

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE

14/94

PIRKKO LAITINEN

**Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden
biokemiallinen vuorovaikutus**

Kirjallisuustutkimus

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
TIEDOTE 14/94

PIRKKO LAITINEN

**Allelopatia - kasvien ja muiden eliöiden
biokemiallinen vuorovaikutus**

Kirjallisuustutkimus

Maatalouden tutkimuskeskus
Kasvinsuojelun tutkimuslaitos
31600 JOKIOINEN
Puh. (916) 1881

Jokioinen 1994
ISSN 0359-7652

SISÄLLYS

ESIPUHE	5
TIIVISTELMÄ	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Mitä allelopatia on?	7
2 HISTORIAA	7
2.1 Allelopatiakäsitteen muotoutuminen	7
2.2 Kasvien väliset vuorovaikutukset — Tutkimuksia ja teorioita 1960-luvulle saakka	8
2.3 Kasvien ja mikrobien vuorovaikutukset	9
2.4 Kasvien vaikutus hyönteisiin	9
3 KASVIEN VAIKUTUKSET YLEENSÄ —KILPAILU VAI PUOLUSTUS?	10
3.1 Allelopaattisten yhdisteiden merkitys niitä tuottaville kasveille	10
3.2 Kasvien ja hyönteisten vuorovaikutuksen periaatteet	10
3.3 Autotoksisuus	11
3.4 Positiivinen vuorovaikutus	12
4 ALLELOKEMIKAALIT SEKUNDAARIYHDISTEIDEN ALARYHMÄNÄ	12
4.1 Yleistä	12
4.2 Esimerkkejä allelokemikaaleista	13
4.2.1 Alkaloidit	13
4.2.2 Sinappiöljyglukosidit	13
4.2.3 Tanniinit	14
5 VAIKUTUSTAVAT	14
5.1 Vaikutukset kasveihin	14
6 KASVINOSAT BIOTOKSIINIEN LÄHTEINÄ	14
7 KASVISTA YMPÄRISTÖÖN	15
8 SUORAT JA EPÄSUORAT VAIKUTUKSET	16
9 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSET	16
9.1 Kosteus, lämpötila ja maalaji	16
9.2 Ravinteet	17
9.3 Ajankohta	18
9.4 Viljelytekniikka	18
10 TUTKIMUSMENETELMISTÄ	19
11 KASVINJALOSTUS	20
12 ALLELOPAATTISIA KASVEJA	21
12.1 Auringonkukka	21
12.2 Jauhosavikka	22
12.3 Juolavehna	22
12.4 Kaura ja hukkakaura	22
12.5 Kumina ja palsamipäivänkakkara	22

12.6 Kurkku	23
12.7 Ohra	23
12.8 Ristikukkaiset	23
12.8.1 Kaalikasvit: rypsi, rapsi ja sareptansinappi	23
12.8.2 Keltasinappi	25
12.9 Ruis	25
12.10 Ruisvirna	26
12.11 Samettikukka (Samettiruusu)	26
12.12 Tattari eli viljatatar	26
12.13 Valko- ja rohtomesikkä	27
12.14 Vehnä	27
13 ALLELOPATIAN MAHDOLLISUUKSIA KÄYTÄNNÖN VILJELYSSÄ	27
13.1 Viljelykierrot ja kesantokasvit	27
13.2 Katteet	28
13.2.1 Olki- ja hakekatteet	28
13.2.2 Vihersilppukatteen	28
13.2.3 Elävä kate riviväleissä	28
13.3 Kumppanuuskasvit	29
13.4 Lajikevalinta	29
13.5 Kasvipenäiset torjunta-aineet	30
13.6 Kannattavuus	30
13.6.1 Allelopaattisten jälkivaikutusominaisuuksien huomioiminen viherkesantokasveja valittaessa	30
14 TUTKIMUSLINJOJA	31
15 LOPUKSI	31
KIRJALLISUUS	32
KASVINIMISTÖ	37
KASVIHAKEMISTO	40
SANASTO	44

ESIPUHE

Tämä kirjallisuustutkimus perustuu kirjallisuushakuihin ja muutamiin haastatteluihin. Kirjallisuushaut on tehty CD-ROM-tietokannoista CCAB ja Agricola. Lisäksi olen saanut runsaasti kirjallisuutta eri tahoilta. Haastatteluilla olen pyrkinyt saamaan esille sekä käytännön viljelijöiden että tutkijoiden kokemuksia, havaintoja ja mielipiteitä allelopatiasta ja sen soveltamisesta maatalouteen.

Käsitteenä allelopatia on vielä muotoutumassa. Tiukasti ottaen se on kasvien välinen biokemiallinen vuorovaikutus. Laajimmillaan siihen luetaan kasvien ja mikrobien pääaineenvaihduntansa ohessa tuottamien yhdisteiden vaikutukset toisiinsa kasveihin, mikrobeihin ja hyönteisiin. Alueen rajausta näyttää riippuvan tutkijoiden biologisista ja ekologisista näkemyksistä, eli siitä, miten laajoihin ja pitkälle ulottuviin yhteyksiin ilmiö halutaan kytkeä. Luonnon monimutkaiset vaikutussuhteet tarjoavat tälläkin alueella mahdollisuuksia lähes loputtomiin pohdintoihin.

Kirjallisuuteen tutustuminen olikin aluksi varsin hämmentävää. Rajoittuako käsittelemään vain kasvien välistä kemiallista vuorovaikutusta ja sulkea samojen kasvien ja jopa samojen yhdisteiden vaikutukset muihin eliöihin työn ulkopuolelle? Jos esimerkiksi rikkakasvien kehitystä heikentävä viljelykasvi vaikuttaa myös kasvitauteihin tai hyönteisiin, on näiden vaikutusten tunteminen tärkeää viljelyä suunniteltaessa. Koska työn tavoitteena oli antaa kuva allelopatiasta ilmiönä ja tarkastella sen merkitystä ja soveltamismahdollisuuksia kasvintuotannossa, tuntui luontevalta ainakin jossain määrin käsitellä myös kasvien kemiallista suhdetta mikrobeihin ja hyönteisiin. Päähuomio tässä työssä on kuitenkin kasvien välisissä vaikutuksissa.

Kiitän lämpimästi kaikkia kirjallisuuskatsauksen syntymistä tukeneita henkilöitä. Erityisesti haluan kiittää professori Sirpa Kurppaa ja tutkijoita Sirkka-Liisa Jaakkolaa, Hannu Känkästä, Asko Hannukkalaa ja Leena Hömmöä Maatalouden tutkimuskeskuksesta asiaan paneutumisesta ja arvokkaista kommentteista. MMT Kari Jokiselta (Kemira, Agro Oy, Espoon tutkimuskeskus) saamani laaja kirjallisuusmateriaali oli tehtävään perehtymisen kannalta korvaamaton. Erityisen hyödyllisinä koin professori Leila-Riitta Erviön (MMT), Markku Haukiojan (Biolojan Oy), LUOMU-luennoitsija, -viljelijä Ulla Lhtosen ja tutkija Bertalan Galambosin (MTT) haastattelut.

Parhaimmat kiitokset tutkija Ritva Raisiolle ATK-grafiikan osuudesta.

LAIINEN, P. Allelopatia — kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 14/94. 44 p.

Avainsanat: allelokemikaalit, sukkessio, maatalous, kasvinjalostus, kasvinsuojelu, viljelymenetelmät

TIIVISTELMÄ

Allelopatia on kasvien tuottamien biokemiallisten yhdisteiden, allelokemikaalien negatiivinen tai positiivinen vaikutus ympäristössään. Se on osa kasvien puolustusmekanismia kilpailevia kasveja tai tuholaisia vastaan.

Allelokemikaalit kuuluvat sekundaariyhdisteisiin, joilla ei tiedetä olevan mitään kasvin kasvuun tai aineenvaihduntaan liittyvää tehtävää. Tunnetuimpia ovat sianpiöljy glykosidit, tanniinit, terpeenit ja monet alkaloidit.

Allelokemikaalien esiintyminen kasvissa ja sen osissa vaihtelee kasvin kehitysvaiheen ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Luonnonoloissa niiden pitoisuudet kasvissa ja vapautuminen ympäristöön ajoittuvat tarkoituksenmukaisesti toivotavan vaikutuksen mukaan. Elävistä kasveista yhdisteet joutuvat ympäristöön huuhtoutumalla, haihtumalla tai juuristosta erittymällä. Kasvijätteen hajotessa yhdisteiden pitoisuudet maassa voivat kohota huomattavan korkeiksi. Kosteus, lämpötila, maalaji ja maan mikrobitoiminta vaikuttavat yhdisteiden hajoamiseen ja kulkeutumiseen maassa. Mikrobit voivat myös muuttaa alkuaan haitattomia yhdisteitä haitallisiksi.

Yleisesti ottaen kasvin tai kasvijätteen vaikutus toiseen kasviin riippuu luovuttavan ja vastaanottavan kasvin lajista ja joskus myös lajikkeesta, käsittelytavasta (kate, multa, uute, kumppanuuskasvi), viljelytoimenpiteiden ajankohdasta, ympäristöolosuhteista, allelokemikaalien pitoisuuksista, ja kasvijätteen mikrobiologisesta hajoamisesta.

Allelokemikaalit voivat vaikuttaa suoraan toisen kasvilajin itämiseen, sirkkajuurien ja -varren kasvuun ja kasvin myöhempään kehitykseen. Jotkut yhdisteet saattavat muuttaa maan mikrobitoimintaa ja vaikuttaa siten kasvien ravinteiden saatavuuteen. Allelokemikaalit voivat estää mikrobien ja hyönteisten lisääntymistä tai vaikuttaa karkoittavasti hyönteisiin.

Maataloudessa allelopatialla on monia sovellutusmahdollisuuksia. Eniten sitä käytetään rikkakasvien torjunnassa. Se nähdään osana kestävästä maataloudesta, jossa pyritään alentamaan tuotantokustannuksia ja vähentämään synteettisten torjunta-aineiden käyttöä.

1 JOHDANTO

1.1 Mitä allelopatia on?

Biodynaamisen viljelyn perusajatusten esittäjän, Rudolf Steinerin oppeihin perustuen RASMUSSEN (1935) toteaa kasvien välisestä vuorovaikutuksesta: Voimme puhua tässä naapurivaikutuskäsitteestä. Muutamat taimethan viihtyvät parhaiten tiettyjen toisten lajien seurassa, kun ne taas näistä erossa eivät kasva yhtä rehevästi. Eräisiin lajeihin nähden tällä osaksi on luonnollinen selityksensä siinä, että palkokasvien (hernekukkaisten) hyvä vaikutus johuu niiden kyvystä kerätä ilman tyyppiä, mikä koituu niiden naapureille hyödyksi. Mutta läheskään aina ei voida tyytyä tällaisiin selityksiin, vaan on tunnustettava, että kaksi erilaista kasvilajia voi kiihottaa toistensa kasvua salaperäisellä tavalla. Toisten lajien välillä sitä vastoin on melkein vastenmielisyyttä — ne kärsivät toistensa seurasta. Näiden monien hyvien ja muutamien huonojen naapurisuhteiden tuntemus ei ole vailla merkitystä käytännöllisessä puutarhaviljelyssä, koska ne voivat vaikuttaa — ei ainoastaan kasvien rehevyyteen — vaan myös niiden kykyyn vastustaa tauteja ja tuhoeläinten hyökkäyksiä samoin kuin niiden maukkauteen. Mainittu ”salaperäinen tapa” on kemiallisen analyysitekniikan kehittyessä paljastunut kasvien tuottamien biokemiallisten yhdisteiden aiheuttamaksi, allelopatiaksi kutsutuksi ilmiöksi.

Perinteisesti allelopatiaa on pidetty kasvien välisenä, haitallisena vuorovaikutuksena, joka aiheutuu kasvien tuottamista biokemiallisista yhdisteistä. Myöhemmin käsite on laajentunut sisältämään myös kasvien ja pieneliöstön väliset kemialliset vuorovaikutukset. Nykyisin monet tutkijat lukevat mukaan myös kasvien vaikutukset hyönteisiin. Laajasti ottaen allelopatia on kasvien aineenvaihdunnan ohessa tuottamien biokemiallisten yhdisteiden, allelokemikaalien, aiheuttama negatiivinen tai positiivinen vaikutus muihin eliöihin. Sen ajatellaan olevan osa kasvien puolustusmekanismia kilpailevia kasveja ja tai tuholaisia vastaan. Allelokemikaaleja kutsutaankin usein kasvien puolustusaikseksi, niiden kemiallisiksi aseiksi. Jotkut tutkijat lukevat niihin myös ns. houkutusaineet.

Kasvin allelopaattisuus on kemiallinen ominaisuus, jolla kasvi vaikuttaa toisiin kasveihin ja muihin eliöihin. Siinä esiintyy suurta lajikohtaista ja ajallista vaihtelua.

Maataloudessa allelopatialla on monia sovellutusmahdollisuuksia. Eniten sitä on käytetty hyväksi rikkakasvien torjunnassa. Monet tutkijat näkevät allelopatian osana kestävään kehitykseen perustuvaa maataloutta ja toivovat, että sen avulla voitaisiin alentaa tuotantokustannuksia ja vähentää ympäristölle vieraiden, synteettisten torjunta-aineiden käyttöä. Tavoitteet voidaan luokitella seuraavasti:

- Kasvua kiihottavien vaikutusten hyödyntäminen.
- Allelopatiaa suosivien, rikkaruohoja tukahduttavien viljelymenetelmien kehittäminen.
- Satoa heikentävien vaikutusten vähentäminen.
- Allelokemikaalien käyttö torjunta-aineina.
- Edellä mainittujen mahdollisuuksien yhdistäminen.

2 HISTORIAA

2.1 Allelopatiakäsitteen muotoutuminen

Vaikka allelopatia on käsitteenä ollut käytössä yli puoli vuosisataa, ei sen sisältö ole vielä vakiintunut. Se, miten laajalle ulottuvana ilmiötä pidetään, näyttää olevan pitkälti tutkijakohtainen ratkaisu. Kasvien ja hyönteisten kemiallisen vuorovaikutuksen kohdalla rajanveto on erityisen vaikeaa. Usein se rajataankin allelopatian ulkopuolelle. Mikäli halutaan saada kokonaiskuva kasvin kemiallisista puolustuskeinoista, myös kasvi-hyönteissuhteen mukaanottaminen on puollettavissa.

MOLICSH (1937): Antoi ilmiölle nimen allelopatia. Hänen mukaansa se on kasvien, mukaanlukien myös mikro-organismit, välinen biokemiallinen vuorovaikutus. Vaikka allelopatia on johdettu kreikan kielisistä, keskinäistä haittaa merkitsevistä sanoista, määritelmä sisältää sekä negatiivisia että positiivisia vuorovaikutuksia.

RICE (1974): Kaikki kasvien (myös mikro-organismien) välinen haitallinen, suora tai epäsuora vuorovaikutus, joka aiheutuu kasvien tuottamista biokemiallisista yhdisteistä, jotka vapautuvat ympäristöön joko kasvin elinaikana tai kasvijätteestä. Nämä yhdisteet, allelokemikaalit, voivat haitata saman tai toisen kasvilajin kehitystä; siemenen itämistä, sirkkajuuren tai -varren kasvua, myöhempää kasvua ja sadon määrää tai laatua.

SWAIN (1977): Toteaa kirjallisuuskatsauksessaan käsitteellä useimmiten tarkoitettavan korkeampien kasvilajien haitallista vaikutusta toisiin kasveihin.

RICE (1979): Allelopaattinen vaikutus voi olla myös positiivinen.

REESE (1979): Eliöstön tuottamien kemikaalien (muiden kuin ravinteiden) vaikutukset toisten lajien kasvuun, terveyteen, käyttäytymiseen tai populaatiobiologiaan.

MUKERJI ja GARG (1988): Allelopatia voidaan käsitellä biologisen torjunnan osaksi.

WALLER (1989): Kasvien ja muiden eliöiden välisen biokemiallinen vuorovaikutus (mikrobit, tuholaiset, kasvi-maa-kasvisuhde, resistenssi ym.).

2.2 Kasvien väliset vuorovaikutukset — Tutkimuksia ja teorioita 1960-luvulle saakka

1680 KUMAZAVA Japanista havaitsi voimakkaiden sateiden jälkeen kasvuhäiriöitä eräiden puiden alla kasvavissa kasveissa ja oletti sen johtuvan puiden lehvästästä huuhtoutuneista myrkyllisistä aineista (RICE 1974).

1832 De CANDOLE esitti kasvien saattavan erittäin juuristostaan joitakin aineita, jotka vahingoittavat toisia kasveja. Hän oli havainnut ohdakkeiden (*Cirsium*) vahingoittavan kauraa, tyräkin (*Euphorbia*) ja törmäkukan (*Scbiosa*) vioittavan pellavaa ja raiheinän (*Lolium*) vehnää. Pavut heikkenivät ja kuolivat vedessä, joka sisälsi oman lajin juurieriteitä, mutta vehnä kukoisti palkokasvien juurieriteitä sisältävässä liuoksessa (RICE 1974).

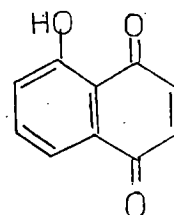
1881 STICKNEY ja HOY havaitsivat, että jalopähkinän (*Juglas nigra*) alla kasvillisuus oli niukkaa verrattuna muihin puulajeihin. Stickney oletti sen johtuvan joko lehdistä huuhtoutuvan veden sisältämisestä yhdisteistä tai puiden suuresta ravinteiden käytöstä. Hoy asettui ensimmäisen vaihtoehdon kannalle todeten, että lehdistä valmistettu uute oli myrkyllistä, ja jos uutteleella käsiteltiin hevosia, pysyivät kärpäset niistä loitolla.

1907–1911 SCHREINERin ryhmä julkaisi sarjan tutkimuksia, joissa he totesivat maan köyhtymisen tiettyjen kasvien jatkuvassa viljelyssä johtuvan

näiden tuottamista, kasvua estävistä aineista. He kehittivät myös menetelmän, jonka avulla oli mahdollista määrittää allelopaattisten yhdisteiden vaikutuksia. Tällä menetelmällä he osoittivat, että monet aikaisemmin tunnistetut yhdisteet estivät vehnän oraiden kasvua ja hengitystä (RICE 1974).

1911 COWLES esitti, että kasvin tuottamat toksiinit ovat tärkeitä tekijöitä kasvien sukkessiossa.

1920- ja 1930-luvuilla tehtiin runsaasti tutkimuksia, joissa muun muassa osoitettiin joidenkin heinäkasvien, pavun ja pelargonian lehtien solunessteen sekä tomaatin hedelmämeheun estävän voimakkaasti itämistä. Hoyn aikaisemmin esittämät väitteet jalopähkinän toksiineista vahvistuivat, kun todettiin perunan, tomaatin ja sinimailasen kuihtuvan ja kuolevan näiden puiden juuristoalueella. Jugloniksi nimetty yhdiste eristettiin ja todettiin 5-hydroksi-a-naftakinoniksi. Myös kasveista haihtuvien yhdisteiden todettiin olevan myrkyllisiä, kun havaittiin kypsien omenien ja päärynöiden estävän perunan itujen kasvua (RICE 1974).



Jugloni

1940-luvulla raportoitiin mm. malin (*Artemisia absinthum*), pihlajan (*Sorbus aucuparia*), mesikän (*Melilotus*), vehnän, ruokasipulin, valkosipulin, piparjuuren ja sitruskasvien allelopaattisista vaikutuksista toisten kasvilajien itämiseen ja kasvuun. Myös allelokemikaalien tunnistamisessa edistettiin, kun *Parthenum argentatum*in juuriuutteesta esiintyvä toksiini todettiin *trans*-cinnamic-hapoksi, joka on erittäin myrkyllinen kasville itselleen, estäen siementen itämisen ja taimien kasvun *Parthenium*-kasvien läheisyydessä. Mikrobitien todettiin hajottavan kyseistä yhdistettä (RICE 1974).

1950-luvulla määritettiin lukuisia allelopaattisia kasveja (ruis, timotei, maissi) ja kemikaaleja sekä tehtiin ensimmäiset kokeellisesti vahvistetut havainnot auringonkukan allelokemikaalien autotoksisuudesta, eli myrkyllisyydestä saman lajin kasveille. Myös käsitys allelokemikaalien roolista kasviyhdyksuntien muodostumiseen ja sukkessioon vahvistui. Ilmiön arveltiin vaikuttavan yleisesti kasvien viihtyvyyteen (RICE 1974).

1960–1970-luvuilla sekä yhdisteiden tunnistaminen että kokeellinen tutkimus yhdisteiden vaikutuksista lisääntyi. Valtaosa kokeista tehtiin uutteilla, joskin myös kasvimateriaalilla tehtävät kasvihuone- ja kenttäkokeet yleistyivät. Kehitys jatkui samansuuntaisena 1980-luvulla, jolloin yhdisteiden tunnistamisen lisäksi pystyttiin selvittämään myös niiden vaikutusmekanismeja. Myös Suomessa on osallistuttu allelopatian tutkimusmenetelmien kehittämiseen (LOVETT ja JOKINEN 1982).

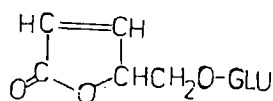
2.3 Kasvien ja mikrobien vuorovaikutukset

Oletus, että kasvien erittämät toksiinit estäisivät mikrobien kasvua on huomattavasti nuorempi kuin edellä käsitelty kasvien vuorovaikutus. Klassisena pidetyssä tutkimuksessaan LIVINGSTON (1905) totesi rahkasammaleen ehkäisevän *Stigeoclonium*-sukuun kuuluvien sienten kasvua.

Jo 1910–1930 esitettiin useita tutkimustuloksia, jotka viittasivat kasvien erittämien toksiinien vaikuttavan tyypin kierto. Niissä oli havaittu tietyn tyyppisten nurmikasvustojen ehkäisevän nitrifikaatiota (ammoniumtyypen mikrobiologista hapettumista nitraattitypeksi) ja tämän arveltiin johtuvan juurieritteistä. BOWEN (1961) ja ELKAN (1961) esittivät ensimmäisinä *Rhizobium*-bakteerien inhibitiota liittyviä tuloksia. Ravinteiden kierto liittyvä tutkimus oli kuitenkin varsin vähäistä aina 1970-luvulle saakka ja on vasta viime aikoina saanut enemmän huomiota osakseen.

STARKEY (1929) esitti, että juurieritteet saattavat olla tärkeitä maan biologisen tasapainon muodostumisessa. BECKER ym. (1951) vahvistivat Starkeyn näkemykseen.

OSBORN (1943) oli ensimmäinen, joka tutki laajasti kasviuutteiden vaikutuksia kahteen bakteerilajiin (*Staphylococcus aureus* ja *Escherichia coli*). 2 300:sta tutkitusta kasvilajista ja -lajikkeesta hän löysi 63 sukua, jotka ehkäisivät ainakin toisen bakteerin kasvua. Leinikkikasvit (*Ranunculaceae*) osoittautuivat hyvin voimakkaiksi inhibiitoreiksi. Muita molempiin bakteereihin vaikuttavia heimoja olivat mm. amaryllikset, risti-



Ranunkulliini

kukkaiset, liljat, mulperipuut ja ruusukasvit (*Amaryllidaceae*, *Cruciferae*, *Liliaceae*, *Moraceae* ja *Rosaceae*).

1940- ja 1950-luvuilla julkaistiin laajoja tutkimuksia, joissa osoitettiin useiden kasviuutteiden inhiboiva vaikutus edellä mainittujen bakteerien lisäksi seuraaviin mikrobeihin: *Fytomonas phaseoli*, *F. campestris*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Bacillus subtilis* ja *Streptococcus haemolyticus* sekä *Monilia albicans*-sieni. Voimakkaimmiksi inhibiitoreiksi osoittautuivat leinikki-lajit ja tarhakylmänkukka (*Pulsatilla vulgaris* / *Anemone pulsatilla*), sekä heinäkasveista *Trachypogon pulmosus* ja *Pentanasia variabilis*.

1950- ja 1960-luvuilla osoitettiin kasvien tuottavan erilaisia bakteeri- ja virustartuntaa ehkäiseviä aineita. NICKELL (1960) luetteloi kirjallisuuskatsauksessaan 157 putkilokasvisukua ja laajan valikoiman kasvilajeja, joilla oli havaittu antimikrobisia (mikrobeja tuhoavia) vaikutuksia (RICE 1974).

Allelopatian yhteydessä on keskusteltu myös mikrobieritteiden vaikutuksista kasveihin ja toisiin mikrobeihin, mm. joidenkin *Rhizobium*-suvun kantojen on todettu aiheuttavan soijapavulla kasvun hidastumista ja kloroottisuutta. Myös joillakin *Penicillium*- ja *Aspergillus*-lajeilla on havaittu vaikutuksia kasvien kehitykseen. RICE (1974) esittelee tähän liittyviä tutkimuksia kirjassaan.

Viime aikoina on tutkittu myös kasvien erittämien yhdisteiden vaikutuksia mykoritsaan, kasvien sienijuureen. PELLISSIER (1993) havaitsi, että fenoliset humushapot, joita mm. mustika (*Vaccinium myrtillus*), hiirenporras (*Athyrium filix-femina*) ja kuusi (*Picea abies*) tuottavat, ehkäisivät hyvin pieninä pitoisuuksina eräiden mykoritsasienien hengitystä. NILSSON ym. (1993) totesivat variksenmarjan (*Empetrum hermaphroditum*) lehdistä valmistetun vesiuutteen heikentävän männyn taimien mykoritsan kehitystä ja tyypen ottoa.

2.4 Kasvien vaikutus hyönteisiin

Vaikka allelopatia ei ole yleisesti hyväksytty kasvien ja hyönteisten vuorovaikutusta kuvaavana käsitteenä, on sen yhteydessä julkaistu runsaasti tutkimuksia, jotka käsittelevät mm. hyönteisvioletusta ehkäiseviä allelokemikaaleja ja niiden esiintymistä

kasvissa, sekä hyönteisvioletuksen vaikutusta näiden kemikaalien tuotantoon. Kirjallisuuskatsauksessaan LOVETT (1982) toteaa allelokemikaaleilla olevan merkitystä hyönteisten torjunnassa ja hyönteisresistenssien lajikkeiden valinnassa.

3 KASVIEN VAIKUTUKSET YLEENSÄ — KILPAILU VAI PUOLUSTUS?

Perinteinen evolutiivinen käsitys lajien selviytymisstrategiasta (kasvu, elossa säilyminen ja lisääntyminen) perustuu ekologiseen kilpailuperiaatteeseen. Sen mukaan kasvien selviytymistä määrittävät niiden kyky kilpailla käytettävissä olevista resursseista (valosta, vedestä ja ravinteista) ja kyky sopeutua muuttuviin ympäristöolosuhteisiin.

Kasvien muihin selviytymiskeinoihin on kiinnitetty suhteellisen vähän huomiota. LOVETT (1982) pitää hämmästyttävänä ajatusta, että kasvit eroaisivat tässä suhteessa muista eliöistä, joilla, paitsi että ne voivat paeta, on lisäksi monia muita, myös kemiallisia puolustuskeinoja. Paikallaan pysyville kasveille kemiallisen puolustuskyvyn voisi olettaa olevan erityisen tärkeä.

3.1 Allelopaattisten yhdisteiden merkitys niitä tuottaville kasveille

Allelopaattisilla yhdisteillä ei tiedetä olevan mitään kasvin kasvuun tai aineenvaihduntaan suoraan liittyvää tehtävää. Niiden tuottaminen vaatii kuitenkin runsaasti energiaa ja usein kasvit tarvitsevat niiden varastoimiseen erityisrakenteita. Tästä on päätelty, että yhdisteet ovat muuten kasveille tarkoituksenmukaisia (LEVIN 1973 ja 1976). Koska yhdisteet ovat myrkyllisiä tai niillä on karkottava vaikutus muihin eliöihin, evoluution kuluessa vastustuskykyisemmät, paremman selviytymisstrategian omaavat mutaatiot voivat yleistyä myös kasvien tuottamien allelopaattisten yhdisteiden ansiosta (WITTAKER 1970).

Luonnonvaraisilla kasveilla on yleensä voimakkaampi puolustuskyky kuin viljelyllä ja pitkällä jalostetuilla lajeilla (CHOESIN ja BOERNER 1991 ja OLEZEK 1987). Se onkin hyvin ymmärrettävää, sillä kasvinjalostuksessa on yleensä kiinnitetty huomiota muihin seikkoihin, vaikka hyönteis- ja tautiresistenssi on ollut kasvavan huomion kohteena.

Allelokemikaalien pitoisuudet luonnonkasveissa ovatkin yleensä suurempia kuin jalostetuissa, mutta esimerkiksi maissin ja auringonkukan ja useiden ristikkukaskasvien jalostajanlinjojen välillä on havaittu merkittäviä eroja fyto-toksiinien (kasveille haitallisten aineiden) määrissä. Joillakin linjoilla fyto-toksiinipitoisuudet ovat olleet huomattavasti korkeampia kuin jalostamattomilla villimuodoilla (MASON-SEDUN ja JESSOP 1986). Kasvien hyönteis- tai tautiresistenssierot selittyvät usein kasvien fysiologisilla eroilla, kuten lehden pinnan rakenteella, mutta syynä voi olla myös kasvien kemiallinen puolustus.

Hiili-typisuhteen vaihtelun on esitetty vaikuttavan kasvien puolustusaineiden tuotantoon. Silloin kun typpeä on niukasti saatavissa, kasvit käyttävät ylimääräisen hiilen sivutuotteiden syntetisointiin (BRYAT ym. 1983). Useat kasvi-hyönteissuhteita selittävät teoriat perustuvat tähän hypoteesiin.

3.2 Kasvien ja hyönteisten vuorovaikutuksen periaatteet

Jotkut evoluutiohypoteesit selittävät kasvien runsasravinteisissa oloissa tuottavan vähemmän puolustusaineita koska ne voivat korvata hyönteisten aiheuttamat vauriot paremmalla kasvulla (PRICE 1991). Kasvien menestyminen riippuu tällöin suhteellisesti enemmän niiden kilpailukyvyistä, kun se heikommassa olosuhteissa on enemmän puolustuskyvyn varassa. Toisin sanoen, stressiolosuhteissa hyönteisten vioituksella on suurempi merkitys ja kasvin selviytymiskeino on puolustuksen vahvistaminen (HERMS ja MATTSON 1992). Siten kasvin selviytymisstrategia määräytyisi käytettävissä olevien ravinnevarojen mukaan.

Hyönteisten vioitus voi käynnistää kasveissa erilaisia kemiallisia reaktioita. Kasvit vastaavat sekä hyönteisten aiheuttamaan että mekaaniseen vioitukseen tuottamalla haavaa parantavia ja tautien tunkeutumista estäviä yhdisteitä. Perunan lehden mekaanisen vioituksen on todettu aiheuttavan samanlaisia entsyymaattisia muutoksia kasvissa kuin käsittely kasvuhormonina tunnetulla abskisiini-hapolla. Hyönteisten purentavioitus ja erilaiset mekaaniset vioitukset käynnistävät samantyyppisiä kemiallisia muutoksia sekä vioittuneissa soluissa että muualla kasvissa (HILDMAN ym. 1992).

Sekä mekaaninen että hyönteisten aiheuttama vioitus voi saada kasvin tuottamaan myös yhdisteitä, jotka vähentävät kasvin kelpaavuutta hyönteisille. Valosta kilpailemaan joutuvat kasvit kärsivät eniten vioituksesta ja niiden kasvu pysähtyy vähintään kolmeksi päiväksi, jos niiden nuoria lehtiä voitetaan. Vanhempien, kasville vähemmän tärkeiden lehtien vioitus ei aiheuttanut muutoksia kasvissa. Krysanteemiyökköstä (*Spodoptera littoralis*) esiintyi vähemmän mekaanisesti voitetuilla tomaatin taimilla kuin voittamattomilla. Kasvien välillä on eroja reagointinopeudessa. Tomaatti ja tupakka ovat ns. nopeasti vioitukseen vastaavia kasveja. (EDWARDS ym. 1992).

Lehtien voitettamisen seurauksena useat ristikkukaiskasvit vapauttavat hyönteisille, mikrobeille ja märehijöille myrkyllisiä, kaasumaisia glukosinolaatteja, jotka kiihottavat kaalikasveille erikoistuneiden hyönteisten ruokahalua, munintaa tai toimivat houkutusaineina. Kaasujen erittyminen on hyvin voimakasta noin tunnin ajan voitettamisen jälkeen ja se palaa normaalille tasolle vuorokauden kuluessa. Jos vioitus toistetaan, kaasujen erittyminen on vähäisempää kuin ensimmäisen kerran jälkeen (PIVNICK ja JARVIS 1991).

Kasvien allelokemikaalien on esitetty säätelevän hyönteisten isäntäkasvin valintaa. Tietyillä hyönteisillä on kyky tunnistaa muninnalle sopiva isäntäkasvi sen allelokemikaalien perusteella. Isolle kaalikärpäselle (*Delia floralis* / *Hylemya floralis*) resistentti "Fribor"-kaali ja sille herkkä "China king"-kiinankaali eroavat kemiallisesti kiinankaalissa esiintyvien, munintaa aktivoivien yhdisteiden osalta (ALBORN 1989).

Kasvien tuottamat yhdisteet houkuttelivat myös hyönteisten luontaisia vihollisia. Vihannesviljelmien rikkakasvustoissa mm. peltohatikka (*Spergula arvensis*) houkutteli kaalikoin loispistiäisiä, jauhosavikka (*Chenopodium album*) persikkakirvojen petoja ja sinapit kaali- nauris- ja lanttuperhosten petoja ja loisia (BERNHARDT ym. 1991). Tattarikasvusto syysvehnän läheisyydessä lisäsi kirvojen luontaisten vihollisten, kukkakärpästen esiintymistä (WEISS ja STETTNER 1991).

Kasvien hyönteiskestävyiden taustalla voi olla myös muita tekijöitä. Mykoritsalla on havaittu olevan yhteyksiä kasvin kestävyteen tauteja, juurian-

keroisia ja hyönteisiä vastaan. Soijalla esiintyvät yökköstoukat kehittyvät heikommin mykoritsaisilla kasveilla. Syynä voi olla mykoritsan aiheuttama myrkkujen tai syöntiä vähentävien yhdisteiden muodostuminen kasvin lehtiin tai lehtien fosforipitoisuuden vaikutus niiden ravintoarvoon (RABIN ja PACOVSKY 1985). Myös puiden ektomykoritsan vaikutus herbivorikestävyteen voi selittyä edellä mainituilla tekijöillä. Mykoritsan kokonaisvaikutus kasvien tuholaiskestävyyteen on kuitenkin heikosti tunnettu. Kuopion yliopistossa on alkamassa tähän liittyvä tutkimus männyn taimilla (HOLOPAINEN ym. 1993).

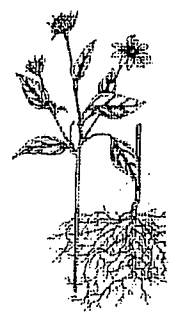
3.3 Autotoksisuus

Vaikka allelopatiaa on pidettävä kasvin kannalta positiivisena ilmiönä, voi allelokemikaaleilla olla myös negatiivisia vaikutuksia kasville itselleen. Mikäli yhdisteiden pitoisuus kasvissa tai sen ympäristössä ylittää kyseisellä kasvilla luontaisesti esiintyvän määrän ovat monet yhdisteet haitallisia myös niitä tuottavalle kasville tai muille saman lajin yksilöille. Tätä ilmiötä kutsutaan autotoksisuudeksi. Esimerkiksi hulluruoho (*Datura stramonium*) ja belladonna (*Atropa belladonna*) lajikkeet, joiden alkaloidipitoisuus oli kolminkertainen kasvoivat hitaammin ja olivat herkempiä ympäristömuutoksille kuin normaalipitoisuuden omanneet kasvit. Juuri autotoksisuuden oletetaan johtaneen siihen, että kasvit ovat kehittäneet erilaisia varustointimenetelmiä näitä tuotteita varten. Myös kasville vieraat alkaloidit voivat olla haitallisia. Esimerkiksi hulluruoho ja belladonna tupakalle varrennettuina kehittyivät heikosti ja niissä esiintyi nekroottisuutta, joka aiheutui tupakan juuristosta lehtiin siirtyneestä nikotiinista ja muista pyriinialkaloideista (LEVITT ja LOVETT 1985).

Autotoksisuus voi olla yksi sukkessioon vaikuttavista tekijöistä (STOWE 1979). Oklahomassa ja Kansasissa auringonkukka on joutoalueiden



Aristida

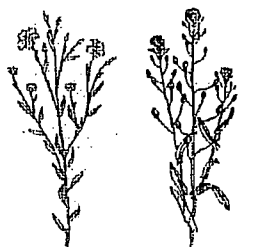


Auringonkukka

dominoiva rikkakasvi 2–3 vuotta, jonka jälkeen valtakasvina on *Aristida oligantha*. Auringonkukan tuottamien yhdisteiden on todettu olevan fyto-toksisia lukuisille muille rikkakasveille ja myös sen omille kylvöksille, mutta ei *Aristidalle*. Sukkession ensimmäisessä vaiheessa auringonkukan kemikaalit estävät muiden kasvien kehitystä ja lopulta myös itse auringonkukan kasvua ja sen tilalle tulevat näitä yhdisteitä paremmin sietävät kasvit, kuten *Aristida* (WILSON ja RICE 1968).

3.4 Positiivinen vuorovaikutus

Positiivisena esimerkkinä allelopatiasta voidaan pitää aurankukan (*Agrostemma githago*) vaikutusta vehnän menestymiseen. Ruukkukokeessa, vehnän kasvaessa yhdessä aurankukan kanssa, vehnän biomassan tuotto oli 20–50 % suurempi kuin vehnän kasvaessa yksin. Aurankukan oletettiin erittäneen yhdisteitä, jotka stimuloivat vehnää hyödyntämään paremmin saatavilla olevia kasvutekijöitä kuin yksin kasvaessaan. Toisessa kokeessa tiheä aurankukkakasvusto vähensi vehnän satoa (SOGAARD ja DOLL 1992). Meillä aurankukkaa on aiemmin esiintynyt ruis- ja kaurapelloissa. Aurankukka on myrkyllinen ihmiselle (HÄMET-AHTI ym. 1984). Tällainen toisen kasvin välittömästä läsnäolosta hyötyminen edellyttää samanlaista kasvurytmiä ja kasvutapaa. Samantyyppinen esimerkki, joskin rikkakasvin hyväksi, on ruistankion (kitupellava) (*Camelina sativa*) esiintyminen pellavaviljelmillä



Pellava Ruistankio



Aurankukka Vehnä

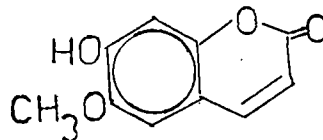
(*Linum usitatissimum*) (LOVETT 1982) ja mahdollisesti ruiskaunokki (*Centaurea cyanus*) rukiilla.

4 ALLELOKEMIKAALIT SEKUNDAARIYHDISTEIDEN ALARYHMÄNÄ

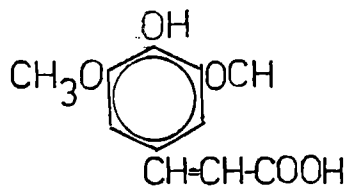
4.1 Yleistä

Sekundaariyhdisteet ovat hyvin monimuotoinen ryhmä biokemiallisia yhdisteitä, joita eliöt tuottavat pääaineenvaihduntareittiensä ulkopuolella. Nimitys juontuu käsityksestä, että yhdisteet, joilla ei ole selvää aineenvaihdunnallista tehtävää kasvissa ovat kuona-aineita. Nykyisin niitä pidetään eliöiden kemiallisina signaaleina.

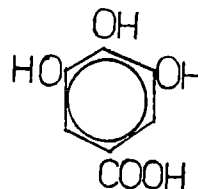
Joitakin esimerkkejä sekundaariyhdisteiden kemiallisista rakenteista:



Scopoletini



Sinappihappo



Kallushappo

Vaikka mitkään sekundaariyhdisteet eivät ole välttämättömiä niitä tuottaville eliöille, joillakin niistä on merkitystä eliön yleisissä toiminnoissa. Esimerkiksi kasvien steroidit vaikuttavat solukalvojen rakenteeseen ja jotkut alkaloidit voivat vaikuttaa proteiinisynteesiin. Suhteellisen nopeat muutokset

yhdisteiden tuotannossa, varastoitumisessa ja vapautumisessa viittaavat siihen, että niiden esiintyminen on geneettisen säätelyn alaista.

Suurin osa sekundaariyhdisteistä on kasvien tuottamia, mutta niitä on löydetty mm. sienistä, bakteereista ja niveljalkaisista. Sama kasvi voi tuottaa jopa satoja erilaisia yhdisteitä. Niitä tunnetaan yli 10 000 ja niitä on arvioitu olevan jopa 400 000, eli yhtä paljon kuin tunnettuja kasveja (SWAIN 1977).

Sekundaariyhdisteiden hyväksikäyttö lääkkeinä ja myrkkyyinä on ikivanhaa. Ennen synteettisten aineiden markkinoille tuloa monia niistä on käytetty torjunta-aineina. Myös joidenkin kasvien myrkyllisyys ja kelpaamattomuus eläinten rehuksi on vanhastaan tunnettu. Ravinnoksi kelpaamattomuus voi perustua yhdisteiden ruansulatusta haittaaviin vaikutuksiin tai karkottavuuteen, kuten koivun taimien resiinin vaikutus jänisten tai myyrien ravinnon käyttöön (TAHVANAINEN ym. 1991, ROUSI ym. 1991 ja 1993).

Allelopatiaa käsittelevässä kirjallisuudessa osaa hyönteisiin vaikuttavista yhdisteistä pidetään allelokemikaaleina (WALLER 1989 ja LOVETT 1991). Tältä osin ryhmittely ja käsitteistö on vakiintumaton. Hyönteistieteilijät kutsuvat hyönteisiin vaikuttavia sekundaariyhdisteitä usein semiokemikaaleiksi (GRIFFITHS 1990).

Allelokemikaalit ovat sekundaariyhdisteitä, joilla ei tiedetä olevan mitään kasvin omaan kasvuun tai aineenvaihduntaan liittyvää tehtävää. Kasvit synteisoivat niitä, samoin kuin muita sekundaariyhdisteitä erilaisten reittien kautta hiilihydraateista. Allelokemikaalien monimuotoisuutta kuvaa hyvin RICE:n (1974) luokittelu kemiallisista ryhmistä, joissa niitä esiintyy:

A. Tunnistetut inhibiittorit

- Kallushapot ja hydrolyyttiset tanniinit

Asetaatin kautta tuotettavat:

- Vesiliukoiset orgaaniset hapot, suoraketjuiset alkoholit, alifaattiset aldehydit ja ketonit
- Yksinkertaiset tyydyttymättömät laktoonit
- Pitkaketjuiset rasvahapot
- Nafta- ja antra- ja kompleksiset kinonit
- Terpenoidit ja steroidit (melavonihapon kautta)

Aminohapoista tuotettavat:

- Yksinkertaiset fenolit, bentsoehappo ja sen johdokset.
- Kinnamihappo ja sen johdokset
- Kumariinit
- Flavonoidit
- Tanniinit
- Aminohapot ja polypeptidit
- Alkaloidit ja syanohydridit
- Sulfidit ja sinappiöljyn glukosidit
- Puriinit ja nukleosidit
- Sekalainen ryhmä tunnistettuja, mutta edellisiin ryhmiin kuulumattomia yhdisteitä

B. Tunnistamattomat inhibiittorit

- Allelopaattisia vaikutuksia omaavia, toistaiseksi tunnistamattomia yhdisteitä.

4.2 Esimerkkejä allelokemikaaleista

4.2.1 Alkaloidit

Alkaloidit ovat kasveissa yleisesti esiintyvä, rakenteeltaan monimuotoinen yhdisteryhmä. Farmakologiassa, ruuan valmistuksessa ja myrkkyyinä niitä on käytetty hyväksi pitkään. Alkaloidien merkitys kasvien puolustusaineina hyönteisiä, mikroorganismeja ja nisäkkäitä vastaan tunnetaan paremmin kuin niiden rooli kasvien välisissä suhteissa. Tunnetuimpia alkaloideja ovat: nikotiini, skopalalaniini, atropiini, kokaiini, hyoscyamiini, tomatiini, kofeiini, theobromiini, theofylliini, gramiini ja hordeiini.

4.2.2 Sinappiöljylukosidit

Ristikukkaiskasvit, sekä rikka- että viljelymuodot, synteisoivat suuria määriä glukosinolaatteja, jotka hydrolysoituvat bentsyyli- isotiosyanaateiksi (sinappiöljyiksi), amiineiksi, nitrileiksi ja syanaateiksi, joista osa on voimakkaita allelokemikaaleja. Glukosinolaatit varastoituvat solujen nesterakkuloihin, joista ne aktivoituvat myrosiini-entsyymi-reaktiassa (CHEW 1988, in CHOESIN ja BOERNER 1991). Glukosinolaatit suojaavat ristikukkaiskasveja bakteereilta, sieniltä, hyönteisiltä ja nisäkkäiltä. Sinappiöljyt estävät siementen itämistä ja kasvin myöhempää kehitystä ja jotkut ovat myös voimakkaita antibiootteja. Lisäksi bentsyyliamiinin on esitetty vahvistavan maan vedensitomiskykyä. Tällöin vesi on vaikeammin siementen saatavilla ja

itäminen vaikeutuu (LOVETT 1982). Bentsyylamiini ärsyttää voimakkaasti ihmisen ihoa ja limakalvoja.

4.2.3 Tanniinit

Tanniinit ovat kasveissa yleisesti esiintyvä, monimuotoinen fenolihapporyhmä. Ne estävät siemenen itämistä ja vaikuttavat typen kiertoon estämällä typensidonta- ja nitrifikaatiobakterien toimintaa. Useat tanniinit ovat voimakkaita antibiootteja. Runsaasti esiintyessään ne voivat muuttaa koko ympäristöään. Esimerkiksi tropiikin tietyillä ravinteköyhillä hiekka-alueilla on kasveissa todettu niin suuria tanniinipitoisuuksia, että lehdet ovat lähes hajoamattomia. Näillä alueilla jokien tanniinipitoisuudet voivat nousta arveluttavan korkeiksi lehdistä huuhtoutuvien yhdisteiden vuoksi (LEVITT ja LOVETT 1985). Tunnetuimpia tanniineja ovat kalushappo ja ellagihappo.

5 VAIKUTUSTAVAT

5.1 Vaikutukset kasveihin

Allelopaattiset vaikutukset ilmenevät usein itämisen estymisenä, koon ja painon vähentymisenä, sekä/tai kuolleisuuden lisääntymisenä, jolloin jo kasvunsa aloittaneet taimet tuhoutuvat (LOCKERMAN ja PUTNAM 1979).

Helposti havaittavat merkit kasvien kemiallisesta vuorovaikutuksesta (kuten itämisen, juurten ja varren kasvun hidastuminen tai nopeutuminen) ovat signaaleja muutoksista kasvin perustoiminnoissa. Yhdisteet voivat vaikuttaa myös epäsuorasti mm. muuttamalla ravinteiden kiertoa ja saatavuutta.

Kirjallisuuskatsauksessaan LOVETT (1982) luokittelee allelokemikaalien vaikutustavat seuraavasti:

Vaikutukset juuren kärkisolukon ikään, rakenteseen ja solunjakautumiseen.

- Vaikutukset hormonien indusoimaan kasvuun.
- Proteiinisynteesin estyminen ja muutokset rasvojen ja orgaanisten happojen metaboliassa.
- Muutokset entsyymitoiminnassa.
- Solukalvojen johtavuuden muuttuminen.

- Vaikutukset ilmarakojen toimintaan ja yhteyttämiseen.
- Vaikutukset hengitykseen.
- Johtosolukon elementtien sulkeutuminen ja tukkiutuminen ja varren vedenjohtavuuden muutokset.
- Vaikutukset ravinteiden ottoon ja saatavuuteen.

Esimerkiksi timotein (*Phleum pratense*), maissin, rukiin ja tupakan hajoamistuotteet estävät tupakkakasvien hengittämistä. Salvian (*Salvia leucophylla*) haihtuvat terpeenit estivät yksivuotisten heinäkaskvien kylvösten kasvua (BELL ja KOEPPE 1972).

Meillä viljellyistä kasveista vehnä, ohra, kaura ja ruis tuottavat kasvua ehkäiseviä yhdisteitä. Tärkeimmistä rikkakasveistamme ovat allelopaattisia ainakin juolavehänä, hierakat, jotkut ohdakkeet ja leinikit.

6 KASVINOSAT BIOTOKSIINIEN LÄHTEINÄ

Sekundaariyhdisteiden esiintyminen kasvissa vaihtelee ajan ja paikan mukaan. Yhdisteet eivät ole jakautuneet koko kasviin samalla tavalla ja niiden laadullinen ja määrällinen esiintyminen ja sijaintipaikka kasvissa ajoittuvat kasvin kehitysvaiheen ja /tai ympäristömuutosten mukaan. Allelokemikaaleja voi esiintyä kaikissa kasvinosissa, mutta yleensä lehdet, juuret ja siemenet sisältävät niitä eniten.

Kasvien tuottamien yhdisteiden koostumukset ja määrät vaihtelevat kasvien kehitysvaiheiden mukaan. Tässä voitaneen puhua tarkoituksenmukaisuusperiaatteesta:

- Juurieritteet ja lehvästöhuuhtoumat estävät kilpailevan kasvin siementen itämistä tai muuta kehitystä.
- Siemenet sisältävät usein yhdisteitä, jotka häviävät suhteellisen nopeasti itämisen ja varhaisen kasvun vaiheessa. Ne suojaavat siementä taudinaiheuttajilta ja voivat torjua myös siemenen muita tuhoajia.
- Hyönteisiä torjuvien yhdisteiden tuotanto ajoittuu luontaisesti ajankohtaan, jolloin tuohyönteisiä esiintyy, tai hyönteisvioletus käynnistää sen.

Yleensä kasvin kaikissa osissa on samoja yhdisteitä, mutta niiden pitoisuudet voivat vaihdella suuresti. Erilaisten yhdisteiden esiintyminen ja vaikutus riippuu siis siitä, mistä kasvista ja kasvinosasta se on peräisin (TUKEY 1969, LOVETT ja JESSOP 1982) ja kasvin kehitysvaiheesta.

WARDLEN ym. (1993) mukaan nuokkukarhaisen (*Carduus nutans*) vanhat ruusukelehdet olivat voimakkaasti allelopaattisia. Lehtien lakastuessa niistä vapautui yhdisteitä, jotka estivät muiden lajien itämistä. Jo kasvunsa päättäneet ja kuolleet kasvit vaikuttivat samalla tavalla. Lisäksi näistä kasvinosista tehdyt uutteen paransivat nuokkukarhaisen oman siemenen itämistä, joten voidaan olettaa nuokkukarhaisen kilpailukyvyn perustuvan sen tuottamiin, muiden kasvien kehitystä ehkäiseviin ja omaa kasvua edistäviin yhdisteisiin. Jaakonvilakolla (*Senecio jacobae*) on todettu olevan samanlainen selviytymisstrategia.

Ruokonadan (*Festuca arundinaria*) lehti- ja juuristoutteiden todettiin heikentävän mustasinapin (*Brassica nigra*) ja keltamaitteen (*Lotus corniculatus*) kasvua. Erään toisen natalajin vihreistä lehdistä valmistettu uute häytti ponderoosamännyn itämistä ja kehitystä. Ruokonata kylvettyinä ambrapuun (*Liquidambar styraciflora*) taimien joukkoon vähensi viimeksimainitun kuiva-ainetuottoa 29–95 %. Sekä elävän ruokonadan ritsosfäärin että kuolleiden kasvien juuriston ja lehdistön kautta tulleet huuhtoumat vähensivät ambrapuun kuiva-ainetuottoa jopa 60 %. Kuolleet kasvinosat olivat myrkyllisempiä. Kuolleen kasvin nopeassa hajoamisessa siitä vapautui vaikuttava määrä fytotoksiineja ja / tai niitä syntyi kasvimassan mikrobiologisen hajottamisen yhteydessä (WALTERS ja GILMORE 1976). Kasvijätteen suurempi fytotoksisuus elävään kasviin verrattuna oli todettu myös joillakin muilla kasveilla (BELL ja KOEPPE 1972).



Keltamaite

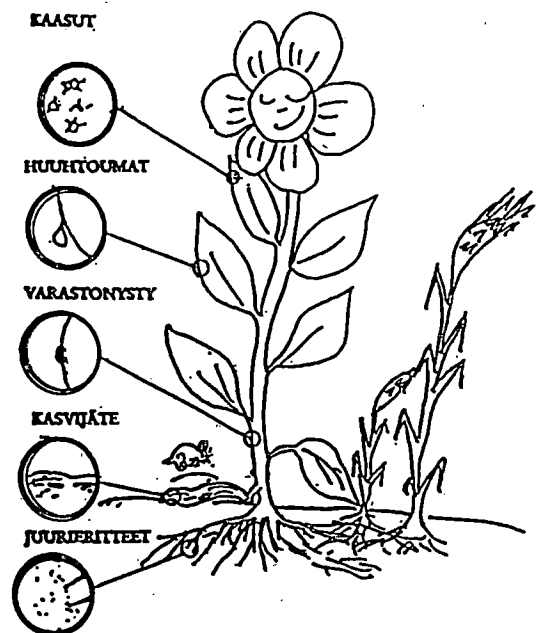


Ruokonata

7 KASVISTA YMPÄRISTÖÖN

Kasvin elinaikanaan tuottamat biotoksiinit joutuvat eri tavoin ympäristöön. Niitä voi huuhtoutua elävästä kasvustosta maahan. Vesiliukoisia yhdisteitä huuhtoutuu myös juuristosta syvemmälle maahan. Lisäksi kasvit erittävät niitä aktiivisesti juuristostaan. Joitakin yhdisteitä kasvit haihduttavat lehdistöstään (BELL ja KOEPPE 1972 ja WILSON ja RICE 1968). Esimerkiksi isotiosyanaattien on todettu vapautuvan elävästä kasvista juurierittinä ja kasvijätteestä kaasuina tai veteen liuenneina aineosina. Maasta isotiosyanaatit haihtuvat nopeasti. Haihtumiseen verrattuna niiden mikrobiologinen hajoaminen on hidasta ja vähäistä (CHOESIN ja BOERNER 1991).

Kasvijätteestä yhdisteet huuhtoutuvat, liukenevat tai vapautuvat eliöstön hajottaessa jätettä. Vesiliukoiset yhdisteet huuhtoutuvat helposti. Heikko-liukoiset yhdisteet vapautuvat sellaisenaan mikrobien hajottaessa jätettä, ne hajoavat vaarattomiksi tai ne syntetisoidaan muiksi toksiineiksi (RICE 1974).



Allelokemikaalien vapautuminen kasvista ympäristöön.

Siitä, mitä yhdisteille maassa tapahtuu tiedetään vähän ja koetulosten tulkinta onkin usein vaikeaa. Jotkut yhdisteet muuttuvat haitallisiksi, toiset taas menettävät toksisuutensa kemiallisissa ja biokemiallisissa reaktioissa. Toisaalta samaa yhdistettä voi esiintyä maassa yleisesti ilman haitallisia vaikutuksia, kuten vanilliini- ja kinnamihappoja,

joiden on todettu lehvästöhuuhtoutumina estävän koppisiemenisten kasvien itämistä. Kyseessä on tällöin paikallisesti kohonnut ja sopivasti ajoittunut toksiinipitoisuus (LEVITT ja LOVETT 1985).

Haihtuvat yhdisteet (mm. eteeriset öljyt ja terpeenit) voivat estää bakteerien lisääntymistä, heikentää siementen itämistä ja kylvösten kasvua. Kuivassa ja puolikuivassa ilmastossa ja suljetussa tilassa vaikutukset ovat voimakkaampia.

OLEZEK (1987) totesi 7 päivää kestäneessä kammiokokeessa ristikkukaiskasvien nuorista, täysikasvuisista lehdistä valmistetusta jauheesta kaasuuntuviin yhdisteiden heikentävän salaatin, kananhirssin ja vehnän itämistä ja kasvua. Sareptansinappi (*Brassica juncea*) ja mustasinappi vaikuttivat voimakkaammin kuin kyssäkaali (*B. oleracea acephala*), ja keltasinappi (*Sinapis alba*).

8 SUORAT JA EPÄSUORAT VAIKUTUKSET

Vaikuttaakseen haitallisesti allelokemikaalia tulee vapautua ympäristöön sopivana aikana riittävä määrä, aineen tai sen aktiivisen hajoamistuotteen tulee olla riittävän pysyvä kyseisissä olosuhteissa ja pystyä siirtymään vaikutuskohteeseen.

Allelopatian todellista merkitystä viljelyolosuhteissa on usein vaikea todeta tai arvioida. Monet vuosittain vaihtelevat ympäristötekijät, kuten kosteus, lämpötila, ravinteet ja valo vaikuttavat eri tavoin kasvilajeihin. Rikkakasvien kilpailukyky ja niiden merkitys satoon vaihteleekin suuresti. Arviointia hankaloittaa myös vaikutustapojen ja -reittien monimutkaisuus. Esimerkiksi raiheinän juurieritteiden on todettu vähentävän nitrifikaatiota jopa 84 %. Tällöin heikko kasvu johtuisi typen puutteesta, eikä fytootoksiinien suorasta vaikutuksesta (LAMPKIN 1990).

Epäsuora vaikutus havaittiin Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa, jossa kauran, ohran ja vehnän olkikatteesta vapautuvat fenolihapot ehkäisivät voimakkaasti nitrifikaatiota ja siten runsaasti typpeä vaativan vadelman (*Rubus idaeus*) taimettumista metsänuudistusalueilla. Samalla katteet edistivät mustakuusen (*Picea mariana*) taimien kasvuunlähtöä ja kehitystä. Vaikutukset näkyivät vielä kahden

vuoden kuluttua katteen levittämisestä (JOBIDON ym. 1989).

Typen lisäksi allelokemikaalit saattavat vaikuttaa myös muiden ravinteiden saatavuuteen ehkäisemällä tai edistämällä ravinteiden kiertoon osallistuvien mikrobien toimintaa. Epäsuorat, mikrobien välittämät vaikutukset voivatkin olla suoria vaikutuksia merkittävämpiä.

Myös kasvien väliset vaikutukset voivat välittyä mikrobien kautta. Tällainen on esimerkiksi aikaisemmin mainittu ruistankion vaikutus pellavaan. Siinä sekä kasvin lehdistä että maassa esiintyvät bakteerit, *Enterobacter cloacea* ja *Pseudomonas fluorescens* tuottavat ruistankion lehdistä huuhtoutuvista glukosinolaateista mm. bentsyyliamiinia, joka hyvin pieninä pitoisuuksina ehkäisee sirkka-juuren kehitystä mullassa, mutta kiihdyttää sitä steriilillä kasvualustalla (LOVETT 1982).

Epäsuorina voidaan pitää myös allelokemikalien vahvistavia tai heikentäviä vaikutuksia biologisen torjunnan yhteydessä. Kirjallisuuskatsauksessaan LOVETT (1991) toteaa allelopatian hyväksikäytön biologisen torjunnan yhteydessä olevan eräs keino pyrittäessä kestävään maatalouteen. Torjuntaeliöiden tehokkuutta voitaisiin vahvistaa allelokemikaaleilla. Esimerkkeinä hän mainitsee mm. gramiinin ja hordeniinin vaikutukset keltasinapin kasvuun ja hordeniinin ehkäisevän vaikutuksen olkiyökköseen (*Myndimna convecta*) ja erääseen sienitautiin (*Drechslera teres*).

Harvassa kasvavat kasvit vastaanottavat suuremman ja tehokkaamman annoksen fytootoksiineja kasviyksilöä kohti kuin tiheässä kasvavat. Tiheässä kasvustossa myös kasvien välinen kova kilpailu valosta, ravinteista, ja vedestä vähentää fytootoksiinien merkitystä (WEIDENHAMMER ym. 1989).

9 OLOSUHTEIDEN VAIKUTUKSET

9.1 Kosteus, lämpötila ja maalaji

Kosteus ja lämpötila vaikuttavat sekä kasvustosta että kasvijätteestä erittyvien tai huuhtoutuvien yhdisteiden määrään ja jätteen hajoamisnopeuteen. Voimakas sade tai sadetus laimentaa tai huuhtoo yhdisteet pois juuristovyöhykkeeltä. Veden kyllyttämisessä hapettomassa maassa kemialliset ja bioke-

mialliset reaktiot ovat erilaisia kuin hapellisissa olosuhteissa. Maalajin läpäisevyys vaikuttaa yhdisteiden huuhtoutumiseen. Lämpötila vaikutti voimakkaasti juolavehnäjätteen hajoamisessa muodostuvien fytotoksiinien määrään. Hajoaminen ja toksiinien muodostuminen väheni 20 °C:ssa ja 5–10 °C:ssa niitä ei muodostunut lainkaan. Alle 20 °C lämpötilassa, kosteuden ollessa sopiva, toksiineja esiintyi yli kuuden viikon ajan, alemmissa lämpötiloissa huomattavasti kauemmin (TOAI ja LINSOTT 1979).

Laboratoriokokeessa juolavehnän ja nurmiröllin (*Elymus repens* ja *Agrostis capillaris* ja *A. tenuis*), italian raiheinän ja sinimailasen juurien hajoaminen hapettomissa olosuhteissa tuotti enemmän fytotoksiineja kuin hapellisissa oloissa. Jäätyminen tai kuivuminen ei lisännyt toksisuutta, joskin tutkija pitää sitä mahdollisena joillakin maalajeilla ja todellisissa ilmasto-olosuhteissa. Tässä kokeessa maalajien, hieta, hiesu ja savi, erot olivat vähäiset. (WELBANK 1960).

Maissin kehitys ja sato heikkenevät juolavehnän vaivaamissa oloissa. Mikäli ravinteet ja valo eivät rajoita kasvua, sopiva kastelu maissin kriittisen kehitysvaiheen aikana vähentää haittavaikutuksia, koska fytotoksiinien määrä juuristoalueella tällöin vähenee (YONG, WYSE ja JONES (1984).

9.2 Ravinteet

Allelopation yhteydessä ravinteiden vaikutusta on yleensä tarkasteltu kahdesta näkökulmasta: miten ravinteet vaikuttavat allelokemikaalien tuottoon, tai miten allelokemikaalit vaikuttavat kohdekasvien ravinteiden saantiin. Typen rooli näyttää olevan erityisen tärkeä, mutta myös muiden ravinteiden oletetaan vaikuttavan kasvien allelopaattisuuteen. Esimerkiksi niukoissa fosfori- ja kalsiumolosuhteissa kasvien sisältämien fenolisten yhdisteiden määrät kohoavat (RICE 1974).

Hiili–typpihypoteesi selittää typen vaihtelun vaikuttavan kasvien puolustusaineiden tuottoon; silloin kun typpeä on niukasti saatavissa kasvi käyttää ylimääräisen hiilen sivutuotteiden syntetisointiin (BRYANT ym. 1983). Suomessa männyn taimilla tehdyn tutkimuksen tulokset tukevat tätä oletusta. Typpilannoitus vähensi fenoliyhdisteiden ja hartsihappojen pitoisuuksia versoissa ja juuristossa. Peltoluteen muninta ja toukkien kasvu li-

sääntyivät typpitason noustessa. Tutkijat toteavat männyn taimien alttiuden luteille johtuneen osaksi niiden paremmasta ravinnearvosta, osaksi alentuneista puolustusainepitoisuuksista (HOLOPAINEN ym. 1993).

HARPER ym. (1986) tutkivat lajikkeiden, typpilannoituksen ja maalajin vaikutusta ohran ja kauran korren hajoamisessa vapautuvien fytotoksiinien määriin. Ohran korsista vapautui etikkahappoja keskimäärin 38 % enemmän kuin vehnällä, mikä oletettavasti johtui ohran nopeammasta hajoamisesta. Tutkittujen lajikkeiden välillä oli vain vähäisiä eroja. Etikkahappopitoisuus oli suurin multa- maassa ja pienin savimaassa kasvaneissa kasveissa. Eniten vaikuttava tekijä oli typpilannoitus, joka lisäsi etikkahappojen tuottoa ja muutti korren hiili–typpisuhdetta. Tutkijat olettavat, että typpilannoitus lisää kasvien mahdollisuuksia tuottaa etikkahapon lähtöaineina toimivia soluseinän polysakkarideja.

Kasvimateriaalin hajoamisnopeus vaikuttaa yleisestikin fytotoksisuuteen; helposti hajoavasta kasvimateriaalista toksiineja vapautuu lyhyessä ajassa runsaasti ja jätteen myrkyllisyys voi siten hävitä nopeasti, mutta vaikutus on voimakas, mikäli jätemäärä on tarpeeksi suuri. Lehden ja korren rakenteiden erot ja niiden vaikutus hajoamisnopeuteen voivat olla syynä myös lajikkeiden välisiin eroihin.

Ruokonata heikensi ambrapuun kasvua. Ravinneanalyysit osoittivat ambrapuun lehtien fosfori- ja typpipitoisuuksien alentuneen. Ruokonadan allelokemikaalien oletettiin heikentäneen ambrapuun juuriston typenottokykyä ja mykoritsan toimintaa ja siten myös fosforin saantia. Kalium-, magnesium- ja kalsiumpitoisuudet olivat korkeampia kuin verranteessa. Näiden ravinteiden kohdalla ei havaittu kytkentää kasvun heikkenemiseen (WALTERS ja GILMORE (1976). Pantaheinä ehkäisi kurkun fosforin ottoa (CHAMBERS ja HOLM 1965).

Trooppisista kasveista mm. neem-puun (*Azadirachta indica*) siementen öljynpuristusjäte estää voimakkaasti nitrifikaatiota (MENGEL ja KIRKBY 1987).

Pelto-ohdakkeen maahan sekoitettu jäte heikensi kurkun ja ohran kasvua. Ravinteiden lisäksi ei

vähentänyt haittavaikutusta (STACHON ja ZIM-DAHL 1986).

Fenolihdisteet rauta-ionien kanssa ovat kasvun säätelijöitä. Auringonkukan juurieritteet heikensivät pantaheinän (*Setaria faberii*) kasvua. Mahdollisesti auringonkukan juurieritteiden vaikutus raudalle herkkään pantaheinään johtui eritteiden sisältämien fenolihappojen ja raudan samanaikaisesta läsnäolosta (LEATHER 1983).

9.3 Ajankohta

Kasvien kehitysvaiheen merkitystä allelokemikaalien tuottoon ja esiintymiseen on käsitelty kohdassa 5. Seuraavassa esitellään joitakin tähän alueeseen liittyviä tutkimuksia.

Tutkimuksia, joissa on tarkasteltu allelokemikaalien hajoamisnopeutta maassa tai katemateriaaleissa on esitetty vähän. Viljelykiertojen ja toisaalta katteiden käytön kannalta olisi ensiarvoisen tärkeää tuntea ajankohta, jolloin toivottua tai vältettävää toksisuutta esiintyy.

CHOESIN ja BOERNER (1991) mukaan mm. ristikkukaiskasveilla esiintyvät allyyli isotiosyanaatit heksaanin uutettuina ja steriliin maahan lisätynä kaasuuntuvat nopeasti; niistä oli 99 % haihtunut 10–12 tunnin kuluessa. Heksaanin haihduttua loput isotiosyanaatit olivat suhteellisen pysyviä; kun niitä lisättiin kerta-annoksena normaalin mikrobiston omaavaan maahan hajoamisnopeus oli noin 3 % vuorokaudessa. Oletettavasti niiden pysyvyys luonnonoloissa on vielä suurempi.

Pantaheinän allelopaattisuus kasvoi iän mukana. Kasvihuonekokeissa kuuden viikon vanhaan pantaheinäkasvustoon kylvetyn maissin tuore- ja kuivapaino ja pituuskasvu vähenivät 90 % verrattuna pelkkään maissikasvustoon. Kahden viikon ikäiseen pantaheinäkasvustoon kylvettynä maissin tuorepaino väheni 30–40 % ja kuivapaino 10–30 %. Samanaikaisesti kylvettynä maissin kasvu heikkeni 10 %. Huuhtoutumiskokeessa tuore, täysikasvuisen pantaheinä vähensi maissin kasvua 35 % ja kuollut kasvusto 50 % (BELL ja KOEPPE 1972).

Mielenkiintoinen esimerkki kasvin strategiasta on vertailu typpilannoituksen ja vuodenaikojen vaihtelun vaikutuksista ruokonadan allelopaattisuuteen keltamaitteelle. Keltamaitetta oli Columbiassa



Pantaheinä

Maissi

kokeiltu lupaavana palkokasvina ruokonatalaitumilla. Vaikeutena oli vakiinnuttaa keltamaittekasvusto laitumille. Tämän oletettiin johtuvan ruokonadan paremmasta kilpailukyvyystä ja sen tuottamista allelokemikaaleista. Sekä tuoreen että poltetun kasvijätteen todettiin vaikuttavan haitallisesti keltamaitteen itämiseen ja kasvuun, mutta tuoreen jätteen vaikutus oli moninkertainen poltetuun verrattuna. Yleisesti ottaen kasvuston polttaminen vähensi ja typpilannoitus lisäsi myrkyllisyyttä. Kasvuston vaikutus oli heikointa lämpimänä vuodenaikana ja voimakkain syksyllä ja aikaisin keväällä kasvuston sulamisen jälkeen. Oletettavasti viime mainittu johtui siitä, että jäätyminen rikkoi kasvisolukkoa, josta sulamisen yhteydessä vapautui nopeasti suuria määriä kasvua estäviä aineita. Toisaalta tehokkain kausi osui ajanjaksoon, jolloin ruokonata aloitti kasvunsa ja saattoi myös erittää haitallisia yhdisteitä. Käytännön kannalta oli merkittävää, että myös palkokasvit, joihin keltamaittekin kuuluu, itivät samoihin aikoihin ja niiden kasvuun lähtö estyi viljelijän kannalta harmittavasti, mutta ruokonadan kilpailutilanteen kannalta juuri sopivasti (LUU ym. 1989).

9.4 Viljelytekniikka

Kevyiden muokkaustekniikoiden, aurattoman viljelyn ja sänkikylvön yleistyessä kasvijätteen fyto-toksisuuteen on kiinnitetty enemmän huomiota kuin aikaisemmin. Koska jätteen hajoamisessa vapautuvilla toksiineilla voi myönteisten, rikkaruohojen tukahduttavien vaikutusten lisäksi olla haitallisia vaikutuksia myös viljelykasviin, tulisi ne tuntea viljelykiertoa suunniteltaessa.

Sadonkorjuujätteen käsittely vaikuttaa fytotoksi-suuteen. Maan pinnalle jätettynä jäte hajoaa hitaammin kuin maahan sekoitettuna. Myös muokauskerroksen syvyys vaikuttaa toksiinien jakautumiseen ja vaikutuksen tehokkuuteen. Nopeimmin hajoaa maan pintakerrokseen sekoitettu kasvijäte. Tällöin yhdisteiden pitoisuus maassa kohoaa nopeasti ja voi ylittää fytotoksisuusrajan (LOVET ja JESSOP 1982). Elävällä katteella taas saadaan paras tulos silloin, kun sitä ei sekoiteta maahan (BOWMAN ym. 1991). Elävä kate on riviväleissä kasvava kasvi, jota niitetään kasvukauden aikana.

10 TUTKIMUSMENETELMISTÄ

Kirjallisuuskatsauksessaan QASEM ja HILL (1989a) arvioivat tutkimusmenetelmiä ja tutkimustuloksista tehtyjä johtopäätöksiä ja toteavat, että nykyisin käytetyt menetelmät eivät mahdollista julkaisuissa esitettyjen menetelmien standardisointia ja siihen perustuvaa tulosten vertailua. Vaikeus erottaa allelopaattisia vaikutuksia muista kasvin menestymiseen vaikuttavista tekijöistä voi johtaa tulosten virheellisiin tulkintoihin. Mikäli näitä tekijöitä ei tutkimusta suunniteltaessa oteta huomioon, voivat yleisestikin käytetyt menetelmät olla harhaanjohtavia. Suurimpia vaikeuksia ovat:

- Laboratoriokokeiden ja muiden keinotekoisissa oloissa tehtyjen kokeiden soveltaminen pelto-olosuhteissa.
- Vakuuttavien kenttäkoemenetelmien puute.
- Allelopaattisten vaikutusten ymmärtäminen ja niiden erottaminen muista vaikuttavista tekijöistä.

Kasvimateriaalin käsittely, murskaus, jauhaminen, kuivaus ja varastointi voivat vaikuttaa fytotoksi-suuteen, samoin voivat elävän ja kuolleen kasvin vaikutukset poiketa toisistaan.

Uuttotekniikka ja liuotin muuttavat fytotoksiinien koostumusta ja saantoa. Uutte käsittely voi määrällisesti ja ajallisesti poiketa huomattavasti luonnollisista huuhtoutumista. Koejärjestelyissä tulisi huomioida myös utteiden sisältämät ravinteet.

Maahan lisätty ja / tai sekoitettu kasvijäte muuttaa maan kosteus-, lämpötila- ja ravinneolosuhteita ja voi vaikuttaa myös maan happamuuteen. Esimerkiksi tuleentuneen oljen hajoaminen sitoo kosteutta

ja tyypeä, kun taas vihreästä kasvijätteestä vapautuu molempia. Allelopaattiseksi tulkittu vaikutus voi molemmissa tapauksissa johtua muuttuneista kasvuolosuhteista, tai se voi peittyä muiden tekijöiden alle. Tämän vuoksi sekä maan fysikaaliset että kemialliset ominaisuudet tulisi käsitellyissä ja käsittelemättömissä koejäsenissä samankaltaistaa.

Mikrobit, sen lisäksi, että ne voivat muuttaa fytotoksisia yhdisteitä myrkyttömiksi tai syntetisoida niitä sopivista lähtöaineista, voivat orgaanisen, helposti hajoavan aineksen lisäyksen jälkeen itse lisääntyä nopeasti, tuottaen samalla suoraan kasveihin tai ravinteiden saatavuuteen vaikuttavia yhdisteitä.

Seuraavassa on esimerkkejä siitä, millaisia tuloksia erilaisilla tutkimusmenetelmillä saadaan.

LOVETT ja JESSOP (1982) vertailivat kauran, rypsin ja palkokasvien jätteen vaikutusta vehnän kehitykseen erilaisissa koeolosuhteissa.

Laboratoriokokeessa vehnän juurten pituus lyheni melkein kaikilla käsittelyillä kontrolliin verrattuna. Suurimmat muutokset aiheutti kuivattu ja pienimmät lahoava jäte. Voimakkaimmin juuren pituuskasvua ehkäisivät palkokasvit, erityisesti lupiini ja papu.

Myös sirkkavarren pituuskasvu väheni merkittävästi lähes kaikilla jättekäsittelyillä, mutta erot kuivatun, tuoreen ja lahoavan jätteen välillä olivat tässä pienemmät kuin juurien kehityksessä. Yleensä lupiini vaikutti voimakkaimmin ja kaura heikoimmin.

Juuren ja varren painosuhte kohosi hajoavaa jätettä käytettäessä. Poikkeuksena oli papu. Muiden kuin rypsin kuivattu jäte alensi juuri-varsi-suhdetta. Palkokasvit pienensivät sitä voimakkaimmin.

Kasvihuonekokeessa jäte joko jätettiin katteeksi pinnalle tai sekoitettiin maahan. Rypsi-, lupiini- ja papukatteilla oli positiivinen vaikutus sirkkavarren ja -juuren pituuskasvuun, mutta maahan sekoitettuna ne vähensivät kasvua. Maahan sekoitettu durrajäte vaikutti positiivisesti. Juuren ja varren suhde pieneni merkittävästi kaikilla jätteillä molemmilla käsittelytavoilla. Yleisesti ottaen maahan

sekoitettujen jätteiden vaikutukset olivat nopeita ja voimakkaita ja osoittivat fytotoksisten kemikaalien vapautuvan niistä nopeammin kuin pintakatteista.

Kenttäkokeessa mikään käsittely ei vaikuttanut merkittävästi hehtaarisatoon, vaikka 1 000 jyvän paino oli merkittävästi pienempi durra- ja papukäsittelyillä. Vaikka kaikissa käsittelytavoissa sirkkavarren pituus oli pienempi ja juuret lyhyempiä kuin käsittelemättömissä, erot eivät olleet tilastollisesti merkittäviä. Voimakkaimmin vaikutti papu.

Kaikissa kokeissa ainoastaan papujäte alensi merkittävästi (52 %) vehnän itämistä. Muilla kasvijätteillä se aleni 7–10 %.

Yhteenvedon voidaan todeta, että laboratorikokeissa vaikutukset olivat huomattavasti voimakkaampia kuin kenttäkokeissa. Laboratoriotulokset johtavatkin helposti vaikutusten yliarviointiin viljelyolosuhteissa.

Erot kenttä- ja muiden kokeiden välillä havainnollistavat sitä, kuinka vaikeaa on erottaa kasviperäisten kemikaalien vaikutuksia muista taustatekijöistä, joista eräs merkittävin on oljen hajoamiseen liittyvä typen sitoutuminen.

Eri kasvinosista valmistettujen vesi-, alkoholi- tai öljypohjaisten uutteen vaikutukset ovat erilaisia. Laimeat ja vahvat uutteen voivat vaikuttaa kasvissa eri kohteisiin. Uuttamistekniikka ja olosuhteet sekä käytetty liuotin vaikuttavat saantoon ja uutossa mahdollisesti muodostuviin uusiin yhdisteisiin. Siten myös uutteen vaikutukset voivat erota luonnollisen kasvijätteen vaikutuksista (GABOR ja VEATCH 1981). Kurkun ja ohran lehtien etanoliuute haittasi sirkkajuurien kehitystä, mutta maahan sekoitetuilla kasvijätteillä ei ollut vaikutuksia (STACHON ja ZIMDAHL 1986).

Useimmat tutkimukset on tehty kuivatuista kasvinosista valmistetuilla uutteen tai simuloimalla sateiden aiheuttamaa lehvästöhuuhtoumaa elävistä tai kuolleista kasveista tai kasvinosista. Yleisimmin käytettyjä testikasveja ovat salaatti, sinimailanen (*Medicago sativa*) ja vehnä.

Tutkimusasetelmissä on yleensä lähdetty selvittämään viljelykasvien kilpailukykyä rikkakasveja vastaan. Vähemmän on tutkittu viljelykasvien sietokykyä rikkakasveille. Viime mainitusta on

esimerkkinä tutkimus, jossa selvitettiin nuokkukarhaisen kuivatuista kasvinosista eri kasvuvaiheissa valmistettujen uutteen ja maahan sekoitettujen kasvinosien vaikutuksia laidunkasvien siementen itämiseen. Vaikka kaikilla koetavoilla havaittiin haitallisia vaikutuksia testikasveihin, kasvikohtainen vaihtelu eri menetelmillä oli suuri. Yleisesti ottaen palkokasvit olivat herkempiä kuin heinäkasvit erityisesti huuhteita ja maahan lisättyä kasvimateriaalia käytettäessä. Herkin oli valkoapila ja kestävin raiheinä. Muita koekasveja olivat mm. puna-apila ja ruokonata (WARDLE ym. 1993).

Allelokemikaalien tunnistaminen ja reaktioiden selvittäminen on nopeasti laajentunut tutkimusalue, jonka merkitystä ei voi väheksyä. Kasvipäristen fytotoksiinien ja niiden vaikutusten ja hajoamisreittien ja -nopeuksien tunteminen mahdollistaa allelopaattisten ominaisuuksien tehokkaan hyödyntämisen tai niiden haittavaikutusten välttämisen käytännön viljelyssä ja viljelymenetelmien kehittämisessä, sekä antaa vihjeitä uusien, valikoivien rikkakasvihävitteiden kehittämiseen (ns. biologiset herbisidit) (GABOR ja VEATCH 1981).

11 KASVINJALOSTUS

Kasvinjalostus on ymmärrettävistä syistä suuntautunut muuhun kuin allelopaattisten ominaisuuksien etsimiseen ja vahvistamiseen. Allelokemikaalit huomioidaan lähinnä silloin, kun ne vahvistavat kasvien resistenttisuutta tai vähentävät viljelykasvin käyttökelpoisuutta ravinnoksi. Nykyisin ruokaöljyteollisuuden tarpeisiin viljeltävät alhaisen glukosinolaattipitoisuuden omaavat rypsilajikkeet ovat esimerkkinä määrätietoisesta jalostustyöstä, jossa tavoitteena on ollut tuottaa terveystieteellisesti haitatonta raaka-ainetta elintarviketeollisuudelle. Mikäli se katsotaan tarpeelliseksi, kasvinjalostus voi tuottaa myös allelopaattisesti tehokkaampia kasveja. Mutta missä määrin se on mahdollista vahingoittamatta kasvien muita ominaisuuksia, kuten viljelyvaatimuksia, satoisuutta ja ravintoarvoa?

Mikäli esimerkiksi ohran allelokemikaalipitoisuutta pystyttäisiin nostamaan vahingoittamatta sadon laatua, sillä olisi suuri merkitys pyrittäessä vähentämään torjunta-aineiden käyttöä.

Kasvinjalostuksessa voitaisiin allelopatiaa hyödyntää nostamalla viljelykasvin myrkyllisyyttä rikkakasveille. Toisaalta korkeat allelokemikaalipitoisuudet sadonkorjuu- tai juuristojätteessä voivat vahingoittaa seuraavaa satoa, kuten on havaittu rukiin ja soijapavun tekevän joillekin pienisiemenisille vihanneksille. Toinen vaihtoehto olisi nostaa viljelykasvin sietokykyä rikkakasvien ja edellisen satokasvin allelokemikaaleja vastaan (RAY ja HASTINGS 1992).

Monien kasvien alkaloiditasot ovat kasvinjalostuksessa helposti säädeltävissä. On mahdollista tuottaa esim. nikotiinittomia tupakkalajikkeita, jotka eivät muuten eroa alkuperäisestä. Joissakin tapauksissa näin on kuitenkin tuotettu kasveja, joiden omaa kasvua korkea alkaloidipitoisuus haittaa. (LEVITT ja LOVETT 1985).

Amerikkalaisessa tutkimuksessa verrattiin 3 000 kauran jalostajanlinjan scopoletiinin eritystä viljelyssä olevaan "Garry"-lajikkeeseen. 22 jalostajan linjaa tuotti enemmän scopoletiinia kuin "Garry". Scopoletiini vähensi useiden yksivuotisten rikkakasvien itämistä. Kauran kylvökset olivat kestävämpiä kuin rikkakasvit. Se saattoi johtua myös kauran kyvystä inaktivoita kyseistä yhdistettä. Fytotoksisin oli linja PI 266281 (FAY ja DUKE 1977).

LOCKERMAN ja PUTNAM (1979) tutkivat kurkun jalostuslinjojen sisäisiä eroja rikkakasvien torjunnassa. Uutteet vähensivät viljahirssin (*Panicum miliaceum*) itämistä jopa 66 % ja tuorepainoa 79 %. Kenttäkokeissa jalostajanlinja PI 169391 vähensi rikkakasvien lukumäärää 50 % ja niiden tuorepainoa 69 % "Pioneer"-lajikkeeseen verrattuna. Vastaavaa vaihtelua on todettu sinimailasella, soijapavulla, durralla, ruokonadalla (RAY ja HASTINGS 1992) ja vehnällä (REEVES ja BROOKE 1977).

12 ALLELOPAATTISIA KASVEJA

Seuraavassa esitellään joitakin meillä esiintyviä, allelopaattisina tunnettuja viljely- ja rikkakasveja ja niiden käyttöä.

Helsingin yliopiston kasvintuotantotieteen laitoksella on valmistunut kirjallisuuskatsaus mauste- ja lääkekasvien allelopaattisista vaikutuksista (PTARH 17-kurssi, toukokuu 1994).

Maatalouden tutkimuskeskuksessa on julkaistu aiheeseen liittyviä kirjallisuuskatsauksia: Tuhoeläintutkimuslaitoksen Tiedote "Seurakasvit ja tuholais-torjunta" (VIRTANEN 1982) ja Maatalouden tutkimuskeskuksen Tiedote "Kasvien sisältämät aineet tuholais-torjunnassa" (LÖFSTRÖM 1983), joissa esitellään sekä koti- että ulkomaisia kasveja ja niiden käyttöä. Myös Löfströmin pro gradu -työ (1986) käsittelee samaa aihetta.

Pohjois-Suomen rohdos- ja luontaistuotekasveista on julkaistu kattava selvitys, jossa esitellään kasvien sisältämiä yhdisteitä ja kasvien käyttömahdollisuuksia lääkkeinä ja ravintona (LINDBERG 1993). Monet teoksessa mainituista kasveista ja yhdisteistä tunnetaan myös allelopaattisina, joskaan niitä ominaisuuksia ei ole kirjassa käsitelty.

Kasvien allelopaattista vaikutusta arvioitaessa on huomioitava muut kasvin menestymiseen vaikuttavat tekijät, kuten kasvin kasvutapa ja sen kilpailukyky valosta, vedestä ja ravinteista. Rikkakasveja tukahduttava vaikutus on aina monien tekijöiden yhteistulos. Käytännönviljelyssä allelopatian osuutta lopputuloksesta voidaan vain arvioida. Esimerkiksi allelopaattisina tunnetut ruis ja rypsi ovat myös vahvoja kilpailijoita; ne lähtevät nopeasti kasvamaan ja ottavat tehokkaasti ravinteita heikentäen siten rikkakasvien menestymismahdollisuuksia.

12.1 Auringonkukka

Auringonkukan (*Helianthus annuus*) kuivattujen lehtien huuhteet ehkäisivät leveälehtisten rikkakasvikylvösten kasvua, mutta vaikuttivat vain vähän heinämäisiin kasveihin. Juurieritteiden teho oli heikompi. Laboratoriokokeessa laimentamaton lehtiute vähensi rikkasinapin (*Brassica kaber*) itävyyttä, mutta 10- ja 100-kertaiset laimennokset lisäsivät sitä 15 %. Vaikutus muihin rikkakasveihin vaihteli auringonkukkalajikkeeseen ja laimennus-suhteen mukaan. Joidenkin jalostettujen lajikkeiden fyto-toksisuus oli jalostamattomia lajikkeita suurempi (LEATHER 1983).

Viisi vuotta kestäneessä kenttäkokeessa, jossa auringonkukkaa ja kauraa vuoroteltiin viljelykierrossa, rikkakasvien tiheys ja peittävyys kasvoivat merkittävästi hitaammin auringonkukka-kaurakierrossa kuin verranteessa (LEATHER 1983).

12.2 Jauhosavikka

Jauhosavikka (*Chenopodium album*) vähensi tomaatin tuore- ja kuivapainoa ja alensi kasvuston typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksia. Jauhosavikan on todettu ehkäisevän myös maissin ja soijapavun kasvua.



Jauhosavikka

12.3 Juolavehnä

Juolavehnä (*Elymus repens* syn. *Agropyron repens*) on eräs aggressiivisimmista rikkakasveista. Sen juurista eristetyt fytotoksiinit ovat oletettavasti glukosideja. Kuolleiden kasvien juuristosta vapautuu huomattavia määriä p-hydroksibentsoehappoa ja vanilliinihappoa, mutta niiden erittyminen elävistä soluista on vähäistä. Maahan sekoitettu olki aiheuttaa samanlaisia fytotoksisia vaikutuksia kuin kuollut juuristo. Juolavehnän haihtuvat öljyt sisältävät agropyriiniä, joka on antibioottinen sieniä ja bakteereja vastaan, mutta sen fytotoksisista vaikutuksista ei tunneta (GABOR ja VEATCH 1981). Kuivatut lehdet ja juuret sisältävät vesiliukoisia toksiineja (TOAI ja LINSKOTT 1979).

Glyfosaattikäsittely ei vaikuttanut juolavehnän hajoavien lehtien fytotoksisuuteen (TOAI ja LINSKOTT 1979).

Käytännön viljelmillä on Suomessa joskus todettu rukiin kasvavan heikosti, kun vahva juolavehnä-kasvusto on ennen rukiin kylvöä tuhottu glyfosaattilla. Syytä etsittiin glyfosaatin jälkivaikutuksista, mutta kasvihuonekokeissa niitä ei havaittu. Juolavehnän hajoavasta kasvustosta ja juuristosta vapautuneiden yhdisteiden osuutta rukiin heikkoon kasvuun ei tutkittu, mutta ne saattoivat vaikuttaa rukiin kasvuun. Tällainen tilanne voisi olla mahdollinen, mikäli juolavehnää on runsaasti ja glyfosaattikäsittelyn ja rukiin kylvön välillä ei satu voimakkaita sateita, mutta kasvimateriaalin hajoamisolosuhteet ovat muuten suotuisat (L-R. Erviö, suullinen tiedonanto 1994).

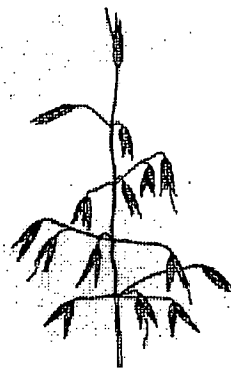


Juolavehnä

12.4 Kaura ja hukkakaura

Kaura (*Avena sativa*) tuottaa p-kumariini-, vanilliini- ja felurichappoja, scopoletiinia ja mahdollisesti muitakin fenolihappoja, jotka ehkäisevät itämistä ja myöhempää kasvua.

Viljellyllä kauralla esiintyi lajikkeiden välisiä eroja fenoksihappojen tuotossa (FAY ja DUKE 1977). Kauranolkikate heikensi maissin kehitystä. Sen oletettiin johtuneen maan alentuneesta lämpötilasta ja oljista huuhtoutuneista yhdisteistä (FORTIN ja PIERCE 1991).



Kaura



Hukkakaura

Hukkauran (*A. fatua*) siemenkuoren vesiuutteessa vanilliinihappo oli voimakkain inhibiittori estäen salaatin ja myös kauran omaa itämistä, kun sen pitoisuus on yli $6,6 \times 10^{-3} M$ (CHEN ym. 1982). Kun hukkakauran tiheys oli 50 kpl/m² se vähensi 40 % pellavan, 23 % vehnän ja 15 % ohran satoa (RAY ja HASTINGS 1992). Hukkakauran jätteestä huuhtoutuneet yhdisteet ehkäisivät valikoivasti toisten kasvien itämistä (RICE 1974).

Viljelykierrossa kauralla on tervehdyttävä vaikutus maahan. Yleinen käsitys on, että se vähentää kasvitautilien esiintymistä (*A. Hannukkala, suullinen tiedonanto 1994*).

12.5 Kumina ja palsamipäivänkakkara

Kuminan (*Carum carvi*) siemenet sisältävät 3–7 % haihtuvaa öljyä, josta 50–60 % on karovnia, joka vaikuttaa joihinkin bakteereihin, sieniin ja hyönteisiin. Sen tiedetään vaikuttavan ehkäisevästi joihinkin varastotauteihin ja perunan itämiseen. Se ärsyttää voimakkaasti ihoa.



Kumina



Palsamipäivänkakkara

Myös palsamipäivänkakkaran (*Crysanthemum balsamita*) haihtuvat öljyt sisältävät (-)-karvonia, jonka todettiin tehostavan pyretriini I:n vaikutusta 7–11 kertaiseksi. Karvoni tehosti pyretriinin imeytymistä hyönteiseen, mutta se itsekin oli myrkyllinen. Myrkyllisyyden oletettiin johtuneen kolinesteraasientsyymien toiminnan estymisestä (KLINGAUF 1984 ja BESTMAN ym. 1988).

Kuminansiemenistä valmistettu asetoniuute oli erittäin tehokasta viljan varastopunkin (*Tyrophagus putrescens*) torjunnassa. Metanoliin uutettuna se tehoi heikommin (AFIFI ja HAFEZ 1988).

Hollannissa on tutkittu kuminan haihtuvien öljyjen vaikutuksia mm. juustojen pinnoilla eläviin, mykotoksiineja tuottaviin *Aspergillus*-sieniin. Vaikka kovin voimakasta vaikutusta ei kokeessa käytetyillä pitoisuuksilla saatu, tuloksia pidettiin sienien torjunnan kannalta lupaavina (JANSSEN ym. 1988).

12.6 Kurkku

Kurkku (*Cucumis sativus*) tukahduttaa useiden rikkakasvien kasvua. Sen kylvökset ehkäisivät läheisyydessä olevien siementen itämistä. Jalostajanlinjojen ja kaupallisen "Pioneer"-lajikkeen välillä oli huomattavia eroja. Eniten vaikutti jalostajanlinja PI 169391, joka alensi mm. viljahirssin tuorepainoa 58 % ja lukumäärää 84 %. Rikkakasvien kokonaismäärä kenttäkokeissa väheni 54 %. Fytotoksisuutta esiintyi aikaisessa kasvun vaiheessa ja se oli voimakkainta 10–48 päivän aikana kurkun istutuksen jälkeen. Rankka, kolme päivää istutuksen jälkeen sattunut sade poisti toksisuuden (LOCKERMAN ja PUTNAM 1979).

Van der VLUGT (1988) olettaa, että suljetussa kasvateljärjestelmässä, esim. kivivilla-alustalla voi kurkun myrkyllisiä juurieritteitä kertyä haitallisessa määrin kasvualustaan ja aiheuttaa juurien kuolemaa.

12.7 Ohra

Ohran (*Hordeum vulgare*) yhdisteistä ovat tunnetuimpia alkaloideihin kuuluvat gramiini ja hordeiini. Gramiinin vaikutusalue on hyvin laaja. Sillä on myrkyllisiä vaikutuksia kasveihin, bakteereihin, hyönteisiin ja nisäkkäisiin. Se vaikuttaa haitallisesti kotieläinten ruuansulatukseen. Jyvässä gramiinia ei kuitenkaan ole, joten siitä ei ole vaaraa ihmisten terveydelle. Gramiini ja hordeiini estävät monien kasvien, kuten pihlajänne- ja lutukan kasvua (LEVITT ja LOVET 1985).



Ohra

CORCUERA (1993) tarkastelee kirjallisuuskatsauksessaan ohran biokemiallisten yhdisteiden vaikutusta kirvankestävyyteen. Muun muassa gramiini, fenoliset yhdisteet ja proteinaasi inhibiittorit ovat joillakin ohralajikkeilla esiintyvinä pitoisuuksina myrkyllisiä kirvoille. Lehden pintavahojen kemiallinen koostumus ja määrä vaikuttavat ohralajikkeiden resistenssiin mm. tuomikirvalle (*Rhopalosiphum padi*). Lajikkeiden välisiin eroihin vaikuttaisivat siten sekä lehden pintarakenteen vahvuus että lehden sisältämät yhdisteet. Ohralla ei ole todettu autotoksisuutta.

12.8 Ristikukkaiset

12.8.1 Kaalikasvit: rypsi, rapsi ja sareptansinappi

Kaalikasvit (*Brassica campestris*, *B. napus* spp. *oleifera* ja *B. juncea*) ovat tunnetusti huonoja kumppanuuskasveja. Niiden tuottamat fytootoksiinit heikentävät useiden viljelykasvien satoa. Oletettavasti sadon heikkenemisen johtuu osaksi siitä, että typen kierto on osallistuvien bakteerien toiminta heikkenee. Tällöin käyttökelpoisen typen määrä vähenee ja kasvit kärsivät typen puutteesta (WADDINGTON ja BOWREN 1978, WADDINGTON 1978, MASON-SEDUN ym. 1988, FRIDEFORS ja SIMAN 1991).

Kaalikasvien vesiliukoisten fytotoksiinien vaikutus riippuu kasvijätteen määrästä ja sen vähenemisnopeus (hajoaminen) läsnä olevasta mikrobipopulaatiosta ja sen aktiivisuudesta. Koska viimeainittu riippuu lämpötilasta ja kosteudesta, hidastuu hajoaminen kylmissä olosuh-



Sareptansinappi

teissa. Eräässä kokeessa hajoaminen oli nopeinta lämpötilan ollessa +24 °C ja sen todettiin pysähtyvän 0 °C:ssa (MASON-SEDUN ja JESSOP 1988).

Samoin kuin kylmissä myös kuivissa olosuhteissa mikrobitoiminta on vähäistä. Viljelykierrossa kaalikasvien aiheuttamaa fytotoksisuutta esiintyy Australiassa alueilla, joilla sadonkorjuun ja seuraavan kylvön välillä on kuiva kausi, jonka aikana jäte ei hajoa. Kasvukauden alussa jätteestä vapautuvat yhdisteet haittaavat kylvösten kehitystä. Samanlainen ongelma esiintyy toistuvasti alkukesän aikana myös Pohjois-Amerikassa, jossa jäte jäätyy talveksi ja hajoaminen ja huuhtoutuminen on voimakkainta keväällä (MASON-SEDUN ja JESSOP 1988).

MASON-SEDUN ja JESSOP (1986) tutkivat Brassica-suvun fytotoksisuutta vehnälle erilaisilla koejärjestelyillä; laboratoriokoe kasviuutteilla ja kasvihuone- ja kenttäkokeet sadonkorjuujätteellä. Mukana oli 13 rypsi-, rapsi-, sareptansinappi- ja mustasinappilajiketta.

Laboratoriokokeissa kasvustosta tehtyinä vesiuutteina kuusi lajiketta kolmestatoista ehkäisi vehnän sirkkavarren kasvua 56,7 % – 91,4 % ja juuriston kasvua 59,1 % – 97,8 %. Kenttäkokeissa maahan jyrsimellä sekoitettu, kuivana varastoitu kasvijäte vähensi yleisesti vehnän jyväsatoa, kasvien kuivapainoa, tyviviersojen määrää ja kasvitiheyttä. Sateinen sää kasvien versomisvaiheessa aiheutti maahan hapettomat olosuhteet. Oletettavasti tällaisissa oloissa syntyi kasvijätteestä uusia fytotoksisia yhdisteitä. Siten lajikkeiden väliset erot johtuivat määrissä olosuhteissa jätteestä huuhtoutuneiden vesiliukoisten yhdisteiden määrällisistä ja laadullisista eroista.

Toinen kenttäkokeissa tutkittu tekijä oli sadonkorjuujätteen vaikutus typen saatavuuteen eri tyyppilannoitustasoilla. Jätteen hajoaminen sitoo typpeä. Siitä aiheutuvan typen puutteen oli oletettu alentavan rapsia seuraavan kasvin satoa. Tässä kokeessa jätteen hajoamisen sitoma typpi korvattiin lannoituksella. Lannoituksesta huolimatta rypsi-jäte heikensi vehnän kasvua. Tulokset viittaavatkin siihen, että typen saatavuuden lisäksi jätteen fytotoksiinit haittasivat vehnän kehitystä.

WADDINGTON ja BOWREN (1978) ja WADDINGTON (1978) tutkivat "Target"-rapsin, "Echo"-rapsin ja "Manitou"-ohran maahan sekoitettujen sadonkorjuujätteiden vaikutusta ohran, idänkattaran (*Bromus inermis*) ja sinimailasen kasvuun kasvihuonekokeissa ja ohran kasvuun kenttäkokeissa.

Sadonkorjuujäte 4 480 kg kuiva-ainetta/ha ei vaikuttanut minkään kasvin kehitykseen, mutta jättemäärällä 8 970 kg/ha kaikki käsittelyt vähensivät ohran ja idänkattaran ensimmäistä satoa. Sinimailasen sato lisääntyi vehnän oljen ja "Echo"-rapsin vaikutuksesta.

Kasvukauden aikana annettu typpilisäys ei kokonaan eliminoinut haittavaikutusta. Tutkijat oletivat, että fytotoksiinit eivät suoraan heikentäneet ohran ja idänkattaran kasvua, vaan ne vaikuttivat typen saatavuuteen. Sinimailanen korvasi mineraalityypin puutteen sitomalla typpeä ilmakehästä. Myöskin CHOESIN ja BOERNER (1991) totesivat, että rapsista vapautuvat allyyli isotiosyanaatit eivät vaikuttaneet sinimailasen kehitykseen.

KASTING ym. (1974) Kanadassa totesivat rapsin sadonkorjuujätteen heikentävän useiden viljelykasvien satoa. Voimakkaimmin se vaikutti ohran, kauran ja kevätevehnän kasvuun. Myös lajikkeiden välillä oli eroja.

MOJTAHEDIN ym. (1991) mukaan rapsilajike "Jupiter" pienensi perunalla esiintyvän sukkulamadon (*Meloidogyne chitwoodi*) populaatiota enemmän kuin kesannointi tai vehnä tai maissi. Sukkulamatojen torjuntaa ajatellen joillakin rapsi- ja rypsilajikkeilla saattaisi olla merkitystä käytännön viljelyssä.

Suomessa tehdyssä kasvihuonekokeessa "Jyty"-sareptansinappin siemenen puristusjäte vähensi

voimakkaasti perunan juuriankeraisen lisääntymistä (LAITINEN ym. 1994).

Rypsin maata ”desinfioiva” vaikutus viljelykierroissa tunnetaan yleisesti. Rypsistä tulee helposti vaikea rikkakasvi, jos sen annetaan siementää peltoon. Jos sitä käytetään viherkesannossa, onkin sen siementäminen ehdottomasti estettävä (A. Hannukkala, suullinen tiedonanto 1994).

12.8.2 Keltasinappi

Keltasinappi (*Sinapis alba*) tuottaa runsaasti glukosinolaatteja. Erityisen korkea niiden pitoisuus on siemenissä. Sinappiöljyn kylmäpuristusjätteestä tehdyllä jauheella ja pelleteillä on Ruotsissa saatu hyviä tuloksia rikkakasvien torjunnassa porkkanalla, sipulilla ja kaalilla, jotka sietävät hyvin sinapin yhdisteit. Puriste on vähentänyt myös kaalikärpästen vioituksia. Kurkku, papu ja punajuuri ovat herkempiä ja vioittuvat, jos pellettejä käytetään 2 000 kg/ha. Yleisesti ottaen yksisirkkaisten kasvien sietokyky on parempi kuin kaksisirkkaisten. Herkkyyteen vaikuttaa myös viljelykasvin kehitysvaihe (JOHANSSON 1992).

Keltasinappi vaikuttaa valikoivasti myös rikkakasveihin. Tehoon vaikuttavat siemenen koko ja käsittelytapa; jos puristusjäte on maan pinnalla, ovat pienisiemeniset lajit herkempiä kuin suurisiemeniset silloin kun puristusjäte on maan pinnalla, maahan sekoitettuna se tehoaa paremmin suurisiemenisiin. Maan pH, kosteus ja lämpötila vaikuttavat glukosinolaattien hajoamiseen ja siten myös puristusjätteen tehoon. Tehoaika on enintään kolme viikkoa. Jätteen puristustapa ja varastointiaika ja -olosuhteet vaikuttavat sen sisältämään glukosinolaattien määrään (JOHANSSON 1992).

”Gisilba”-lajikkeen puristusjäte esti kasvihuonekokeessa jauhosavikan itämistä. Kokeessa oli mukana myös sareptansinappi, mutta se ei vaikuttanut jauhosavikkaan (LAITINEN ym. 1994).

Puristusjäte sisältää typpeä 4–5 %. Jos jätettä käytetään 1 000 kg/ha, saadaan sen mukana typpeä noin 40 kg/ha. Typpi on orgaanisessa muodossa ja sen hajoaminen käyttökelpoiseen muotoon on hidasta ja voi alkuvaiheessa sitoa maan muita typpivaroja. Lisäksi jätteen hajoamistuotteet vaikuttavat joihinkin sieniin, bakteereihin ja ankerosiin (JOHANSSON 1992).

Ristikukkaiskasvien fytotoksisuus riippuu:

- lajista ja lajikkeesta, josta kasvijäte on peräisin
- kohdekasvin lajista ja lajikkeesta
- fytotoksisen kasvijätteen määrästä
- kasvijätteen käsittelytavasta (multaus, kate)
- fytotoksisen kasvijätteen mikrobiologisesta hajoamisesta ja siihen vaikuttavista ympäristötekijöistä.

Lisäksi on todettu kasvijätteen kuivavarastoinnin alentavan jätteen toksisuutta ja toksiinien hajoamisen nopeutuvan kosteuden lisääntyessä.

Ristikukkaiskasvit kilpailevat voimakkaasti kosteudesta ja ravinteista ja niiden kasvuunlähtö on nopeaa. Siten ne estävät rikkakasvien kasvuun lähtöä. Keski-Euroopassa rapsia käytetään pääkasvien välillä ravinteiden ”sieppaamiseen”. Sellaisena sillä on viherlannoitusvaikutus, joka perustuu kasvuston korkeaan typpipitoisuuteen.

12.9 Ruis

Ruis (*Secale cereale*) on parhaiten tunnettuja allelopaattisia kasveja. Sen rikkakasveja tukahduttavia ominaisuuksia on kauan käytetty hyväksi viljelykierroissa. Ruis estää monien leveälehtisten rikkakasvien kasvu, mutta sillä voi olla haitallisia vaikutuksia myös pienisiemenisten vihannesten, kuten porkkanan ja siemensipulin kylvöksiin. Suurisiemenisiä ja istutettavia kasveja se ei häiritse. Käytännön viljelyssä USA:ssa sen on todettu tehoavan hyvin suurimpaan osaan yksivuotisia leveälehtisiä rikkakasveja ja tyydyttävästi heinämäisiin yksivuotisiin kasveihin. Monivuotisiin rikkakasveihin sillä ei käytännössä ole vaikutusta. Elävä kate (riviväleissä kasvava kasvi, jota niitetään kasvukauden aikana) tehoaa parhaiten. (BOWMAN ym. 1991 ja BURSKO 1992).



Ruis

Normaali sadonkorjuujättemäärä riitti tukahduttamaan vain joitakin rikkakasveja. 2–4-kertainen olkimäärä esti täysin mm. savikan, hierakan, pihatähtimön ja voikukan esiintymisen. Jätteen tehokkuudessa eri rikkakasveihin oli huomattavia eroja: jauhosavikan ja pihatähtimön tukahdutus-

tamiseen riitti 500 g kuivaa olkea/m² (5 000 kg/ha), mutta hierakalle ja voikukalle tarvittiin lähes 1 000 g/m² (10 000 kg/ha). Suurimmat katemäärät vaikuttivat luonnollisesti myös valon tunkeutumiseen, maan lämpötilaan ja kosteuteen. Ne lisäsivät hyönteisten, etanoiden ja myyrien lukumääriä (MOHLER ja TEASDALE 1993). Olkea tehokkaammin vaikuttaa tuore, vihreä ruissilppu (BOWMAN ym. 1991). (Suomessa rukiin olkisato on keskimäärin 4 000 kg/ha).

Ruista pidetään USA:ssa parhaana kierto- ja katekasvina, joskin auringonkukka, durra, kaura ja useat palkokasvit antavat hyviä tuloksia. Ruis soveltuu hyvin myös hedelmä- ja marjaviljelyksille, sillä se ei kilpaile mehiläisten suosioista kukinta-aikaan, kuten jotkut palkokasvit tekevät (BOWMAN ym. 1991).

Myös meillä ruis tunnetaan parhaana rikkakasveja tukahduttavana viljelykiertokasvina. Hyvin talveh-tiessaan se vaikuttaa myös juolavehnään (HOVI 1984). Rukiin rikkakasveja varjostava vaikutus on muita viljakasveja suurempi ja sen kilpailukyky siten parempi. Vanhoissa biodynaamisen viljelyn oppaissa mainitaan sen viljelyn kahtena perättäisenä vuotena hävittävän myös juolavehnän (GREGG 1985).

Rukiin haittapuolena ovat sillä esiintyvät, muillakin viljoilla yleiset kasvitautit. Niiden vuoksi ruis sopii huonosti pelkän viljanviljelyn kiertokasviksi. Kasvitaudeista vapaa kaura on tässä suhteessa ruista parempi kasvi. Monipuolisissa viljelykiertoissa taudeista ei ole haittaa (A. Hannukkala, suullinen tiedonanto 1994).

12.10 Ruisvirna

Palkokasveihin kuuluvan ruisvirnan (*Vicia villosa*) tehoa rikkakasveihin tutkittiin edellisessä kappaleessa selostetussa ruiskokeessa. Lopullinen tehok-



Ruisvirna

kuus oli suunnilleen sama kuin rukiilla. Jättemäärä 1 150 g/m² (11 500 kg/ha) tukahdutti täysin voikukan, hierakan, jauhosavikan ja pihattähtimön. Ruisvirnan jäte hajosi nopeammin ja vaikutukset olivat siten nopeampia kuin rukiilla (MOHLER ja TEASDALE 1993). (Suomessa

ruisvirnan kuiva-ainesato on keskimäärin 6 500 kg/ha).

Ruisvirna houkuttelee tuhohyönteisten luontaisia vihollisia. Virojen on esitetty vähentävän auringonkukan juurikysta-ankeroisia ja kasvitauteja (BURSKO 1992). Ruisvirna on meillä hyväksytty kesantokasvi.

12.11 Samettikukka (Samettiruusu)

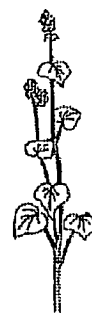
Ryhmäsamettikukan (*Tagetes patula*) jäte ehkäisi monien kasvien siementen itämistä. Samettikukan lehdistä oli joko fyto-toksiineja tai fyto-toksisia yhdisteitä tuottavien mikrobien toimintaa stimuloivia aineita, jotka vaikuttivat hyvin laaja-alaisesti, mutta joiden myrkyllisyys maassa väheni maassa nopeasti (ALTIERI ja DOLL 1978). Joidenkin isosamettikukkalajikkeiden (*Tagetes erecta*) juurieritteet vähensivät useiden juuriankerosten esiintymistä (BAKER ja COOK 1974, MILLINGTON 1991 mukaan).

Samettiruusua suositellaan hyvänä mansikan kumppanuuskasvina. Tutkimuksissa sillä ei aina ole ollut vaikutuksia. Myöskään käytännön kokeemukset eivät aina ole olleet rohkaisevia. Mahdollisesti tämä johtuu väärästä lajikevalinnasta, tai samettiruusun on oletettu vaikuttavan muuhunkin kuin juuriankerosiin.

12.12 Tattari eli viljatatar

Tattarin (*Fagopyrum esculentum*) kykyä säädellä muiden kasvien kasvua on käytetty hyväksi jo 1700-luvulla. Laboratoriokokeessa oljesta valmistettu vesi- ja alkoholiuute hidastivat keltasinapin ja kananhirssin itämistä. Sen oletettiin johtuneen uutteen sisältämästä rutiinista, joka on abskisic-häpon antagonistti (vastavaikuttaja) ja voi hidastaa itämistä. 4–5-lehtiasteella tehty käsittely vähensi molempien testikasvien biomassan määrää. Lehdistöruiskutus oli tehokkaampi kuin kastelu. Puolassa on saatavilla kaupallinen tattariuute "Rutisol" (GAWRONSKI ja CIARKA 1993).

USA:ssa tattaria suositellaan hyvänä esikasvina (BURSKO 1992). Suomalaisten kokemusten mukaan rikkakasvit ovat



Tattari

tattarinviljelyn hankalin ongelma, joten edellä mainittua rikkaruohovaikutusta ei voine yleistää. Kasvitauteja tattarilla ei ole toistaiseksi Suomessa esiintynyt (KONTTURI 1994).

Tattari mainitaan lupaavana houkutuskasvina. Sen on todettu houkuttelevan mm. kirvojen luontaisia vihollisia, kukkakarpäsiä (WEISS ja STETTNER 1991).

12.13 Valko- ja rohtomesikkä

Mesikät (*Melilotus alba* ja *M. officinalis*) ovat monivuotisia, allelopaattisesti rikkakasveja tukahduttavia palkokasveja. Ne voivat houkuttaa petohyönteisiä ja vähentää ankerosten ja kasvitautien esiintymistä (BURSKO 1992). Syväjuurisina ja tyypeä sitovina kasveina ne parantavat maan rakennetta ja ravinnetilannetta.

Hyvien ominaisuuksiensa vuoksi valkomesikkää (*M. alba*) käytetäänkin meillä LUOMU-viljelyn kiertokasvina. Haittana on sillä esiintyvä pahkahome, joka voi viljelykierrossa saastuttaa myös kaalikasveja. Valkomesikän kasvuunlähtö on hidasta, joten puhtaan kasvuston perustaminen voi olla vaikeaa (M. Haukioja, suullinen tiedonanto 1993).



Valkomesikkä

Maatalouden tutkimuskeskuksen yksivuotisissa viherkesantokokeissa valkomesikkä oli heikoin rikkaruohojen tukahduttaja. Kokeessa ei seurattu kesantokasvien mahdollisia jälkivaikutuksia seuraavana vuotena (H. Känkänen, suullinen tiedonanto 1994).

12.14 Vehnä

Vehnä (*Triticum aestivum*) tuottaa suurimmaksi osaksi samoja yhdisteitä kuin ohra ja sillä on samantyyppisiä, rikkakasveja tukahduttavia ominaisuuksia kuin ohralla, rukiilla ja kauralla. Paras tulos on saadaan, kun sitä käytetään elävänä katteena (BOWMAN 1991). Vehnän hyönteisresistenssi voi vaihdella lajikekohtaisesti.

Vehnän vihreä korsi tuotti vähemmän asetaattihappoa kuin ohran korsi, mutta molemmat vähensivät yhtä paljon kasveille käyttökelpoisen typen määrää

(HARPER ym. 1986). Vehnän juurieritteet vähensivät lievästi nitrifikaatiota (LAMPKIN 1990).

13 ALLELOPATIAN MAHDOLLISUUKSIA KÄYTÄNNÖN VILJELYSSÄ

Allelopatialla on monia sovellusmahdollisuuksia sekä LUOMU-tuotannossa että tavanomaisessa viljelyssä. LUOMU-tuotannossa sallittavat tuohyönteisten torjunta-aineet ovat jo nyt kasvukunnasta peräisin. Tarvetta on myös kasvitautilien torjuntaan soveltuvista aineista. Jo nyt saatavilla olevan tiedon perusteella näyttäisi olevan mahdollista hakea ja kehittää joitakin tuotteita. Myös rikkakasveja tukahduttavien ja maassa eläviä kasviparasitiitteja torjuvien kasvien käyttö viljelykierroissa tarjoaa mahdollisuuksia torjunta-aineiden käytön vähentämiseen.

Suomessa ei ole tehty viljelykokeita, joissa olisi tutkittu tai arvioitu allelopatian osuutta tuloksiin, mutta useiden tutkimusten tulokset viittaavat siihen, että kasvien tuottamat yhdisteet olisivat osaltaan vaikuttaneet lopputulokseen.

13.1 Viljelykierrot ja kesantokasvit

Viljelykierroissa allelopatiaa on tietämättä pitkään käytetty hyväksi. Ruis lienee vanhimpia ja valkomesikkä uusimpia rikkakasvien tukahduttajana tunnettuja kasveja. Hyväksytyissä kesantokasveissa on useita allelopaattisia kasveja. Tosin joillakin niistä esiintyy lajinsisäistä vaihtelua, joten Suomessa käytettävät lajikkeet eivät välttämättä ole tässä mielessä kaikkein tehokkaimpia.

Meillä ruista pidetään parhaana rikkakasveja tukahduttavana viljelykiertokasvina, joka hyvin talvehtiessaan vaikuttaa juolavehnäänkin. Kevätviljoista kaura ja ohra ovat vehnää kilpailukykyisempiä. Myös ristikukkaiset kevätljykasvit tukahduttavat juolavehnää (HOVI 1984).

Maatalouden tutkimuskeskuksen viherkesantokasvien vertailukokeessa keväällä kylvetyssä rukiissa ei ollut rikkakasveja, vaikka kasvusto oli hyvin matalaa. Myös rehevästi kasvaneet ruisvirna- ja rehurapsikasvustot olivat puhtaita. Raiheinässä esiintyi runsaasti rikkakasveja, erityisesti jauhosavikkaa, vaikka raiheinän kasvu oli voimakas-

ta. Allelopatian mahdollista osuutta rikkakasvien tukahduttajana ei kokeessa tarkasteltu, mutta tulokset viittaavat siihen, että ainakin rukiilla se mahdollisesti vaikutti tulokseen (H. Känkänen, suullinen tiedonanto 1994).

Viherkesannointi ja yleensäkin viljelykierrot näyttäisivät tarjoavan mahdollisuuksia allelopatian hyödyntämiseen. Kasveja valitessa tulisi huomioida niin hyöty- kuin haittavaikutukset. Esimerkiksi pyrittäessä tukahduttamaan rikkakasveja voidaan lisätä kasvitautivaaraa. Ruis viljanviljelyn kiertokasvina voi lisätä kasvitautien esiintymistä. Kaura ja rypsi voivat vähentää tauteja, mutta niiden teho rikkakasveihin on todennäköisesti heikompi.

13.2 Katteet

13.2.1 Olki- ja hakekatteet

Olkea on meillä vanhastaan käytetty marjanviljelyssä katteena. Sitä on kokeiltu myös kaalilla. Rukiinolkea pidetään tehokkaimpana. Puunkuorta ja haketta käytetään koristekasvien juurilla. Katteen alkuperästä (kasvista) riippuen sillä saattaa olla voimakkaitakin vaikutuksia kasviin joko ravinteiden kierron kautta tai muina kasvua kiihottavina tai ehkäisevinä vaikutuksina.

Tämäntyyppisten katteiden käytössä on vaikeutena niiden levityksen ajoittaminen. Mikäli tavoitteena on rikkakasvien tukahduttaminen, paras teho saadaan, jos kate levitetään varhain keväällä. Katteen alla maan lämpötila nousee hitaasti ja maa voi pysyä liian märkänä ja hapettomana. Tämän vuoksi kylminä ja sateisina kesinä satovahingot voivat olla huomattavat.

Mansikan riviväleissä havupuuhake on ollut erinomainen rikkakasvien tukahduttaja. Harnaahometta on esiintynyt hieman enemmän kuin mansikkakangasta käytettäessä. Heinäkate on lisännyt harmaahometta. (U. Lehtonen, suullinen tiedonanto 1993).

Kahdeksan vuotta kestäneessä hedelmänviljelyn katekokeessa tuoreen havupuun ja tammen kuorihakkeet, sekä rypsin olki tukahduttivat hyvin yksivuotisia rikkakasveja. Tuoreiden katteiden vaikutus oli selvästi allelopaattinen. Kompostoituna katteina ne lisäävät rikkakasvien esiintymistä ja kasvua. Hedelmäsadot olivat katteita käytettäessä

samat tai suuremmat kuin herbisidikäsitellyllä. Kuorikatteet paransivat hedelmien makua, tuoksua ja väriä (NIGGLI, WEIBEL ja GUT 1990).

13.2.2 Vihersilppukatteet

Vihersilppua (tuore heinäsilppu) kokeillaan vihannesviljelmien katteena. Katteen levitys pyritään ajoittamaan kasvien typpivaatimusten mukaan. Katekasvi voidaan kasvattaa kaistoina vihannesten kanssa ja niitettäessä puhaltaa suoraan riviväleihin. Katekasvina käytetään yleensä apilaa tai heinäseoksia. Tässä yhteydessä ei allelopatian osuutta ole erityisesti pohdittu, mutta sen hyödyntäminen lienee mahdollista.

Kotipuutarhoissa nurmikon niittosilppu sopii vihannesten rivivälien katteeksi. Sen voi levittää keväällä niin aikaisin kuin saa niitettyä ja toisen kerran seuraavan niiton jälkeen (U. Lehtonen, suullinen tiedonanto 1993).

13.2.3 Elävä kate riviväleissä

Elävällä katteella tarkoitetaan riviväleissä kasvatettavaa kasvia, jota niitetään kasvukauden aikana. Niittosilppu jätetään riviväleihin katteeksi. Kasvusto kilpailee valosta, ravinteista ja kosteudesta rikkakasvien kanssa ja voi sinänsä heikentää niitä. Katekasvin alleokemikaalit tehostavat kilpailuvaiikutusta, mikäli kasvusto on alkukesästä riittävän vahva ja niitot ajoitetaan oikein. Tällöin niittosilpusta vapautuvien fytotoksiinien teho on voimakas ja ajoittuu rikkakasvien herkimpään vaiheeseen. Allelokemikaalien lisäksi niittosilpusta vapautuu ravinteita, ennen kaikkea typpeä kasvien käyttöön. Lisäksi elävä kate suojaa maanpintaa kuivumiselta ja eroosiolta. Syksyllä ravinteiden huuhtoutuminen ja eroosio vähenevät, jos katekasvin annetaan kasvaa mahdollisimman pitkään, tai muokkaukset tehdään vasta keväällä. Katekasvilla on myös maan rakennetta parantava vaikutus. Haittapuolena on katekasvin kilpailu ravinteista ja vedestä myös viljelykasvin kanssa. Alkukesästä se voi olla merkittävä tekijä.

Suomessa elävä kate soveltuu istutettavien vihannesten viljelyyn ja marja- ja hedelmätarhoihin. Sopivia katekasveja saattaisivat olla ruis, vehnä, ohra, raiheinä, joko puhtaina tai sekakasvustoina jonkin palkokasvin kanssa, tai jokin palkokasvi yksinään.

USA:ssa ruista käytetään sekä vihantalannoitukse-
na että tukahduttamassa rikkakasveja. Aurattomas-
sa viljelyssä sen teho on parempi. Syksyllä kyl-
vetty ruis kerää ravinteita ja suojaa maanpintaa
eroosiolta. Keväällä se joko muokataan kevyesti
maan pintakerrokseen tai rukiin joukkoon istute-
taan tai kylvetään esimerkiksi papu tai auringon-
kukka. Viimemainitussa tapauksessa ruis silputaan
tai niitetään riviväleihin, jolloin sen teho rikkakas-
veihin on voimakkaampi kuin maahan sekoitet-
tuna. Myös keväällä kylvetty ruis tehoaa rikkakas-
veihin. Tällöin se toimii elävänä katteena
varjostamatta kuitenkaan satokasvia. Kuumassa ja
kuivassa ilmastossa se lakastuu keskikesällä, mutta
suojaa kuitenkin maan pintaa auringolta ja tuulen
aiheuttamalta eroosiolta. Hyviä kokemuksia on
saatu maissin ja soijan viljelyssä myös kylvämällä
edellisenä syksynä ruis-, kaura- ja ruisvirnaseosta
(suhteessa 3:4:6). Keväällä ruis ja ruisvirna tukah-
duttavat rikkakasveja ja ruisvirnan ansiosta sato-
kasveille saadaan tehokkaampi typpilannoitus kuin
pelkällä rukiilla (BOWMAN ym. 1991).

Persianapila (*Trifolium resupinatum*) tukahduttaa
rikkakasveja tehokkaasti, jos se kylvetään tihe-
ään. Se saattaa haitata myös kaalin kasvua (U.
Lehtonen, suullinen tiedonanto 1993).

13.3 Kumppanuuskasvit

Kumppanuuskasveilla pyritään parantamaan lä-
hekkäin kasvavien kasvien viihtyvyyttä (kasvien
välinen positiivien vuorovaikutus), ehkäisemään
kasvitauteja tai houkuttelemaan, karkoittamaan tai
eksyttämään hyönteisiä. Huomattavan osan bio-
dynaamisessa viljelyssä tunnetuista kumppanuus-
kasveista on todettu tuottavan allelokemikaaleja.
Käytännössä kasvien suotuisia, suoria vaikutuksia
toisiinsa on kuitenkin tutkittu valitettavan vähän.
Hieman paremmin tunnetaan tuhohyönteisten ja
niiden luontaisten vihollisten ja kasvien välisiä
suhteita.

Perustamalla erilaisia kukkivia kasvustoja viljely-
kasvien läheisyyteen, riviväleihin, pientareille ja
suojavyöhykkeille ja suojakaistoille voidaan eksyt-
tää tuhohyönteisiä tai houkutelaa niiden luontaisia
vihollisia ja lisätä muutenkin biodiversiteettiä,
luonnon monimuotoisuutta. Ehkä olisi mahdollista
tuottaa jotain yrttiä vihannesten tai marjojen rivi-
väleissä. Tällaisessa viljelyssä saattaisi olla mah-

dollista yhdistää joitakin elävän katteen ominai-
suuksia hyönteisten tai tautien torjuntaan.

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa seurattiin vehnä-
viljelmille perustettujen, erilaisten ja eri aikaan
kukkivien luonnon- ja viljelykasvien houkuttele-
vuutta kirvan luontaiseen viholliseen, kukkakärpä-
seen. Tattarin ja aurankukan yhdistelmällä kukka-
kärpästen esiintymien jatkuu pitkään (WEISS ja
STETTNER 1991).

Lähinnä kotipuutarhoja varten Pohjois-Amerikassa
on tutkittu kumppanuuskasvien vaikutusta perhos-
tuholaisten esiintymiseen kaalilla. Samettikukalla
(*Tagetes patula*), koristekrassilla (*Tropaleum
minimum*), puolanmintulla (*Mentha pulegium*)
piparmintulla (*Mentha piperita*), ryytisalvialla
(*Salvia officinalis*) ja tarha-ajuruoholla (*Thymus
vulgaris*) saadut tulokset viittaavat siihen, että joil-
lakin näistä olisi merkitystä naurisperhosen houku-
tuskasvina. Muihin kaalin tuholaisiin houkutteleva
vaikutus oli hyvin lievä. (LATHEEF ja IRVIN 1979).

Tomaatin ja marunatuoksukin on todettu vähentä-
vän kirpan (*Phyllotera cruciferae*) esiintymistä
kaalilla (TAHVANAINEN ja ROOT 1972).

Koristekrassi kaalimaan läheisyydessä houkutteli
kaaliperhosia. Kaaleissa näitä tuholaisia ei esiinty-
nyt (U. Lehtonen, suullinen tiedonanto 1993).

13.4 Lajikevalinta

Useiden kasvilajien allelopaattisuudessa näyttää
kasvilajike olevan ratkaisevassa asemassa. Lajik-
keista on kuitenkin valitettavan vähän saatavissa
tämäntyyppistä tietoa. Ristiriitaiset tutkimustulok-
set saattavat johtua käytetyistä lajikkeista. Jul-
kaisuista lajike- ja alkuperätiedot useimmiten puut-
tavat, joten tulosten vertailu on hankalaa ja
epävarmaa.

Lajikekohtaiset erot ovat todennäköisesti syynä sa-
mettikukan tehon vaihteluun mansikan juurianke-
roisia vastaan. Olisikohan samanlainen taustatekijä
mukana sipulin ja porkkanan torjuvissa vaikutuk-
sissa toistensa tuholaisiin? Monet viljelijät pitä-
vät sitkeästi kiinni tästä käsityksestä, jonka tutkijat
yhtä sitkeästi kumoavat. Samasta syystä voi muita-
kin kumppanuuskasveja kokeileva kokea petty-
myksiä.

13.5 Kasviperäiset torjunta-aineet

Kiinnostus mahdollisuuksiin korvata synteettisiä torjunta-aineita kasviperäisillä valmisteilla on kasvamassa. Kasvitautilien ja tuholaisten kemiallinen torjunta lienee saanut alkunsa arkipäiväisistä hyönteis- ja tautihavainnoista erilaisissa kasviyhdistelmissä, joten nyt ollaan tavallaan kääntymässä takaisin entiseen. Entuudestaan tunnetaan monia tautien- ja tuholaisten torjuntaan sopivia kasveja, rikkakasvien torjunta-aineiden kehittäminen lienee vaikeampaa. Yrttien ja yrttivalmisteiden käyttöä vihannesten varastotautien torjunnassa on jo jonkin verran tutkittu. Kokeilemisen arvoisia kasveja ovat kuminan lisäksi mm. jotkut minttulajit, tilli ja oregaano. Käyttökelpoisten kaupallisten tuotteiden kehittäminen ja testaaminen vie kuitenkin aikansa.

Esimerkkeinä voidaan mainita Hollannissa jo tuotekehittäelyssä oleva kuminaöljy perunan idunestoaineena ja hyönteisten ja tautien torjunnassa, sekä Ruotsissa paljon tutkittujen rypsi- ja sinappiruohien käyttö rikkakasvien torjunnassa.

13.6 Kannattavuus

Monet tutkijat olettavat, että vaikka viljelykasvit kärsisivät vain lievästi fyto- ja tautitoimista, ne kuitenkin heikentävät kasvin kilpailukyky rikkakasveja, tuhoeläimiä ja tauteja vastaan ja saattavat siten alentaa satoa (LOVETT ja JESSOP 1992). Vaikka rikkakasvien tai edellisen viljelykasvin tuottamien allelokemikaalien taloudellista vaikutusta satoon ja viljelyn taloudelliseen kannattavuuteen ei nykyisten tietojen perusteella pystytä arvioimaan, on kuitenkin mahdollista vertailla eri viljelyvaihtoehtojen kannattavuutta pelkästään viljelykustannusten ja oletettujen tuottojen perusteella. Tähän on pyritty seuraavassa laskelmassa, jossa verrataan kahden erilaisen viherkesannon perustamis- ja hoitokustannuksia ja vaikutuksia seuraavaan satoon.

13.6.1 Allelopaattisten jälkivaikutusominaisuuksien huomioiminen viherkesantokasveja valittaessa

Seuraavassa asetelmassa verrataan allelopaattisilta ominaisuuksiltaan tehokkaiksi arvioitujen ruisvirnan ja rukiin viljelykustannuksia tavallisimmin viherkesantona käytettyyn kaksivuotiseen puna-apila — timotei kesantoon.

Oletuksena on, että ruisvirnan ja rukiin seosta käytetään seuraavana vuonna kateaineena avomaan puutarhaviljelyssä. Laskelmassa jälkivaikutusta on kuitenkin jouduttu tarkastelemaan tulosten pohjalta, joissa viherkesantoa seuraavana kasvina on vilja. Laskelma on siis teoreettinen, ja sen tarkoituksena on antaa viitettä siitä, onko allelopatian hyväksikäyttöön esteitä muiden kannattavuustekijöiden vuoksi. Rukiin menestymisestä rehevän ruisvirnakasvuston alla viherkesantovuonna ei ole tuloksia.

Asetelmassa kustannukset ja tuotot on laskettu yhtä viherkesanto vuotta kohti. Lannoite- ja sato-vaikutukset perustuvat arvioon viherkesantokokeiden ja aiempien palkokasvikokeiden perusteella:

Ruisvirna—ruisamerikkalaisen siemenseoksen mukaisesti	2 v. suojaviljaan perustettu puna-apila—timotei		
Siemen:			
Ruisvirna 30 kg/ha	400 mk	Puna-apila 5 kg/ha	125 mk
Ruis 20 kg/ha	50 mk	Timotei 10 kg/ha	125 mk
Muokkaus ja kylvö	140 mk		45 mk
Kyntö	160 mk		0
Niitto	0		35 mk
Perustamisvuoden viljasato			175 mk
Kustannukset yhteensä	750 mk		505 mk
Tuotto (muut kuin allelopaattisista vaikutuksista johtuvat):			
Lannoitesäästö (40 kg N)	250 mk		125 mk
Seuraavat viljasadot	500 mk		335 mk
Tuotot yhteensä	750 mk		460 mk
Tuotot — kustannukset	0		-45 mk

Laskelman mukaan ei ole taloudellisia esteitä yrittää saada viherkesannosta myös allelopaattista hyötyä ruisvirna—ruisseoksen avulla.

Jos käytettäisiin pelkkää ruista (120 kg/ha), kustannukset olisivat 580 mk/ha, eikä lannoitesäästöä ja sadonlisää tulisi. Allelopatiahyödyn täytyisi siis olla noin 500 mk/ha. Mikäli rukiin siemenmääränä riittäisi puolet normaalista (80 kg/ha) olisivat kustannukset 100 mk/ha pienemmät. Jos ruis kylvetään riviväleihin samana keväänä vihannesten kanssa (ei kasva kortta, mutta kilpailee rikkakasvien kanssa) on tästä aiheutunut kustannus (80 kg/ha + kylvö) 250 mk/ha.

14 TUTKIMUSLINJOJA

Kaikki edellisessä kappaleessa mainitut soveltamismahdollisuudet kaipaavat runsaasti lisäselvitystä. Viljelymenetelmiä ja -kiertoja on tähänkin mennessä tutkittu ja tutkitaan intensiivisesti, mutta tutkimuksien lähtökohdat ja tarkasteluperusteet ovat muualla kuin allelopatiassa. Todennäköisesti eri aineistoja vertaamalla on mahdollista saada tietoa ja viitteitä allelopatiaan yhdistettävistä tekijöistä ja niiden esiintymisestä meidän oloissamme. Tässä yhteydessä tulisi myös kerätä ja vertailla viljelijöiden kokemuksia ja havaintoja. Vertailu lääketieteen tietoihin kasvien sisältämistä aineista ja niiden vaikutuksista voi tuoda esille uusia, mielenkiintoisia kasveja.

Kirjallisuus antaa hyvin myönteisen kuvan allelopatian yhteydestä biologiseen torjuntaan (LOVETT 1991). Mutta on myös mahdollista, että joidenkin kasvien tuottamat yhdisteet vaikuttavat kielteisesti torjuntaeliöihin vähentäen niiden tehoa. Allelokemikaalien vaikutukset biologiseen torjuntaan tulisikin selvittää silloin, kun torjuntaeliöitä käytetään kasveilla, joilla on vaikutuksia samantyyppisiin eliöihin. Toisaalta heikosti onnistuva

torjunta voi olla vihje kasvilajin tai lajikkeen myrkyllisyydestä torjuntaeliölle. Tällaiseen oletukseen päätyivät HARE ja ANDREADIS (1983) tutkiessaan koloradokuoriaisen (*Leptinotarsa desemlineata*) torjuntaa sienitaudilla (*Beauveria bassiana*). He päättelivät koisoskasvien tomatiinin suojanneen koloradokuoriaisia sienitauti-infektiolta.

Kasvinjalostus on avainasemassa, mikäli halutaan lisätä jotakin kasvin allelopaattista ominaisuutta joko sen oman kestävyyttä tai siitä saatavaa torjunta-ainetta silmällä pitäen. Kasvinjalostajilla lienee jo nyt hallussaan runsaastikin tietoa kasvien sisältämistä yhdisteistä ja niiden tasosta erilaisissa jalostusmateriaaleissa.

15 LOPUKSI

Allelopatia voidaan nähdä yhtenä osana kasvien selviytymisstrategiaa. Puolustuskeinona se on varsin ymmärrettävä ja luonnonoloissa tehokaskin. Tehoviljelyssä sen vaikutukset ja merkitys peittyvät tai kokonaan häviävät lannoitteiden ja torjunta-aineiden tuoman hyödyn alle, tai ne luetaan kasvien kilpailukyvyn ansioiksi tai puutteiksi. Uusien, pehmeämpien viljelymenetelmien yleistyessä ja pyrittäessä vähentämään maatalouskemikaalien käyttöä allelopatia saa uutta merkitystä. Omavaraisessa maataloudessa sen rooli rikkakasvien, kasvi-tautien ja tuholaisten torjunnassa ja maan ravinnetaloudessa voi tulevaisuudessa olla merkittävä. Nykytietämyksessä on vielä runsaasti aukkoja ja epävarmuutta allelopatian ekologisesta ja taloudellisesta merkityksestä. Toisaalta ilmiön parempi ymmärtäminen avaa mahdollisuuksia sen laajamittaiseen hyväksikäyttöön.

KIRJALLISUUS

- AFIFI, F.A. & HAFEZ, S.M. 1988. Effect of different plant extracts the toxicity and behaviour of *Tyrophagus putrescentiae*, Schrank (Acari: Acaridae). *Annals Agric. Sci., Fac. Agric., An Shams Univ., Cairo, Egypt* 33(2): 1375–1385.
- ALBORN, H. (Ed.) 1989. Plant Allelochemicals as insects oviposition regulators. Department of Chemical Ecology, University of Göteborg, Sweden.
- ALTERI, M.A. & DOLL, J.D. 1978. The Potential of Allelopathy as a Tool for Weed Management in Crop Fields. *PANS* 24(4): 495–502.
- BAKER, K.F. & COOK, R.J. 1974. Biological control of plant pathogens. San Francisco: W/H Freeman & Co. (In: Millington, S. 1991. The competitive effects of weeds in organic crops. *New Farmer & Grower*, Summer 1993: 28–29).
- BECKER, Y., GUILLEMANT, J., GYOUT, L. & LELIEVRE, D. 1951. Sur un phytopathologique du probleme des substances racinaires toxiques. *C. R. Acad. Sci.* 233: 198–199.
- BELL, D.T. & KOEPE, D.E. 1972. Noncompetitive Effects of Giant Foxtail on the Growth of Corn. *Agron. J. Madison* 64: 321–325.
- BERNHARDT, M., TAPPESER, B. & THOMAS, F. 1991. Gentechnik und biologischer Pflanzenschutz. Bio-Insektizide. *Werkstattreihe Nr. 73 ÖKO-INSTITUTE*. V. Freiburg. 136 p.
- BESTMANN, von H.J., CLASSEN, B., VOSTROWSKY, O., KLINGAUF, F. & STEIN, U. 1988. Pflanzliche Insektizide VIII: Die synergistische Wirkung von (-)-Carvon und Pyrethrin I im etherischen Öl von *Chrysanthemum balsamita* L. *J. Appl. Ent.* 106: 144–149.
- BOWEN, G.D. 1961. The toxicity of legume seed difusates toward Rhizobia and other bacteria. *Plant Soil* 15: 155–165.
- BOWMAN, G., BRUSKO, M., CICERO, K., HOFSTETTER, B. & SHIRLEY, C. 1991. Controlling Weeds with Fewer Chemicals. 1st ed. (Series Ed: Gramer, G.) United State of America by Rodale Institute, Emmaus. 138 p.
- BURSKO, M. 1992. Managing Cover Crops Profitably. Rodale Institute ed. Vol.1. (Publication of the Sustainable Agriculture Research and Education Program (formerly LISA) of CSRS, U.S: Department of Agriculture.). 114 p.
- BRYANT, J.P., CHAPIN, S. & KLEIN, D.R. 1983. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos* 40: 357–368.
- GABOR, W.E. & VEATCH, H. 1981. Isolation of a Phytotoxin from Quacgrass (*Agropyron repens*). *Weed Sc.* 29: 155–159.
- CHAMBERS, E.E. & HOLM, L.G. 1965. Phosphorous uptake as influence by associated plants. *Weeds* 13: 312–314.
- CHEN, F.S., MACTAGGART, J.M. & ELOFSON, R.M. 1982. Chemical constituents in wild oat (*Avena fatua*) hulls and their effects on seed germination. *Can. J. Plant Sci.* 62: 155–161.
- CHOESIN, D.N. & BOERNER, R.E.J. 1991. Allyl isothiocyanate release the allelopathic potential of *Brassica napus* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 78(8): 1083–1090.
- CORCUERA, L.J. 1993. Biochemical basis for the resistance of barley to aphids. *Phytochemistry* 33(4): 741–747.
- COWLES, H.C. 1911. The causes of vegetative cycles. *Bot. Gaz.* 51: 527–529.
- De CANDOLE, M.A-P. 1832. *Physiologie vegetable*. Vol. 3. Bechet Jeune, Lib. Fac. Med., Paris (in Rice 1974).
- EDWARDS, P.J., WRATTEN, S.D. & PARKER, E.A. 1992. The ecological significance of rapid wound-induced changes in plants: insect grazing and plant competition. 91: 266–272.
- ELKAN, G.H. 1961. A nodulation inhibiting root excretion from a non-nodulating soybean strain. *Can. J. Microbiol.* 7: 851–856.
- FAY, P.K. & DUKE, W.P. 1977. An Assesment of Allelopathic Potential in Avena Germ Plasm. *Weed Sc.* 25(3): 224–228.
- FORTIN, MC. & PIERCE, F.J. 1991. Timing and nature of mulch retardation of corn vegetative development. *Agron. J. Madison* 8(31): 258–263.
- FRIDEFORS, L. 1991. Rapsexpeller som gödselmedel. försöksavd. för vextnäringslära. Thesis, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap. 65 p.
- GABOR, W.E. & VEATCH, H. 1981. Isolation of a Phytotoxin from Quackgrass (*Agropyron repens*). *Weed Sc.* 29: 155–159.
- GAWRONSKI, S.W. & CIARKA, D. 1993. Buckhweat in prevention and control of weeds. *Communications de la Quatrieme Conference Internationale I.F.O.A.M., 5–9 Juillet 1993, Dijon (France)*. Ed. Thomas, J-M. p. 225–226.
- GREGG, R.B. 1985. Kumppanuuskasvien käytön aakkoset. Suomentanut Antti Hovi. *Biodynaaminen Yhdistys*, Helsinki. 40 p.
- GRIFFITHS, D.C. 1990. Opportunities for control of insects in arable crops using semiochemicals and other unconventional methods. *Brighton crop protection confrens- Pest and Diseases-1990*. 487–496.
- HARE, J.D. & ANDREADIS, T.G. 1983. Variation in the Susceptibility of *Leptimotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) Whwn Reared on Different Host Plants to the Fungal Pathogen, *Beauveria bassiana* in the Field and Laboratory. *Environmental Entomology* 12: 1892–1897.
- HARPER, S.H.T., ELLIS, F.B. & LYNCH, J.M. 1986. Varietal and fertilizer effects on straw phytotoxins. *Biol. Fertil Soils* 2: 109–112.
- HERMS, D.A. & MATTSON, W.J. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quart. Rev. Biol.* 67: 283–335.
- HILDMAN, T., EBNETH, M., PEÑA-CORTES, H., SANCHEZ-SERRAND, J.J., WILLHITZER, L. & PRAT, S. 1992. General Roles of Abscisis and Jasmonic Acids in Gene Activation as a Result of Mechanical Wounding. *The Plant Cell* 4: 1157–1170.
- Hovi, M. 1984. Rikkakasvien torjunta luonnonmukaisesti. *Omavarainen maatalous* 2/84: 18–19.

- HÄMET-AHTI, L., SUOMINEN, J., ULVINEN, T., UOTILA, P. & VUOKKO, S. (toim.) 1984. Retkeilykasvio. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki 1984. 544 p.
- JANSSEN, A.M., LUIJENDIJK, T.J.C., SCHEFFER, J.J.C. & BAERHEIM SVENDSEN, A. 1988. Antibacterial and antifungal activities of caraway oil. 19th International Symposium on Essential Oils and Other Natural Substrates. September 7–8 1988. Landenberghaus Greifensee, Switzerland.
- JOBIDON, R., THIBAUT, J.R. 1989. Phytotoxic Effects of Barley, Oat, and Wheat-Straw Mulches in Eastern Quebec Forest Plantations. 2. Effects on Nitrification and Black Spruce (*Picea mariana*) Seedling Growth. *Forest Ecology and Management* 29: 295–310.
- , THIBAUT, J.R. & FORTIN, J.A. 1989. Phytotoxic Effect of Barley, Oat, and Wheat-Straw Mulches in eastern Quebec Forest Plantations. 1. Effects on Red Raspberry (*Rubus idaeus*). *Forest Ecology and Management* 29: 277–294.
- JOHANSSON, H. 1992. En naturlig herbicid — Pressrester av vitsinapsfrö mot ogräs i grönsaker. Inst. för Lantbruksteknik, Alnarp, Sverige.
- KASTING, R., PITTMAN, U.J., DOWNEY, R.K. & DUBETZ, S. 1974. Toxin from the straw residue of rape. *Can. J. Plant Sci.*: 447–448.
- KONTTURI, M. 1994. Tattarin lajiketulosten kertomaa. Kasvituotannon uudet mahdollisuudet. Hämeen Siemenviljelijäin seminaari Jokioisissa 9.2.1994. p. 6–11.
- LAITINEN, P.L., JAAKKOLA, S. & TIILIKKALA, K. 1994. Effects of mustard meals on root cyst nematodes of potato and on germination and early growth of annual weeds in glasshouse. — Preliminary information. Poster. NJF seminarium no. 237. Converting to organic agriculture, Mikkelä 22–24.3.1994.
- LAMPKIN, N. 1990. Organic farming. Farming Press Books, Ipswich, United Kingdom. p. 166–180.
- LATHEEF, M.A. & IRWIN, R.D. 1979. The Effect of Companionate Planting on Lepidoptera Pests of Cabbage. *The Canadian Entomologist* (July): 863–864.
- LEATHER, G.R. 1983. Sunflowers (*Helianthus annuus*) are Allelopathic to Weeds. *Weed Sc.* 31: 37–42.
- LEVIN, D.A. 1973. The role of trichomes of plant defense. *Quart. Rev. Biol.* 48: 3.
- 1976. The chemical defences of plants to pathogens and herbivores. *Annual Review of Ecology and Systematics* 7: 121–159.
- LEVITT, J., LOVETT, J.V. 1985. Alkaloids, Antagonisms and Allelopathy. *Biological Agriculture and Horticulture* 2(4): 289–301.
- LINDBERG, M. (Ed.) 1993. Lapin ja Pohjois-Suomen rohdos- ja luontaistuotekasvit. 1st ed. (Kuopion yliopiston julkaisuja A. Farmaseuttiset tieteet 8.) Kuopion yliopiston painatuskeskus, Kuopio. 243 p.
- LIVINGSTON, B.E. 1905. Physiological properties of bog water. *Bot. Gaz.* 39: 348–355.
- LOCKERMAN, R.H. & PUTNAM, A.R. 1979. Evaluation of allelopathic cucumbers (*Cucumis sativus* L.) as an aid to weed control integration. *Weed Sc.* 27: 54–57.
- LOVETT, J.V. 1982. The Effects of Allelochemicals on Crop Growth and Development. In: Chemical Manipulation of Crop Growth and Development. Ed. McLaren, I.S. (p. 93–110). Butterworths, London.
- 1982. Allelopathy and self-defence in plants. *Australian Weeds* 21: 33–36.
- 1989. Allelopathy research in Australia: an update. phytochemical ecology. *Academia Sinica Monographs Series*, Taipei (9): 49–67.
- 1991. Changing Perceptions of Allelopathy and Biological Control. *Biological Agriculture and Horticulture* 8: 89–100.
- & JESSOP, R.S. 1982. Effects of Residues of Crop Plants on Germination and Early Growth of Wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 906–916.
- & JOKINEN, K. 1984. A Modified staircase apparatus for studies of allelopathy and other phytotoxic effects. *J. Agr. Sci. Finland*.
- LUU, K.T., MATCHES, A.G. & PETERS, E.J. 1982. Allelopathic Effects of Tall Fescue on Birdsfoot Trefoil as Influenced by N Fertilization and Seasonal Chances. *Agronomy Journal* 74: 805.
- LÖFSTRÖM, I. 1983. Kasvien sisältämät aineet tuholaistorjunnassa. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 8/83. Jokioinen. 26 p.
- 1986. Kasviuutteiden vaikutuksesta vihannespunkkin (*Tetranychus urticae* Sulz.) ja aaltojuovikaskirpan (*Phyllopera undulata* Kutsch.) kuolleisuuteen, lisääntymiskykyyn ja syönnin määrään. Pro gradu. Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Eläintieteen laitos. 50 p.
- MASON-SEDUN, W. & JESSOP, R.S. 1988. Differential phytotoxicity among species and cultivars of the genus *Brassica* to wheat. II. Activity and persistence of water-soluble phytotoxins from residues of the genus *Brassica*. *Plant and Soil* 107: 69–80.
- , JESSOP, R.S. & LOVETT, J.V. 1986. Differential phytotoxicity among species and cultivars of the genus *Brassica* to wheat. I. Laboratory and field screening of species. *Plant and Soil* 93: 3–16.
- MENGEL, K. & KIRKBY, A.E. 1987. Principles of plant Nutrition. International Potash Institute, Bern. 687 p.
- MILLINGTON, S. 1991. The competitive effects of weeds in organic crops. *New Farmer & Grower*, Summer 1991: 28–29.
- MOHLER, C.L. & TEASDALE, J.R. 1993. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Res.* 33: 487–499.
- MOJTAHEDI, H., SANTO, G.S., HANG, A.N. & WILSON, J.H. 1991. Suppression of Root-knot Nematode Populations with Selected Rapeseed Cultivars as Green Manure. *Journal of Nematology* 23: 170–174.
- MOLISCH, H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathie. Fischer, Jena (in Rice, 1974).
- MUKERJI, K.G. & GARG, K.L. 1988. Biocontrol of Plant Diseases, Vol 1. CRC Press; Boca Raton.
- MULLER, C.H. 1970. The Role of Allelopathy in the Evolution of vegetation. K. L. chambers ed. Vol. 1. Oregon State University Press, Corvallis. (Proceedings of the Twenty-Ninth Annual Biology Colloquium, 1968).
- NICKELL, L.G. 1960. Antimicrobial activity of vascular plants. *Econ. Bot.* 13: 281–318.

- NIGGLI, U., WEIBEL, F.P. & GUT, W. 1990. Weed control with organic mulch materials in orchards. Results from 8 years field experiments. *Acta Horticulturae* 285: 97–102.
- NILSSON, M.-C., HÖGBERG, P., ZACKRISSON, O. & FENGYOU, W. 1993. Allelopathic effects by *Empetrum hermaphroditum* on development and nitrogen uptake by roots and mucorrihizae of *Pinus sylvestris*. *Can. J. Bot.* 71: 620–627.
- OLESZEC, W. 1987. Allelopathic effects of volatiles from some *Cruciferae* species on lettuce, barnyard and wheat growth. *Plant and Soil* 102: 271–273.
- OSBORN, E.M. 1943. On the occurrence of antibacterial substances in greek plants. *Brit. J. Exp. Pathol.* 24: 227–231.
- PELLISSIER, F. 1993. Allelopathic effect of phenolic acids from humic solutions on two spruce mycorrhizal fungi: *Cenococcum graniforme* and *Laccaria laccata*. *J. Chem. Ecol.* 19: 2105–2114.
- PIVNIC, K.A. & JARVIS, B.J. 1991. Rate of release of allyl isothiocyanate by intact and damaged oriental mustard plants and implications for host plant location by insects. *Agronomy: Diseases, Insects, Weeds. GCIRC 1991 Congress*. p. 512–517.
- PRICE, P.W. 1991. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos* 62: 244–251.
- PUTMAN, A.R. & DUKE, W.B. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16: 431–451.
- QASEM, J.R. & HILL, T.A. 1989a. On difficulties with allelopathy methodology. *Weed Res.* 29: 345–347.
- & HILL, T.A. 1989b. Possible role of allelopathy in the competition between tomato, *Senecio vulgaris* L. and *Chenopodium album* L. *Weed Res.* 29: 349–356.
- RABIN, L.B. & PACOVSKY, R.S. 1985. Reduced Larva Growth of Two *Lepidoptera* (Noctuidae) on Excised Leaves of Soybean Infected with a Mycorrhizal Fungus. *J. Econ. Entomol.* 78: 1358–1364.
- RASMUSSEN, O. 1935. Biologis — dynaaminen puutarhavielijä. Föreningen för främjande av den biolodlingen i Finland. (Enl. dr Steiner) Helsinki 1935. 152 p.
- RAY, H. & HASTINGS, P.J. 1992. Variation within flax (*Linum usitatissimum*) and barley (*Hordeum vulgare*) in response to allelopathic chemicals. *Theoretical and Applied Genetics* 84: 460–465.
- REESE, J.C. 1979. Interactions of allelochemicals with nutrients in herbivore food. In: *Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*, G.A. Rosenthal & D. H. Janzen, (eds) p. 309–330. Academic Press, New York.
- REEVES, T.G. & BROOKE H.D. 1977. The effect of genotype and phenotype on the competition between wheat and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) In: *Proc. 6th Pacific Weed Sci. Conf. Jakarta*. p. 166–172.
- RICE, E.L. 1974. *Allelopathy*. Academic Press, Inc., London, England. 353 p.
- 1979. Allelopathy—an update. *Bot. Rev.* 45: 15–109.
- 1987. Allelopathy: An Overview. In Waller, B.R. (ed). *Allelochemicals: ACS Symposium Series 330*, Washington. USA. p. 7–22.
- ROUSI, M., HENTTONEN, H. & UOTILA, I. 1993. Effects of shading and fertilization on resistance of winter-dormant birch (*Betula pendula*) to voles and hares. *Ecology* 74: 30–38.
- , TAHVANAINEN, J. & UOTILA, I. 1991. A mechanism of resistance to hare browsing in winter-dormant European white birch (*Betula pendula*). *The American Naturalist* 137: 64–82.
- SOGAARD, B. & DOLL, H. 1992. A positive allelopathic effect of corn cockle, *Agrostemma githago*, on wheat, *Triticum aestivum*. *Can. J. Bot.* 70: 1916–1918.
- STACHON, W.J. & ZIMDAHL, R.L. 1986. Allelopathic Activity of Canada Thistle (*Cirsium arvense*) in Colorado. *Weed Sc.* 28: 83–86.
- STARKEY, R. L. 1929. Some influences of development of higher plants upon the microorganisms in the soil. II. Influence of the stage of plant growth upon abundance of organisms. *Soil. Sci.* 27: 355–378.
- STICNEY, J. S. & HOY, P.R. 1881. Toxic action of black walnut. *Trans. Wis. State Hort. Soc.* 11: 166–167.
- STOWE, L.G. 1979. Allelopathy and its influence on the distribution of plants in Illinois old-field. *Journal of Ecology* 67: 1065–1085.
- SWAIN, T. 1977. Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 479–501.
- TAHVANAINEN, J., JULKUNEN-TIITTO, R., ROUSI, M. & REICHARDT, P.B. 1991. Chemical determinants of resistance in winter-dormant seedlings of European white birch (*Betula pendula*) to browsing by the mountain hare. *Chemoecology* 2: 49–54.
- TAHVANAINEN, J.O. & ROOT, R.B. 1972. The Influence of Vegetational Diversity on the Population Ecology of a Specialized Herbivore, *Phyllotera cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia (Berl.)* 10: 321–346.
- TOAI, T.V. & LINSKOTT, D.L. 1979. Phytotoxic Effect of Decaying Quackgrass (*Agropyron repens*) Residues. *Weed Sc.* 27: 595–598.
- TUKEY, H.B. Jr. 1969. Implication of allelopathy in agricultural plant science. *Bot. Rev.* 35: 1–16.
- VANCURA, V. 1964. Root exudates and plants, I. Analysis of root exudates of barley and wheat in their initial phase of growth. *Plant and Soil* 21: 231–248.
- van der VLUGT, J.L.F. 1988. The effects of plant density, an extra side-shoot and reduced fruit set on root death in the cucumber. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3: 275–279.
- WADDINGTON, J. 1978. Growth of barley, bromegrass and alfalfa in the greenhouse in soil containing rapeseed and wheat residues. *Can. J. Plant Sci.* 58: 241–248.
- & BOWREN, K.E. 1978. Effects of crop residues on production of barley, bromegrass and alfalfa in the greenhouse and barley in the field. *Can. J. Plant Sci.* 58: 249–255.
- WALLER, G.R. 1989. Biochemical Frontiers of Allelopathy. *Biologia Plantarum (Praha)* 31(6): 418–447.
- WALTERS, D.T. & GILMORE, A.R. 1976. Allelopathic effects of fescue on the growth of sweetgum. *Journal of Chemical Ecology* 2(4): 469–479.

- WARDLER, D.A., NICHOLSON, K.S. & RAHMAN, A. 1993. Influence of plant age on the allelopathic potential of nodding thistle (*Carduus nutans* L.) against pasture grasses and legumes. *Weed Res.* 33: 60–78.
- WEISS, E. & STETTNER, C. 1991. Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Nutzinsekten an. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart, Bern. 104 p.
- WELBANK, P.J. 1960. Toxin production from *Agropyron repens*. In *The biology of Weeds*. (J.L. Harper ed.) p. 158–164. Blackwell, Oxford.
- WILSON, R.E. & RICE, E.L. 1968. Allelopathy as expressed by *Helianthus annuus* and its role in old-field succession. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 95(5): 432–3448.
- VIRTANEN, M. 1982. Seurakasvit ja tuholaisorjunta. Maatalouden tutkimuskeskus, Tuhoeläintutkimuslaitoksen tiedote 3. Vantaa. 35 p.
- WHITTAKER, R.H. 1970. The biochemical ecology of higher plants, In *Chemical Ecology*. E. Sondheimer and J.B. Simeone, ed. Academic Press, New York. p. 43–70.
- YONG, F.L., WYSE, D.L. & JONES, R.J. 1984. Quackgrass (*Agropyron repens*) Interference on Corn (*Zea mays*). *Weed Sci.* 32: 226–234.

Julkaisemattomat lähteet

- Erviö, L-R. Asiantuntijahaastattelu. MTT, Jokioinen. 11.2.1994
- Hannukkala, A. Asiantuntijahaastattelu. MTT, Jokioinen, 21.1.1994.
- Haukioja, M. Puhelinhaastattelu. Biolan Oy. 11.11.1993.
- Holopainen, J.K., Rikala, R., Kainulainen, P. & Oksanen, J. 1993. Resource partitioning to growth and defence in nitrogen-fertilized Scotch pine and fitness of seedlings to a heteropterous herbivore. Käsikirjoitus. [Kuopion yliopisto, Ekologisen ympäristötieteen laitos.]
- Känkänen, H. Asiantuntijahaastattelu. MTT, Jokioinen, 7.2.1994
- Lehtonen, U. Asiantuntijahaastattelu. Varkaus, 13.10.1993.

KASVINIMISTÖ

Nimistöön on kerätty kaikki tekstissä mainitut kasvit. Osa niistä on havaittu allelopaattisiksi, osa on kohdekasveja. Tieteellisissä ja suomenkielisisissä nimissä on noudatettu teoksia Hämet-Ahti ym. (toim.) 1984 Retkeilykasvio ja Palmen ja Alanko (toim.) 1993 Viljelykasvien Nimistö. Joidenkin tie-

teellisten nimien kohdalla on suluissa esitetty myös rinnakkainen, kirjallisuudessa yleisesti käytetty nimi. Eglanninkielisessä nimissä on noudatettu teosta Huxley ym. (toim.) 1992 The New Royal Horticulture Society Dictionary of Gardening.

Tieteellinen nimi	Suomi	Englanti
<i>Agrostemma githago</i>	Aurankukka	Corn cockle
<i>Agrostis capillaris</i>	Nurmirölli	
<i>Allium cepa</i>	Ruokasipuli	Onion; Shallot
<i>Allium sativum</i>	Valkosipuli	Garlic
<i>Amaryllidaceae</i>	Amaryllikset	Amaryllis
<i>Anemoniacaee</i>	Vuokot	Anemones
<i>Aristida oligantha</i>		Prairie threeawn
<i>Armoracia rusticana</i>	Piparjuuri	Horse radish, Red cole
<i>Artemisia absinthum</i>	Mali; Koiruoho	Wormwood; Absinthe
<i>Artemisia artemisifolia</i>	Marunatuoksukki	
<i>Atropa belladonna</i>	Belladonna	Belladonna
<i>Avena fatua</i>	Hukkakaura	Wild oat
<i>Avena sativa</i>	Kaura	Oat
<i>Azadiracta indica</i>	Neem-puu	Neem tree
<i>Betula</i>	Koivu	Birch
<i>Brassica campestris</i>	Rypsi	Rapeseed
<i>Brassica juncea</i>	Sareptansinappi	Chinense mustard; Mustard cabbage
<i>Brassica kaber</i>		Charlock; Californian rape
<i>Brassica napus</i>	Lanttu /Rapsi	Rapeseed
<i>Brassica napus subsp. oleifera</i>	Rapsi	Rape; Rapeseed; Colza
<i>Brassica nigra</i>	Mustasinappi	Black mustrad;
<i>Brassica oleracea</i>	Kaali	Wild cabbage
<i>Brassica oleracea var. acephala</i>	Kaali	Kale; Colewort
<i>Brassica rapa</i>	Nauris; Turnipsi	Field mustard; Turnip
<i>Bromus inermis</i>	Idänkattara	Bromegrass; Chess
<i>Bromus secalinus</i>	Ruiskattara, Viljaluste	Cheat; Rye brome; Chess
<i>Camelina sativa</i>	Ruistankio	
<i>Carduus nutans</i>	Nuokkukarhiainen	Nodding thistle; Musk thistle
<i>Carum carvi</i>	Kumina	Caraway
<i>Cirsium ssp.</i>	Ohdakkeet	Thistles
<i>Cirsium arvense</i>	Pelto-ohdake	Canada thistle; Creeping thistle
<i>Chenopodium album</i>	Jauhosavikka	Fat hen; Lambs quarters (USA)
<i>Chrysanthemum majus</i> (<i>C. balsamita</i>)	Palsamipäivänkakkara	Cost Mary
(<i>Tanagetum balsamita</i>)		
<i>Cirsium</i>	Ohdakkeet	Thistle
<i>Cirsium arvense</i>	Pelto-ohdake	
<i>Cruciferae</i>	Ristikukkaiset	Cruciferaes
<i>Cucumis sativus</i>	Kurkku	Cucumber
<i>Datura stramonium</i>	Hulluruoho	Thornapple; Jimson weed
<i>Diploaxis muralis</i>	Hietasinappi	Stinkweed
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Kananhirssi	Barnyard grass; Cockspur

Tieteellinen nimi	Suomi	Englanti
<i>Elymus repens</i> (<i>Agropyron repens</i>)	Juolavehnä	Quackgrass; Lyme grass
<i>Euphorbia</i> spp.	Tyräkit	Spurge
<i>Fagopyrum esculentum</i>	Tattari	Buckwheat
<i>Festuca arundinacea</i>	Ruokonata	Tall Fescue
Flacourtiaceae		Flacourtia
<i>Glycine maxima</i>	Soijapapu	Soybean
<i>Helianthus annuus</i>	Auringonkukka	Common sunflower
<i>Helianthus rigidus</i>	Preerian auringonkukka	Prairie sunflower
<i>Helianthus tuberosus</i>	Maa-artisokka	Jerusalem artichoke
<i>Hordeum vulgare</i>	Ohra	Barley
<i>Juglas nigra</i>	Jalopähkinä	Black walnut
Liliaceae	Liljakasvit	Lilies
<i>Linum usitatissimum</i>	Pellava	Flax
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Ambrapuu	Sweet gum
<i>Lolium</i>	Raiheinät	Ryegrass; Darnel
<i>Lupinus angustifolius</i>	Lupiini	Lupin
<i>Lotus corniculatus</i>	Keltamaite	Birdsfoot trefoil
<i>Lycopersicun esculentun</i>	Tomaatti	Tomato
<i>Medicago sativa</i>	Sinimailanen	Lucerne; Alfalfa
<i>Melilotus alba</i>	Valkomesikkä	Sweetclover
<i>Melilotus officinalis</i>	Rohtomesikkä	
<i>Mentha piperita</i>	Piparminttu	Peppermint
<i>Mentha pulegium</i>	Puolanminttu	Pennyroyal
Moraceae	Mulperipuut	Mulberry
<i>Nicotiana tabacum</i>	Tupakka	Tobacco
<i>Panicum miliaceum</i>	Viljahirssi	Proso millet
<i>Parthenium argentatum</i>	Guajulekasvi	Guayule
<i>Parthenium hysterophorus</i>		
<i>Pentanasia variabilis</i>		
<i>Phaseolus</i> spp.	Pavut	Beans
<i>Picea mariana</i>	Mustakuusi	Black spruce
<i>Pinus sylvestris</i>	Mänty	Scotch Pine
<i>Pinus ponderosa</i>	Ponderosamaäty	Ponderosa Pine
<i>Pisum sativum</i>	Herne	Field pea
<i>Pulsatilla vulgaris</i> (<i>Anemone pulsatilla</i>)	Tarhakylmänkukka	Pasque flower
<i>Quercus</i>	Tammi	Oak
Ranunculaceae	Leinikkikasvit	Buttercup family
Rosaceae	Ruusukasvit	Roses
<i>Rubus idaeus</i>	Metsävadelma	Red raspberry
<i>Rumex crispus</i>	Poimuhierakka	Curled dock
<i>Salvia leucophylla</i>	Tarhasalvia	Sage
<i>Salvia officinalis</i>	Ryytisalvia	Garden sage
Satureija	Kynttelit	Savory
<i>Scabiosa</i>	Törmäkukat	Pincushion flower
<i>Secale cereale</i>	Ruis	Rye
<i>Senecio vulgaris</i>	Peltovillakko	Groundsel; Ragweed
<i>Setaria viridis</i>	Viherpantaheinä	Green foxtail; Greenbristle grass
<i>Sinapis alba</i>	Keltasinappi	White mustard
<i>Solanum tuberosum</i>	Peruna	Potato
<i>Sorbus aucuparia</i>	Kotipihlaja	Mountain ash
<i>Sorghum bicolor</i>	Durra	Sorghum
<i>Spergula arvensis</i>	Peltohatikka	Corn spurry

Tieteellinen nimi

Tagetes erecta
Tagetes patula
Tanacetum vulgare
Taraxacum officinale
Thymus vulgaris
Trachypogon pulmosus
Trifolium hybridum
Trifolium incarnatum
Trifolium pratense
Trifolium repens
Trifolium subterraneum
Trigonella graecum
Triticum aestivum
Tropaeolum minus
Vicia villosa
Zea mays

Suomi

Isosamettikukka
 Ryhmäsamettikukka
 Pietaryrtti
 Voikukka
 Tarha-ajuruoho

 Alsikeapila
 Veriapila; nurmiapila
 Puna-apila
 Valkoapila
 Maa-apila
 Sarviapila
 Vehnä
 Koristekrassi
 Ruisvirna
 Maissi

Englanti

Marigold
 French marigold
 Tansy
 Common dandelion
 Thyme

 Alsike clover
 Crimson clover
 Red clover
 White clover
 Subterranean clover
 Fenugreek
 Wheat
 Garden nasturtium
 Hairy vetch
 Maize; Corn

KASVIHAKEMISTO

	Sivu
<i>Agrostemma githago</i>	12
<i>Agrostis capillaris</i>	17
<i>Agrostis tenuis</i>	17
<i>Amaryllidaceae</i>	9
Amaryllikset	9
Ambrapuu	15, 17
<i>Anemone pulsatilla</i>	9
<i>Aristida oligantha</i>	11, 12
<i>Artemisia absinthum</i>	8
<i>Athyrium filix-femina</i>	9
<i>Atropa belladonna</i>	11
Aurankukka	12
Auringonkukka	11, 12, 21, 26, 29
<i>Avena fatua</i>	22
<i>Avena sativa</i>	22
<i>Azadiracta indica</i>	17
<i>Belladonna</i>	11
<i>Brassica campestris</i>	23
<i>Brassica juncea</i>	16, 23
<i>Brassica kaber</i>	21
<i>Brassica napus subsp. oleifera</i>	23
<i>Brassica nigra</i>	15
<i>Brassica oleracea var. acephala</i>	16
<i>Bromus inermis</i>	24
<i>Camelina sativa</i>	12
<i>Carduus nutans</i>	15
<i>Carum carvi</i>	22
<i>Centaurea cyanus</i>	12
<i>Chenopodium album</i>	11, 22
<i>Chrysanthemum balsamita</i>	23
<i>Cirsium</i>	8
<i>Crucifereae</i>	9
<i>Cucumis sativus</i>	23
<i>Datura stramonium</i>	11
<i>Daucus carota</i>	25
Durra	20, 21, 26
<i>Echium plantagineum</i>	
<i>Elymus repens, (Agropyron repens)</i>	17, 22
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	9
<i>Euphorbia spp.</i>	8
<i>Fagopyrum esculentum</i>	26
<i>Festuca arundinacea</i>	15
<i>Helianthus annuus</i>	21
Hierakat	14, 25, 26
Hiirenporras	9
<i>Hordeum vulgare</i>	23
Hukkakaura	22

Hulluruoho	11
Idänkattara	24
Isosamettikukka	26
Jaakonvillakko	15
Jalopähkinä	8
Jauhosavikka	11, 22, 25, 26
<i>Juglas nigra</i>	8
Juolavehnä	14, 22, 26, 27
Kaali	11, 25, 29
Kaura	14, 16, 19, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29
Keltamaite	15, 18
Keltasinappi	16, 25
Koristekrassi	29
Kotipihlaja	8
Koivu	13
Kumina	22, 23, 30
Kurkku	17, 20, 23, 25
Kuusi	9, 24
Kyssäkaali	16
Leinikkikasvit	9, 14
<i>Liliaceae</i>	9
Liljakasvit	9
<i>Linum usitatissimus</i>	8, 12
<i>Liquidambar styracifl</i>	15
<i>Lolium</i>	8
<i>Lotus corniculatus</i>	15
Lupiini	19
Lutukka	23
Maissi	8, 18, 22
Mali / Koiruoho	8
<i>Medicago sativa</i>	20
<i>Melilotus alba</i>	8, 27
<i>Melilotus officinalis</i>	27
<i>Mentha piperita</i>	29
<i>Mentha pulegium</i>	29
<i>Moraceae</i>	9
Mulperipuut	9
Mustakuusi	16
Mustasinappi	15, 16, 24
Mustikka	9
Mänty	11, 15, 17
Neem-puu	17
Nuokkukarhiainen	15, 20
Nurmirölli	17
Ohdakkeet	8, 14
Ohra	14, 16, 17, 20, 23, 24, 2
Oregano	30
Palkokasvit	19, 26
Palsamipäivänkakkara	23

<i>Panicum miliaceum</i>	21
Pantaheinä	17, 18
<i>Parthenium argentatum</i>	8
Pavut	8, 19, 20, 25, 29
Pelargonia	8
Pellava	8, 12
Pelto-ohdake	17
Peltohatikka	11
<i>Pentanasia variabilis</i>	9
Persianapila	29
Peruna	10, 22, 24, 25, 30
<i>Picea abies</i>	9
<i>Picea mariana</i>	16
Pihatähtimö	23, 25, 26
<i>Pinus sylvestris</i>	11
Piparjuuri	8
Piparminttu	22
Porkkana	25
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	9
Puna-apila	20, 30
Punajuuri	25
Puolanminttu	29
Raiheinä	8, 16, 17, 20, 27
<i>Ranunculaceae</i>	9
Rapsi	24, 25, 27, 28
Rikkasinappi	21
Ristikukkaiskasvit	25, 27
Rohtomesikkä	27
<i>Rosaceae</i>	9
<i>Rubus idaeus</i>	16
Ruis	8, 14, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Ruiskaunokki	12
Ruistankio	12, 16
Ruisvirna	26, 27, 29, 30, 31
Ruokasipuli	8
Ruokonata	15, 17, 18, 21
Ruusukasvit	9
Ryhmäsametitikukka	26, 29
Rypsi	19, 21, 24, 25, 28, 30
Ryytiscalvia	14, 29
Salaatti	22
<i>Salvia leucophylla</i>	14
<i>Salvia officinalis</i>	29
Sareptansinappi	16, 24, 25
Scabiosa	8
<i>Secale cereale</i>	25
<i>Senecio jacobaea</i>	15
<i>Setaria faberii</i>	18
<i>Sinapis alba</i>	16, 24
Sinimailanen	17, 20, 24
Soijapapu	9, 11, 21, 22
<i>Sorbus aucuparia</i>	8
<i>Spergula arvensis</i>	11
<i>Stellaria media</i>	23

<i>Tagetes erecta</i>	26
<i>Tagetes patula</i>	26, 29
<i>Taraxacum officinale</i>	25
Tarha-ajuruoho	29
Tarhakylmänkukka	9
Tattari	11, 26, 29
Tilli	30
<i>Thymus vulgaris</i>	29
Tomaatti	8, 11, 22
<i>Trachypogon pulmosus</i>	9
<i>Trifolium resupinatum</i>	29
<i>Triticum aestivum</i>	27
<i>Tropaeolum minimum</i>	29
Tupakka	11, 21
Tyräkit	8
Törmäkukat	8
<i>Vaccinium myrtillus</i>	9
Valkoapila	20
Valkomesikkä	8, 27
Valkosipuli	8, 25
Vehnä	8, 12, 14, 16, 19, 20, 21, 24, 27, 29
Variksenmarja	9
<i>Vicia villosa</i>	26
Viljahirssi	21, 23
Voikukka	25, 26

SANASTO

allelokemikaalit, kasvien aineenvaihdunnan sivutuotteita. Sekundaariyhdisteiden alaryhmä.

allelopatia, kasvien tuottaminen biokemiallisten yhdisteiden vaikutus toisiin kasveihin ja muihin eliöihin.

antagonisti, vastakkaiseen suuntaan vaikuttava aine tai osapuoli.

autotoksisuus, kasvin tuottamien yhdisteiden myrkyllisyys kasville itselleen tai muille saman lajin yksilöille.

biodiversiteetti, luonnon monimuotoisuus.

evoluutio, luonnonilmiö, jonka mukaan organismien muoto ja elämäntapa muuttuvat jatkuvasti siten, että jälkeläiset eroavat kantamuodoistaan.

fytotoksiini, kasveille myrkyllinen aine.

fytotoksisuus, myrkyllisyys kasveille.

herbivoria, kasvinsyönti.

indusoida, aiheuttaa tai aloittaa jokin toiminta tai reaktio.

inhibiittori, estäjä.

inhibitio, estyminen, ehkäistyminen.

inkuboida, hauduttaa.

mykoritsa, kasvin sienijuuri; kasvin kanssa symbioosissa elävä sieni, joka välittää kasville maasta ravinteita ja saa kasvilta yhteyttämistuotteita.

nitrifikaatio, typenkiertoon liittyvä, mikrobien toimesta tapahtuva reaktiosarja, jossa ammoniumtyyppästä syntyy nitraattityyppiä.

resistenssi, eliöiden vastustuskyky.

sekundaariyhdisteet, kasvien aineenvaihdunnan sivutuotteita, joilla ei ole todettu mitään aineenvaihdunnallista tehtävää.

suksessio, tietyllä paikalla tapahtuva eliöyhteisön ajallinen muuttuminen; esim. kasvillisuuden vähittäinen muuttuminen alueella, jolla ei aiemmin ole ollut kasvustoa.

tanniinit, parkkihapporyhmä; esiintyy runsaasti kasvien kuorissa ja joidenkin kasvien lehdissä.

toksiini, laajemmassa mielessä minkä tahansa eliön tuottama myrkky; suppeammassa mielessä mikrobien tuottama myrkky.

toksisuus, myrkyllisyys.

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevätrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyys. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittynurmikkalajikkeiden peittävyys ja kestävyys nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-
asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kai-
nuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970-90. 116 p.

1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuoreherukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fyysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984-1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.**
 SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyschiehot. P. 4–23.
 KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.
 KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91.** 57 p. + 1 liite.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrinjauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvaskoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu-vilja- ja heinä-vilja-urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.-6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th-6th production years:* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvin-tuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautu-valla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys me-hiläisille. (*Summary: The significance of culinary herbs to bees.*) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. (*Summary; Samman-fattning.*) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. (*English summary.*) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan-tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profi-tability.* 52 p. + 3 liitettä.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7-43.
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44-52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. (*Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.*) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. (*Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.*) p. 7-23.
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. (*Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.*) p. 25-33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. (*Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.*) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. (*Summary: Management of alfalfa.*) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvisten ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.
10. KALLIO, M. & SAIRANEN, S. Kotieläinten luonnonmukainen ruokinta. Kirjallisuuskatsaus. 20 p.

11. REGÅRDH, E. & NIEMELÄINEN, O. Luonnonvaraisten ruohovartisten kasvien siemenlisäyksen kehittäminen. Kirjallisuusselvitys. (*Summary: Developing the seed multiplication of herbaceous wild plants. A literature survey.*) 50 p. + 2 liitettä.
12. PAHKALA, K., MELA, T. & LAAMANEN, L. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. (*Summary: Prospects for the production and use of agrofibre in Finland. Final report of the preliminary study in 1990–1992.*) 56 p. + 2 liitettä.
13. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA, H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. (*Summary: Grass production on cut-away peatlands. Potassium fertilization of timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.*) 23 p. + 10 liitettä.
14. LAITINEN, P. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. 44 p.
15. URVAS, L. Salaojavesien ravinnehuhtoutumat karjatiljoilla. (*Summary: Leached nutrients in drain water on livestock farms.*) 32 p.
16. KEMPPAINEN, E. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (*Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.*) 46 p. + 2 liitettä.
17. ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. (*Summary: Compaction of a heavy clay soil by transport traffic in autumn.*) 30 p. + 13 liitettä.
18. KOIKKALAINEN, K. Luonnonmukaisen viljelyn talousseuranta. (*Summary: Economic follow-up of ecological farming.*) 23 p.

JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS
Kirjasto
31600 JOKIOINEN
puh. (916) 1881, telekopio (916) 188 339

HINTA: 50 mk (+ alv.)