaudin, verkkolaikun, ohran tyvi- ja lehtilaikun, kauranlehtilaikun sekä siemenlevintäisten homesienien torjumiseksi.	<i>Pseudomonas chlororaphis</i> MA 342	Hyväksytty	30.04.2026
LALSTOP CONTANS WG	kasvitautilmiste	Maaperän käsittelyyn pahkahomeen (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) torjuntaan käyttöohjeessa mainituilla kasveilla avomaalla, kasvihuoneessa ja tunnelissa.	<i>Coniothyrium minitans</i> , strain CON/M/91-08	Hyväksytty	31.07.2033
SteelGrow-P2	kasvitautilmiste	Kurkun mustapistemädän (<i>Didymella</i>) torjuntaan, tomaatin, paprikan, kurkun, mansikan, koristekasvien ja pikkutaimien harmaahomeen (<i>Botrytis</i>) torjuntaan sekä <i>Pythiumin</i> , <i>Phytophthoran</i> , <i>Rhizoctonian</i> ja <i>Fusariumin</i> aiheuttaman taimipoltteen ja juuristotautien torjuntaan vihannes-, mauste- ja koristekasveilla.	<i>Gliocladium catenulatum</i> -sienen rihmastoa ja itiöitä	Hyväksytty	31.07.2027

Valmisteen nimi	Valmisteryhmä	Käyttötarkoitus	Tehoaineet	Valmisteen tila	Luvan viimeinen voimassaolopäivä
Serenade ASO	kasvitautivalmiste	Käyttöohjeessa mainittujen kasvitautien torjuntaan rapsilla, vehnällä, ohralla, ruisvehnällä, rukiilla, kauralla, perunalla ja salaattilla avomaalla, porkkanalla avomaalla ja tunnelissa, mansikalla kasvihuoneessa- ja tunnelissa sekä tomaatilla, paprikalla, munakoisolla, melonilla, vesimelonilla, kesäkurpitsalla ja kurkulla kasvihuoneessa ja tunnelissa.	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (kanta QST 713)	Hyväksytty	15.08.2027
Integral Pro	kasvitautivalmiste	Kevät- ja syysrapsin sekä kevät- ja syysrapsin peittaukseen kuivamädän (phoma) torjuntaan.	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (kanta MBI 600)	Hyväksytty	16.09.2027
V10	kasvitautivalmiste elisitori virus inokulantti	Pepinon mosaiikkiviruksen ennaltaehkäisevä torjunta tomaatilta kasvihuoneissa.	Pepinon mosaiikkiviruksen isolaatin VC1 heikennetty kanta Pepinon mosaiikkiviruksen isolaatin VX1 heikennetty kanta	Hyväksytty	29.03.2033
Turex 50 WP	tuhoeläinvalmiste	Perhostoukkien torjuntaan valko-, puna-, savoijin-, suippo-, ruusu-, lehti-, kiinan-, pinaattikiinan- ”pak choi, kukka-, parsa- ja kyssäkaalilta, sareptansinapilta, lantulta, nauriilta, omenalta, päärynältä, luumulta, kirsikalta ja kuusen siemenviljelyksiltä sekä tomaatilta, kurkulta, paprikalta ja maustepaprikalta kasvihuoneessa ja koristekasveista ja taimistoista kasvihuoneessa ja avomaalla.	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. aizawai (kanta GC-91)	Hyväksytty	15.08.2027
BotaniGard WP	tuhoeläinvalmiste	Ansarijauhiasen (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>) ja etelänjauhiasen (<i>Bemisia tabaci</i>) torjuntaan kurkulta, tomaatilta, paprikalta, mansikalta, melonilta, kesäkurpitsalta, munakoisolta, koristekasveilta, erityisesti ruusulta, ja puiden taimilta kasvihuoneessa.	<i>Beauveria bassiana</i> GHA	Hyväksytty	30.10.2026
PreFeRal	tuhoeläinvalmiste	Jauhiasten torjuntaan kurkulta, tomaatilta ja koristekasveilta kasvihuoneissa.	<i>Isaria fumosorosea</i> , kanta Apopka 97	Hyväksytty	31.12.2031



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki