
**VIUHKASUUTTMIEN JA TUULIKULKEUMAA
VÄHENTÄVIEN SUUTTMIEN TEHOKKUUSVERTAILU**
Erilaisten suuttmien tehokkuusvertailu fungisideilla ja herbisideillä ohran kasvinsuojelussa



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Mustiala, kevät 2015

Juhani Laine

TOIMIPISTE

Koulutusohjelman nimi
Suuntautumisvaihtoehto

Tekijä

Juhani Laine

Vuosi 2015

Työn nimi Viuhkasuuttimien ja tuulikulkeumaa vähentävien suuttimien tehokkuusvertailu

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö sai alkunsa, kun olin erikoistumisharjoittelemassa maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisilla. Työn toimeksiantajana toimii MTT, nykyinen Luonnonvarakeskus (Luke).

Työn tavoitteena on selvittää tutkimushypoteesien paikkansa pitävyys. 1 Heikentävätkö tuulikulkeumaa alentavat suuttimet herbisidien tehoa? 2 Heikentävätkö tuulikulkeumaa alentavat suuttimet fungisidien tehoa?

Työssä sovelletaan tutkimustietoa, ja kasvinsuojeluun liittyviä aiemmin jo opittuja perustietoja ja taitoja.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin ohralla suoritettua kenttäkoetta. Kokeesta saadut tulokset analysoitiin tilastollisella menetelmällä. Lisäksi käytettiin aineistoa kirjallisuudesta ja internetistä.

Tutkimuksen päätulokset vahvistavat pääosin tutkimushypoteesit. Tuulikulkeumaa alentavat suuttimet näyttäisivät tuottavan heikomman torjuntatuloksen kuin viuhkasuuttimet.

Koska tuulisuuttimet näyttävät heikentävän kasvinsuojelun tehokkuutta, niin tämä asia olisi huomioitava paremmin. Olisi myös pohdittava mikä olisi käytännöllinen tapa vähentää tuulikulkeumaa ilman torjuntatulosten heikkenemistä.

Avainsanat Viuhkasuuttimet, minidrift-suuttimet, herbisidi, fungisidi.

Sivut 33 s.

Unit
Name of degree programme
Option

Author Juhani Laine **Year** 2015

Subject of Bachelor's thesis Comparing effectivity of fan nozzles and minidrft-nozzles

ABSTRACT

The background of this thesis is in my practical training in MTT Jokioinen. The commissioner of the thesis is MTT, nowadays known as Natural Resources Institute Finland (Luke).

The aims of this thesis are to test the following hypotheses. 1. Do the minidrft-nozzles decrease the effectivity of herbicides? 2. Do the minidrft-nozzles decrease the effectivity of fungicides?

In this study I applied theories from literature and my previous basic knowledge and expertise on plant protection.

The research method in this study was a field test carried out on barley. The results of the trial were analyzed with statistical analysis. Also information from literature and internet was used.

The main results of this study confirm both hypotheses. The minidrft-nozzles seem to produce weaker pesticide effectivity than ordinary nozzles.

Because the minidrft-nozzles produce weaker effectivity of pesticides this should be taken in notice better. More studies should be made to find ways to reduce pesticide drift without weakening effectivity of pesticides.

Keywords Nozzles, Minidrft-nozzles, Herbicides, Fungicides.

Pages 33 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	KASVINSUOJELUN RISKINARVIOINTI.....	2
2.1	Kasvinsuojelun riskinarviointimenettely tukesissa.....	2
2.2	Uudet säädökset.....	2
2.3	Mitä säädöksillä tavoitellaan.....	2
3	RIKKAKASVIT JA KASVITAUDIT VILJANTUOTANNOSSA.....	3
3.1	Rikkakasvit ja niiden esiintyminen.....	3
3.1.1	Yleistä rikkakasveista.....	3
3.1.2	Rikkakasvien esiintyminen.....	4
3.1.3	Rikkakasvien haitat.....	5
3.2	Kasvitaudit ja niiden esiintyminen.....	6
3.2.1	Yleistä kasvitaudeista.....	6
3.2.2	Kasvitautilien esiintyminen.....	7
3.2.3	Kasvitautilien haitat.....	8
4	KASVINSUOJELUAIKINEET.....	8
4.1	Kasvinsuojeluaineiden merkitys.....	8
4.2	Herbisidit.....	9
4.3	Fungisidit.....	10
5	SUUTINTEKNIikka.....	11
5.1	Viuhkasuuttimet.....	11
5.2	Tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet.....	11
5.3	Muut keinot.....	12
5.4	Suutintekniikan mahdollisuudet tuulikulkeuman vähentämisessä.....	12
5.5	Suutintekniikan vaikutukset kasvinsuojeluaineiden tehokkuuteen.....	14
6	TUTKIMUSAIKINEISTO JA MENETELMÄT.....	14
6.1	Koejärjestelyt.....	14
6.2	Kokeen suorittaminen käytännössä.....	15
7	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU.....	18
7.1	Heikentävätkö minidrift-suuttimet herbisidien tehoa?.....	18
7.2	Heikentävätkö minidrift-suuttimet fungisidien tehoa?.....	22
7.3	Muut vaikutukset.....	24
7.3.1	Vaikutukset satotasoihin.....	25
7.3.2	Vaikutukset siemenpainoihin.....	27
8	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	27
8.1	Herbisidien tehokkuus minidrift-suuttimilla.....	27

8.2	Fungisidien tehokkuus minidrift-suuttimilla.....	28
8.3	Sato ja jyväpainot.....	28
8.4	Virhelähteiden pohdintaa ja kritiikkiä.....	29
8.5	Pohdintaa järkevästä tuulikulkeuman pienentämisestä.....	29
LÄHTEET		31

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan herbisidien ja fungisidien tehokkuutta standardiviuhkasuuttimella ja tuulikulkeumaa alentavilla minidrift-suuttimilla ohrella. Työssä käsitellään myös aiheeseen liittyviä kasvinsuojeluaineita, rikkakasveja, kasvitauteja, ympäristövaikutuksia ja suutintekniikkaa.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on ryhtymässä soveltamaan uutta riskinarviointimenettelyä herbisideille. Tällä pyritään vähentämään kasvinsuojeluaineiden haittavaikutuksia ympäristölle. Tämä voisi tarkoittaa tuulikulkeumaa alentavien suuttimien käyttöä. Vaihtoehtona olisi valmistekohtainen rajoitus, joka käytännössä tarkoittaa pellon laitaan vesistöjä suojaamaan jätettävää ruiskuttamatonta aluetta.

Tuulikulkeumaa alentavien suuttimien tehokkuus on kuitenkin kyseenalainen. Tähän asti kasvinsuojeluaineiden testaukset Suomessa on tehty tavanomaisilla viuhkasuuttimilla. Tukesin mukaan tuulikulkeumaa alentavat suuttimet toimivat yhtä hyvin. Tukes perustelee asiaa Saksassa tehdyillä tutkimuksilla. Saksan olosuhteet eroavat kuitenkin merkittävästi Suomen olosuhteista. Saksassa viljellään pääsääntöisesti syyskylvöisiä viljoja, ja kasvinsuojelukäsittelyt tehdään syksyllä. Myös rikkakasvilajisto eroaa Suomesta. Siksi suuttimien tehokkuus viljelykäytössä on huolenaihe.

Pidän opinnäytetyöni aihetta kiinnostavana ja motivoivana. Maanviljelyn ensisijainen tarkoitus on tuottaa riittävästi ruokaa, mutta myös maanviljelyn ympäristölle aiheuttamaa räsitusta tulisi pienentää. Tulevaisuudessa maataloutta kannattaisi kehittää siihen suuntaan, että maatalouden tuottavuus ja sato-
tasot suurenisivat, ja samalla ympäristölle aiheutuva räsitus pienenis. Jotta tähän suuntaan voitaisiin kehittyä, siihen tarvitaan tutkittua tietoa.

Opinnäytetyö sai alkunsa kesällä 2014 ollessani työharjoittelussa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa Jokioisilla. Työn toimeksiantajana toimii MTT.

2 KASVINSUOJELUN RISKINARVIOINTI

2.1 Kasvinsuojelun riskinarviointimenettely Tukesissa

Uudessa riskinarviointimenettelyssä huomioidaan aineen myrkyllisyys, käyttömäärä ja tuulikulkeuma. Näin saadaan selville kasvinsuojelukäsittelyn vaikutus viereiseen vesistöön. Ennen suojaetäisyys vesistöihin arvioitiin ainoastaan aineen myrkyllisyyden perusteella. (Tukes, 2014).

2.2 Uudet säädökset

Uuden riskinarviointimenettelyn taustalla ovat EU:n kasvinsuojeluaineasetus, vesipolitiikan puitedirektiivi ja torjunta-aineiden kestävän käytön puitedirektiivi. Kasvinsuojeluasetus tunnetaan nimellä (EY) N:o 1107/2009, vesipolitiikan puitedirektiivi 2000/60/EY ja torjunta-aineiden kestävän käytön puitedirektiivi 2009/128/EY. Kaikki asetukset on annettu vuonna 2009. (Tukes, 2014).

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto on laskenut riskinarviointimenettelyn avulla suojaetäisyydet kaikille ammattikäytössä oleville ruiskutettaville kasvinsuojeluaineille. Suojaetäisyydet eivät koske kasvihuonevalmisteita, kotitarvekäyttöön tarkoitettuja valmisteita eivätkä peittausaineita. Suurimmalla osalla aineista suojaetäisyydet ovat pienentyneet. Viidesosalla aineista käyttö vesistöjen läheisyydessä edellyttää tuulisuuttimia. Suutinvalinnat voivat myös vaikuttaa suojaetäisyyteen. (Tukes 2014).

Vesistöihin on jätettävä vähintään kolmen metrin suojaetäisyys. Valtaojilla on jätettävä yhden metrin ruiskuttamaton alue. Suojaetäisyydet vaihtelevat valmisteen ja käyttökohteen mukaan. Esimerkiksi peltokasveilla se on 3-20 metriä valmisteesta riippuen. Tankkiseoksissa suojaetäisyys määräytyy suurimman vaaditun etäisyyden mukaan. Mikäli valmiste vaatii tuulisuuttimien käyttöä, on ruiskutettava niillä sadan metrin etäisyyteen asti. Tämän jälkeen saa käyttää viuhkasuuttimia. Mikäli vesistön varrella on ”metsikkö”, esimerkiksi kuusiaita, niin katsotaan sen estävän tuulikulkeuman ja suojaetäisyyksiä ei tarvitse noudattaa. (Tukes 2014). Toisaalta esimerkiksi kuusiaidat voivat aiheuttaa pyörivää tuulta ja turbulenssia, ja siten suurempaa tuulikulkeumaa (Bouma, 2010, 58).

Vesilaki on muuttunut vuoden 2012 alusta, ja siksi vesistöiksi luokitellaan nykyisin aiempaa pienemmät uomat. (Tukes 2014).

2.3 Mitä säädöksillä tavoitellaan

Riskinarvioinnilla pyritään suojelemaan vesistöjen eliöitä. (Tukes 2014)

EU:n kasvinsuojeluasetuksella säädetään kasvinsuojeluaineiden markkinoille saattamisesta. Tämä asetus kumoo aiemmat aihetta käsitelleet asetukset. (Maa- ja metsätalousministeriö n.d.)

EU:n vesipolitiikan puitedirektiivi yhtenäistää vesistön suojelua EU:ssa. Suomessa direktiivin toteuttaa laki vesienhoidon järjestyksestä. Direktiivin tavoitteena on pintavesien hyvä ja pohjavesien hyvä määrällinen ja kemiallinen tila EU:n alueella viidentoista vuoden kuluessa asetuksen voimaan astumisesta. Asetuksen takia pyritään suosimaan levityskalustoa, joka estää kasvinsuojeluaineen leviämisen torjuttavan kohteen ulkopuolelle. (Maa- ja metsätalous ministeriö, 2011).

Torjunta-aineiden kestävä käytön puitedirektiivin tavoitteena on vähentää kasvinsuojeluaineiden käytöstä aiheutuvia riskejä ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Direktiivi pyrkii huomioimaan koko kasvinsuojeluaineen käyttökaaren. Vaikutukset huomioidaan käyttäjille, sivullisille, kuluttajille ja ympäristölle. (Tukes 2014).

3 RIKKAKASVIT JA KASVITAUDIT VILJANTUOTANNOSSA

3.1 Rikkakasvit ja niiden esiintyminen

3.1.1 Yleistä rikkakasveista

Rikkakasvi on kasvi, joka kasvaa ihmisen kannalta väärässä paikassa ja on haitallinen. Viljelykasvikin voi olla rikkakasvi, jos se kasvaa väärässä paikassa. Rikkakasvit jaotellaan puuvartisiin rikkakasveihin, rikkaruohoihin ja muihin rikkakasveihin. Puuvartisia rikkakasveja ovat rikkapensaat, rikkapuut ja rikkavarvut. Rikkaruohoja ovat rikkasaniaiset, rikkayrtit, rikkaheinät ja rikkakortteet. Muihin rikkakasveihin kuuluvat rikkalevät, rikkasammalet ja jäkälät. Siemenkasveihin kuuluvat rikkakasvit voidaan jaotella myös kertarikkakasveihin ja kestorikkakasveihin. Kertarikkakasveja ovat siemenrikkaruohot ja kestorikkaruohoja esimerkiksi juurakko- ja juuririkkaruohot. Yksivuotiset rikkakasvit voidaan luokitella syysyksivuotisiin tai kevätyksivuotisiin. Syysyksivuotiset talvehtivat taimina ja siementävät ennen sadonkorjuuta. Kevätyksivuotiset itävät, kukkivat ja siementävät saman kasvukauden aikana. Kaksivuotiset itävät keväällä, talvehtivat ruusukeasteisina ja kukkivat, siementävät ja kuolevat seuraavana kesänä. (Raatikainen, 1991, 7-8).

Rikkakasvi koostuu sen eri elämänvaiheissa monista erilaisista osista. Siemenkasveihin kuuluvat rikkakasvit saavat alkunsa siemenestä. Siemen koostuu siemenkuoresta, alkiosta, alkeisjuuresta, alkeisvarresta, alkeissilmusta ja usein pian itämisen jälkeen myös sirkkalehdistä. Siemenen itämiseksi sanotaan tilannetta, jossa alkeisjuuri työntyy ulos siemenestä. Taimen tulemista maanpinnalle sanotaan taimettumiseksi. Rikkakasvin taimi koostuu sirkkavarresta ja kahdesta vastakkaisesta sirkkalehdestä. Sirkkalehtien jälkeen alkaa

muodostua uusia lehtiä, joita kutsutaan kasvulehdiksi. Suuremmaksi kasva-
neen rikkakasvin kasvullisia peruselimiä ovat juuret, varsi ja lehdet. Juuri
koostuu pääjuuresta ja versojuurista. Varteen kuuluvat kasvin verso ja lehdet.
Varsi voi olla joko maanpäällinen ilmaverso tai maanalainen maaverso. Var-
ren tehtävä on nostaa lehdet valoon ja kuljettaa lehtien ja juurten välillä vettä
ja ravinteita. Kasvuverson lehtiä ovat sirkkalehdet, alalehdet ja kasvulehdet.
Lehtien tehtävä on yhteyttää. Kukkia tarvitaan rikkakasvien suvulliseen li-
sääntymiseen. Kukissa tapahtuu hedelmöityminen, jonka seurauksena synty-
vät uudet hedelmät ja siemenet. (Raatikainen, 1991, 8-14).

Rikkakasvien elämäntyyli alkaa useimmiten dormanssista eli siemenlepovai-
heesta. Siemenet voivat säilyä maaperässä tässä tilassa jopa vuosikymmeniä.
Siemenlepo alkaa purkautua, kun siemen saa vettä. Lisäksi siemenen täytyy
saada happea ja lämpötilan täytyy olla oikea. Heinämäisten rikkakasvien kehi-
tysvaiheet voidaan jakaa taimettumiseen, pensastumisvaiheeseen, korrenkas-
vuvaiheeseen ja tähkimisvaiheeseen. Rikkayrttien ja muiden kaksisirkkaisten
kasvuvaiheet voidaan jakaa siemenvaiheeseen, itämiseen, sirkkalehtiaste-
eseen, taimiasteeseen, nuppuasteeseen, kukinta-asteeseen, hedelmäasteeseen ja
tuleentumisasteeseen. Rikkakasvit talvehtivat monilla tavoilla. Kesäkasvit tal-
vehtivat siemeninä. Piilotalvehtijoiden silmut talvehtivat routaantuneessa
maassa. Puolipiilijät talvehtivat usein aivan maanpinnalla esimerkiksi kuollei-
den kasvien alla. Matalatalvehtijat talvehtivat maanpinnalla ainakin osittain
lumen suojaamina. Ilmitalvehtijoiden silmut ovat lumipeitteen yläpuolella.
(Raatikainen, 1991, 14–19).

Rikkakasvit lisääntyvät suvullisesti ja suvuttomasti. Suvullinen lisääntyminen
tapahtuu siemenien avulla. Apomiktisesti tapahtuva lisääntymien tarkoittaa
siementen syntyä hedelmöityksettä. Esimerkiksi kevätleinikki voi toimia näin.
Monet viljelykasvit lisääntyvät itsesiittoa, jolloin kasvi itse tai läheinen
yksilö hedelmöittää kasvin. Ristisiittoa lisääntyvillä kasveilla eri yksilöt
tuottavat siemenen yhdistämällä perimänsä. Rikkakasvit tuottavat tavallisesti
hyvin runsaasti siemeniä. Suvuton lisääntyminen tarkoittaa itiöistä lisäänty-
mistä ja kasvullista lisääntymistä. Sammalet ja kortteet ovat esimerkkejä itiöi-
den avulla lisääntyvistä rikkakasveista. Kasvullista lisääntymistä on esimer-
kiksi juolavehnän lisääntyminen juurakoiden avulla. Rikkakasvin menestymi-
nen riippuu paljon sen kyvystä muuntautua ja kehittyä vuodesta toiseen. (Raa-
tikainen, 1991, 20–21).

3.1.2 Rikkakasvien esiintyminen

Suurin osa rikkakasveista on Suomessa alkuperäisiä rikkakasvilajeja. Monet
alkuperäiset lajit sopeutuvat kuitenkin huonosti peltojen olosuhteisiin ja ne
ovat heikkoja lisääntyjä. Monet rikkakasvit ovat muinaistulokkaita. Nämä
kasvit ovat saapuneet Suomeen ihmisen avustuksella, niin aikaisin ettei niiden
saapumisajankohdasta ole tietoa. Uustulokkaat ovat saapuneet Suomeen niin
myöhään, että niiden saapumisajankohta on tiedossa. (Raatikainen, 1991, 21–
22).

Rikkakasveja levittävät monet tekijät. Tuuli kuljettaa muun muassa voikukki- en ja pelto-ohdakkeen siemeniä viljelyksille. Vesistöjen mukana leviävät esi- merkiksi jopa kuukausia kelluvat saunakukan siemenet. Eläimet, kuten linnut, levittävät myös siemeniä. Merkittävin rikkakasvien levittäjä on kuitenkin ih- minen. Aikoinaan rikkakasveja levisi hyvinkin runsaasti kylvösiemenen mu- kana. Myös karjalannan, kompostiaineksen, työkoneiden, rehujen, puintijät- teiden ja työntekijöiden mukana kulkeutuu siemeniä ja rikkakasvien kasvulli- sia osia. (Raatikainen, 1991, 22–24).

Kun pelto raivataan, sieltä häviävät rikkakasveiksi sopeutumattomat lajit. Muutamassa vuodessa tilalle tulee rikkakasveja. On havaittu, että ruokamul- takerroksen siemenistä 59 % on kuolleita, 34 % lepotilassa ja 7 % itäviä. Sie- menmäärä on kuitenkin niin valtava, että niitä riittää pitkäksi aikaa, vaikka uusia siemeniä ei syntyisi ollenkaan. Eri maalajeilla on havaittu erilaisia koos- tumuksia rikkakasvilajistossa. Myös viljeltävä kasvilaji vaikuttaa rikkakasvi- lajistoon. (Raatikainen, 1991, 25–29).

Rikkakasvit esiintyvät pelloilla ympäristövaatimustensa mukaisesti. Monet niistä viihtyvät toistensa kanssa samanlaisissa kasvuolosuhteissa, ja tästä seu- raan se että on mahdollista luokitella viljelyksille erilaisia kasvillisuustyyppjejä. Esimerkiksi kevätiljapelloilla on havaittavissa linnunkaalityyppi, pihatähti- mötyyppi ja suolaheinätyyppi. (Raatikainen, 1991, 29-31).

Monet rikkakasvit ovat levinneet laajalti Suomeen. Rikkakasvilajien runsauk- sissa on silti merkittäviä alueellisia eroja. Tämän takia Suomeen on pystytty tekemään rikkakasvien aluejako. Nämä vyöhykkeet ovat Saaristo, Lounais- Suomi, Järvi-Suomen eteläosa, Järvi-Suomen pohjoisosa, Pohjanmaa ja Poh- jois-Suomi. (Raatikainen, 1991, 31–33).

Suomessa on havaittu että hehtaarilla rikkakasvien biomassassa on 167 kg/ha, ja tiheys 160 taimea neliöllä. Rikkakasvilajeja havaittiin 148, joista 128 le- veälehtistä ja 20 ruohovartista lajia. Siemenpankki oli 1700 siementä neliöllä mitattuna viiden sentin syvyydeltä. Pelto-orkkia havaittiin 83 %, pihatähti- möä 65 %, pillikettä 59 %, peltomataraa 59 prosentilla pelloista. Yleisin heinä oli juolavehna, jota havaittiin 30 prosentilla lohkoista. (Salonen, Hyvönen, Jalli, 2011, 245).

3.1.3 Rikkakasvien haitat

Rikkakasvit voivat aiheuttaa haittaa viljelykasveille, niiden käytölle ja vilje- lylle monilla tavoilla. Viljelykasveja ne varjostavat, ottavat ravinteita ja vettä. Tämän seurauksena viljely vaikeutuu, koska satotasot alenevat, laatu heikke- nee, työkustannukset lisääntyvät, muokkaus vaikeutuu, tuleentuminen tapah- tuu epätasaisesti, sadonkorjuu vaikeutuu ja työkoneet tukkiutuvat. Rikkakas- vit voivat toimia myös tuhohyönteisten ja kasvitautien isäntäkasveina. Ne

vaikeuttavat sadon käyttöä, koska esimerkiksi osa rikkakasveista on rehuna myrkyllisiä ja allergioita aiheuttavia. (Raatikainen, 1991, 33).

Rikkakasvien haittavaikutukset ovat suurempia kuin niiden hyötyvaikutukset. Hyötyvaikutuksiin kuuluvat mahdollisuus käyttää rehuksi, toimiminen mehiläisten mesikasveina, luonnon monimuotoisuuden lisääjinä ja lintujen ravintokasveina, sekä orgaanisen aineksen muodostuminen, eroosion estäminen ja käyttömahdollisuudet koriste-, mauste tai rohdoskasveina. (Raatikainen, 1991, 33).

Suomessa on 600 erilaista rikkakasvilajia. Näistä 60 on erittäin haitallisia, sata melko haitallisia ja muut lievästi haitallisia. Noin sataa lajia tulee torjua. (Raatikainen, 1991, 33).

3.2 Kasvitaudit ja niiden esiintyminen

3.2.1 Yleistä kasvitaudeista

Kasvitauti on pieneliöiden aiheuttama häiriö kasvissa. Kasvitaudit voidaan luokitella taudinaiheuttajan perusteella sienien, bakteerien ja viruksien aiheuttamiksi. Taudinaiheuttajalla ja kasvilla on vuorovaikutussuhteita. Taudinaiheuttaja voi olla loinen, jotka elävät kasvien kustannuksella. Toisaalta kasvin ja taudinaiheuttajan välille voi syntyä symbioosi, joka hyödyttää molempia. Tavallisesti luonnossa on vallalla dynaaminen tasapaino. Tämä tarkoittaa sellaista tilannetta, jossa kasvin olisi edullista päästä eroon taudista ja samalla taudinaiheuttajalle olisi edullista hyödyntää, mutta ei tuhota kasvia. Käytännössä kasvi pyrkii kehittämään esimerkiksi ominaisuuksia vastustamaan taudin aiheuttamaa vahinkoa, ja samanaikaisesti tauti pyrkii kehittämään ominaisuuksia, joilla se voisi tarttua kasviin kestävyyydestä huolimatta. Viljelyympäristössä kasvilajikkeella on hyvin vähän geneettistä monimuotoisuutta. Geneettisen monimuotoisuuden puute vähentää tasapainottavien tekijöiden kehittymistä. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 10–16).

Kasvitautilien tartuntaan ja kehitykseen vaikuttavat kasvin ja kasvitaudin ominaisuudet. Taudinaiheuttaja on kasvitaudin aiheuttava pieneliö. Jotta tartunta voisi tapahtua, niin bakteerin tai sienien on päästävä kasvin läheisyyteen. Viruksien on päästävä kasvisolun sisälle. Sienitautilien kehityksessä on neljä päävaihetta: 1 kiinnittyminen kasviin 2 itiön itäminen ja sienirihman kasvu sekä tartuntaelinten muodostuminen 3 tunkeutuminen kasviin ja 4 kasvusolukkojen ja kasvinosien asuttaminen. Bakteerit leviävät kasviin tavallisesti haavoista ja ne alkavat lisääntyä jakautumalla kasvissa. Virukset saattavat joutua kasvisoluun esimerkiksi hyönteisen imukärsän mukana, ja sen jälkeen ne alkavat kopioida. Tunnistusreaktio käynnistyy kun kasvitauti ja kasvi kohtaavat. Kasvi alkaa puolustautua tautia vastaan, kun se tunnistaa taudin. Puolustusreaktion syntymistä voidaan selittää geeni vastaan geeni teoriolla. Jos kasvista puuttuu puolustusgeeni tai taudinaiheuttajasta puuttuu avirulenssigeeni, tai jos kum-

maltakin puuttuivat molemmat, niin puolustusreaktiota ei synny. Kasville voidaan saada aikaan taudinkestävyys kasvinjalostuksella. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 69–79).

Sienet ovat tärkeitä kasvitautien aiheuttajia. Sienet muodostavat sienirihmastoja. Tosin osa sienistä on myös rihmattomia, joiden kasvu on solujen jakautumista ilman erikoistumista. Sienisoluisissa soluelimet ovat samankaltaisia kuin kasveissa, mutta lehtivihreähiukkasia ei ole. Sienirihma kasvaa sen kärjestä. Useiden kasvitauteja aiheuttavien sienien soluseinä koostuu kitiinistä. Ravinteet kulkeutuvat rihmojen soluseinien huokosista. Suuria molekyyliä varten sienet erittävät entsyymejä, jotka hajottavat ne imeytyvään kokoon. Sienien mädättävä vaikutus johtuu entsyymien erityksestä. Ne myös hajottavat kasvisolukkoa tunkeutumalla sen läpi. Tuottamiensa toksiinien takia sienet voivat tappaa kasvisolukkoa ja käyttää sitä ravinnoksi. Imurihmojen avulla myös eläviä soluja hyödynnetään. Itiö on yhdestä tai muutamasta solusta muodostunut sienien lisääntymisyksikkö. Itiöt säilyvät myös epäsuotuisissa olosuhteissa. Kuromaitiöt kuroutuvat esimerkiksi suoraan rihmastosta. Suvullinen muuntelu on geenien siirtymistä uudenlaisena yhdistelmänä jälkeläisille. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 19–40).

Bakteerit ovat myös kasvitautien aiheuttajia. Bakteerien aiheuttamia kasvitauteja ovat muun muassa perunan rengasmätä ja tyvimätä. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 46). Virukset aiheuttavat kasvitauteja. Esimerkiksi ohran kääpiökasvuvirus aiheuttaa tauteja. Oireina ja seurauksina ovat ohran lehtien kellastuminen, kitukasvuisuus ja satotason aleneminen. Tautia levittävät kirvat. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 64). Joskus kasvitautien aiheuttajiksi luetaan myös lämpötilan, kuivuuden, märkyyden, ravinnehäiriöiden ja saasteiden aiheuttamat vauriot viljelykasveissa. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 145–168).

3.2.2 Kasvitautien esiintyminen

Suomessa tavattavia ohran kasvitauteja ovat esimerkiksi härmä, verkkolaikku, rengaslaikku, ohran tyvi- ja lehtilaikku, lentonoki, viirutauti ja ruskearuoste. (Jalli, Parikka, 2012, 39-56). Kuvaan seuraavaksi tarkemmin suutinkokeessa havaittuja kasvitauteja.

Verkkolaikkua esiintyy 16,5 % pinta-alasta verkkolaikulle alttiilla ohralajikkeella. Verkkolaikku ilmenee aluksi tummina pisteinä, jotka voivat laajeta laajemmaksi verkkomaiseksi kuvioksi. Taudinaiheuttaja säilyy maassa, kasvinjätteissä ja siemenissä. Sitä levittävät tuuli ja saderoiskeet. (Jalli, 2014, 14-15). Verkkolaikkua voi torjua puhtaalla kylvösiemenellä, kasvinvuorotuksella ja kemiallisella torjunnalla.

Ohran tyvi- ja lehtilaikkua esiintyi 2009 noin 90%:lla ohrapelloista, vuonna 1970 tautia esiintyi noin 30%:lla pelloista (Jalli.) Ohran tyvi- ja lehtilaikku

ilmenee kasvissa tyvivioituksena ja lehdissä ruiskeina laikkuina, joita ympäröi keltainen kehä. Voimakas tartunta saattaa estää siemenien itämisen. Ohran lisäksi sitä esiintyy myös muilla viljoilla. Taudinaiheuttaja säilyy siemenissä, maassa ja kasvijätteessä. Yksipuolisessa viljelyssä tautia kertyy maaperään ja sateisena vuotena voi aiheutua paljon tuhoa. Ohran tyvi- ja lehtilaikkua voi torjua parhaiten siemenen peittauksella ja viljelykierrolla. Tautia hyvin kestäviä lajikkeita ei ole käytössä. Oireita voidaan torjua myös kasvinsuojeluruis- kutuksilla. (Jalli, Parikka, 2012, 53).

Laajalle levinnyttä kasvitautia kutsutaan epidemiaksi. Epidemia on siis tarttuvan tai tarttumattoman taudin laajempi esiintyminen jollakin alueella. Pandemia on erittäin laaja epidemia. Epidemiat ovat yleisempiä viljely- kuin luonnonkasveilla. Kasvinvuorotuksen yksipuolistuminen viljanviljelyssä lisää selvästi viljojen laikkutauteja, kuten ohran verkkolaikkua. Epidemian syntymisen perustekijöitä ovat kasvi, taudinaiheuttaja, ympäristö, aika ja ihminen. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 116–117).

3.2.3 Kasvitautilien haitat

Kasvitautilien takia maailman ruuantuotannosta hukkaan menee keskimäärin kolmannes, tropiikissa jopa puolet. Epidemiat voivat aiheuttaa lähes täydellisen tuhon. Suomessa tappiot ovat 10–20%. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 16–17).

Kasvitaudit aiheuttavat myös laadullisia tappiota, jotka koostuvat myyntiarvon, käyttöarvon, säilyvyyden ja terveellisyyden heikkenemisestä. Kasvitaudit aiheuttavat tappioita tuottajille, kuluttajille, teollisuudelle ja lisääntyneen torjunta-aineiden käytön takia myös ympäristölle. (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 16–17).

4 KASVINSUOJELUAINEET

4.1 Kasvinsuojeluaineiden merkitys

Arviolta 40 % maailman ruuantuotannosta ja sen potentiaalista menetetään joka vuosi, koska viljelykasvustoja tuhoavat rikkakasvit, kasvitaudit ja hyönteiset. Sadonkorjuun jälkeenkin erilaiset haittaeliöt tuhoavat noin 20 % sadosta. Yhteensä tämä tarkoittaa, että noin puolet maailmanlaajuisesta ruuantuotannon potentiaalista menetetään, kaikista sitä suojaamaan pyrkivistä toimenpiteistä huolimatta. Maapallon väestön kasvaessa riittävän ruuantuotannon turvaaminen on vaikeaa, ellei jopa mahdotonta ilman kehittyviä kasvinsuojelutoimenpiteitä. (Pimentel 1997).

Kasvinsuojeluaineiden haittavaikutuksia esimerkiksi kuluttajien terveydelle usein liioitellaan. Suomalainen saa päivittäisestä ravinnostaan torjunta-ainejäämiä ainoastaan noin 4 % hyväksytystä määrästä. Jopa 99,9 % elintar-

vikkeiden karsinogeeneista on kasvien itse tuottamia. Torjunta-aineiden käytön vähentäminen terveyssyistä maataloudessa saattaisi johtaa esimerkiksi heidelmiä ja vihannesten käytön vähenemiseen ruuan kallistuessa. (Ruukki, 1999, 39–40).

Kasvinsuojeluaineiden hyötyvaikutukset ovat selvästi suuremmat kuin niiden haittavaikutukset. Kasvinsuojeluaineiden käytössä kannattaisi silti pyrkiä tarpeenmukaiseen torjuntaan, ja hyödyntää muitakin kuin kemiallisia keinoja. Tämä kuitenkin enemmän johtuu esimerkiksi resistenssin hallinnasta kuin siitä, että nykyiset kasvinsuojeluaineet olisivat erityisen vaarallisia. Kasvinsuojeluaineiden kanssa työskentelevien kannattaa silti olla huolellisia, koska he altistuvat suuremmille ainemäärille.

4.2 Herbisidit

Herbisidit vaikuttavat rikkakasveihin ja myös viljelykasveihin myrkyllisesti. Tavallisesti herbisidi levitetään kasvien lehdille tai maahan. Lehtien pinnalla on usein vahapinta, joka vaikeuttaa herbisidien jäämistä lehdille. Lehtiin herbisidit imeytyvät päällysketon läpi. Jotkin vesiliukoiset herbisidit imeytyvät myös ilmarakojen kautta. Maahan ruiskutettava tai levitettävä herbisidi vaikuttaa kasvien juuriin. Vesiliukoiset herbisidit imeytyvät juuriin helpommin kuin rasvaliukoiset, koska juurissa ei ole kutikulaa. Imeydyttyään kasviin herbisidit alkavat kulkeutua kasvin johtosolukossa nestevirtausten mukana. Johtajänteiden nilaosassa kulkeutumista kutsutaan symplastiseksi translokaatioksi. Tällaista kulkeutumista käyttävät herbisidit eivät ole akuutisti kovin myrkyllisiä. Virtaamista johtajänteiden vesiputkiloissa taas kutsutaan apoplastiseksi translokaatioksi. (Mukula & Salonen, 1990, 14-30).

Herbisidien vaikutustapoja on monenlaisia. Kosketusvaikutteiset syövyttävät lehtien pinnan nopeasti. Sisävaikutteiset herbisidit vaikuttavat paljon hitaammin. Ne perustuvat kasvin elintoimintojen estämiseen. Tällaisia elintoimintoja ovat muun muassa fotosynteesi, soluhengitys, karotenoidien, nukleiinihappojen, aminohappojen, entsyymien, muiden valkuaisaineiden ja rasvahappojen synteesit, solukalvon kehittyminen, solujen pituuskasvu ja solujen jakaantuminen. Herbisidien vaikutus kasveihin ilmenee oireina. Oireita ovat muun muassa lehtien värimuutokset ja kasvuhäiriöt. Kasvit pyrkivät herbisideistä eroon tai hajottamaan niitä. Rikkakasviaineet voivat olla valikoivia, joka tarkoittaa sitä että ne vaikuttavat vain rikkakasveihin, ei viljelykasveihin. Valikoivuus perustuu eri kasvien erilaisiin rakenteisiin ja elintoimintoihin. Valikoivuuteen vaikuttavia rakenteellisia ominaisuuksia löytyy kasvien lehdistä, juurista ja kasvupisteistä. Enemmän herbisidien valikoivuuteen vaikuttaa kuitenkin kasvien sisäisten elintoimintojen erilaisuus. (Mukula & Salonen, 1990, 14-30).

Herbisidit myydään tavallisesti seoksina, eikä puhtaina tehoaineina. Näitä seoksia kutsutaan valmisteiksi. Valmisteissa tehoaineeseen on lisätty sen laimentamiseen tai levittämiseen tarvittavia lisäaineita. Yhdessä valmisteessa

voi olla myös useampia tehoaineita. Valmistetyyppejä ovat veteen laimennettavat väkevöitteet, orgaanisiin liuottimiin laimennettavat väkevöitteet, valmiiksi laimennetut nestevalmisteet, käyttövalmiit kiinteät valmisteet ja erilliset lisä-aineet. (Mukula & Salonen, 1990, 30-32). Seuraavaksi kuvaan suutin-kokeessa käytetyt herbisidit.

Express SX on rikkakasvien torjunta-aine, jota voidaan käyttää kevät- ja syysviljoilla ja nurmien suojaviljoilla. Tehoaineena on tribenuroni-metyyli. Se tehoaa moniin rikkakasveihin. Käyttösuositusten suurimmilla määrillä saadaan tehoa orvokkiin, tatarlajeihin, valvattiin ja ohdakkeisiin. Teho mataraan on heikko pienillä käyttömäärillä. Käyttösuositus kevätiljoille on 12–20 g/ha ja lisäksi kiinnite 0,1 l/ha. (Kasvinsuojeluopas 2013-2014, 34). Kiinniteaineena oli Sito Plus. Kiinnitteen tarkoitus on lisätä kasvinsuojeluaineiden tehoa. Sito Plus on etoksoloitua alkoholia sisältävä vaahtoamaton kiinnite. Käyttömäärät vaihtelevat tilanteen mukaan. (Kasvinsuojeluopas 2013-2014, 114). Express SX:lle on jätettävä vesistöihin rajautuvilla lohkoilla kolmen metrin ruiskuttamaton alue (Kasvinsuojeluainerekisteri, 2015).

K-Trio on rikkakasvien torjunta-aine, jota voidaan käyttää kevät- ja syysviljoilla ja apilattomien nurmien suojaviljoilla. K-Trio on kolmen fenoksihappoihin kuuluvan tehoaineen seos. Nämä tehoaineet ovat diklorproppi-P 310 g/l, MCPA 160 g/l ja mekopropi-P 130 g/l. K-Trion vaikutustapa on lehtien kautta tapahtuva systeeminen vaikutus. Sen vaikutus on parhaimmillaan, kun lämpötila on yli 12 astetta ja ilmankosteus on suuri. K-Trion kanssa ei käytetä kiinnitettä. (K-maatalous n.d.). K-triolle on jätettävä vesistöihin rajautuvilla lohkoilla kolmen metrin ruiskuttamaton alue. (Kasvinsuojeluainerekisteri, 2015).

K-triolla ja Express-sx:llä ei siis ole pakko käyttää minidrift-suuttimia, ellei niitä käytetä sellaisissa tankkiseoksissa, joissa on muita aineita, jotka vaativat minidrift-suuttimen käyttöä.

4.3 Fungisidit

Fungisidit ovat kasvitautien torjunta-aineita. Suomessa markkinoilla olevat viljojen fungisidit voidaan luokitella viiteen ryhmään vaikutustavan mukaan. Nämä ryhmät ovat DMI-aineet, strobiluriinit, aniliinipyrimidit, morfoliinit ja kloronitriilit. (Fungisidien luokittelu 2011).

DMI-aineet vaikuttavat sienissä estämällä soluseinien muodostumista. Strobiluriinit vaikuttavat estämällä soluhengitystä. Aniliinipyrimidit estävät raaka-aineiden saantia. Morfoliinit taas estävät soluseinien muodostumista ja kloronitriilit vaikuttavat useisiin kohtiin. (Fungisidien luokittelu 2011).

Kenttäkokeessa kasvitautiruiskutukset tehtiin Acanto Primalla. Acanto Prima on kasvitautien torjuntaan viljoilla yleisesti käytetty aine. Se on kahden tehoaineen seos. Tehoaineet ovat pikoksistrobiini 80 g/kg ja syprodiniili 300 g/kg.

Aine on jauhemuodossa. Acanto Prima tehoa muun muassa härmään, ruoste-
tauteihin, syysvehnän harmaalaikkuun, pistelaikkuun, verkko- ja rengaslaik-
kuun ohralla, kauran lehtilaikkuun ja homesieniin. Ruiskutusta kosteaan kas-
vustoon tulisi välttää. Resistenssin hallinnan vuoksi ainetta ei saa käyttää kuin
korkeintaan kaksi kertaa kasvukauden aikana, ja samalla kasvulohkolla vain
joka toinen vuosi. (Kasvinsuojeluopas 2013-2014, 87). Acanto Priman teho-
aineista syprodiiniili vaikuttaa estämällä raaka-aineiden saantia, ja pikoksis-
tobiini estämällä soluhengitystä (Fungisidien luokittelu 2011). Acanto Prima-
lla viuhkasuuttimien käyttö ei ole sallittua. Tuulikulkeumaa 50 % vähentävillä
suuttimilla on jätettävä vesistöihin rajautuvilla alueilla viisitoista metriä ruis-
kuttamaton alue, 75 % vähentävillä suuttimilla kymmenen metriä, ja 90 %
vähentävillä kolme metriä. (Acanto prima, myyntipäällysteksti, 2015).

5 SUUTINTEKNIikka

5.1 Viuhkasuuttimet

Viuhkasuuttimia on erikokoisia ja niitä luokitellaan väreillä. Värit kertovat
samalla paineella ruiskutettaessa suuttimien mahdollistamasta nesteen virta-
uksesta. (Mäkelä 2013, 15-23).

Pienet vakioviuhkasuuttimet tuottavat pienimmät pisarat, ja siten parhaimman
peiton ja tehon. Pienet pisarat ovat toisaalta alttiita tuulikulkeumalle ja ruisku-
tuskuvio voi häiriintyä. Esimerkiksi Hardi Twin mallissa tätä ongelmaa on
kuitenkin pyritty ratkaisemaan mahdollistamalla ilma-avusteinen ja suunnat-
tava ruiskutus. (Nilars, 2008).

5.2 Tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet

Minidrift-suuttimissa on kaksi suurikokoista reikää ilman syöttämiseksi ruis-
kutusnesteen joukkoon. Ne vähentävät tuulikulkeuman mahdollisimman pie-
neksi käytettäessä alhaista ruiskutuspainetta. (Nilars, 2008).

Minidrift suuttimia on hyvä käyttää sellaisissa tilanteissa missä sään, ajan-
puutteen tai muiden olosuhteiden takia ruiskutusta ei voi lykätä. Tehokkuuden
optimointi onkin suuttimien osalta usein tilannekohtaista. Hyvissä olosuhteis-
sa viuhkasuuttimet ovat paras ratkaisu, mutta heikommassa olosuhteissa on
paikallaan harkita erilaisten suuttimien käyttöä. (Nilars, 2008).

Muita tuulikulkeumaa vähentäviä suutintyyppjä ovat esimerkiksi LowDrift-
ja Injet-suuttimet. LowDrift-suuttimissa on painetta alentava virtauksen rajoit-
inlevy. Tämän seurauksena ne tuottavat vähemmän erittäin pieniä pisaroita.
Injet-suuttimet toimivat vetämällä ilmaa kahdesta reiästä sekoituskammioon.
Tämän seurauksena se tuottaa suuria pisaroita. Injet-suuttimien on tutkittu vä-
hentävän kasvinsuojeluaineiden tehoa 40–50 %. Toisaalta niiden avulla voi-
daan ruiskuttaa myös silloin kun se muuten olisi mahdotonta. (Nilars, 2008).

Erilaisia suutintyypppejä on paljon. Suutintyypppejä pystytään kehittämään nykyisin nopeasti 3D-tulostuksen avulla. Näin erilaisia suuttimia voidaan räätälöidä tehoaineiden tai kasvien vaatimusten mukaan. Tuulikulkeumaa koskevat vaatimukset kiristyvät jatkuvasti, minkä takia tuotekehitys on määrätietoista. (Knaapi & Oristo, 2014, 39).

5.3 Muut keinot

Ruiskutustekniikkaa kehitetään jatkuvasti. Esimerkiksi sivelypuomit sopivat hyötykasvia pidemmän rikkakasvuston torjuntaan. Tavoitteena on levittää ainetta ainoastaan kohteeseen. Täten ainemenekki putoaa murto-osaan, ja maa ja tuulikulkeuma jäävät pois. Connetc-mallissa on harjarumpu, johon aine syötetään. (Knaapi, 2014, 32–33).

Tulevaisuudessa kasvinsuojelussa voidaan hyödyntää monenlaisia täsmäviljelynmenetelmiä. Täsmäviljelyn avulla voidaan parantaa monia ruiskutuksen osia. Erilaisilla GPS-järjestelmillä voidaan saada aikaan paikkakohtaista annostelua. Kaarreajossa tapahtuvaa epätarkkuutta voidaan poistaa. Smart nozzle tekniikalla voidaan säätää jokaista jopa suutinta erikseen ja suuttimille voidaan antaa jokaiselle oma ip-osoite. Erilaisilla sensoreilla voidaan havainnoida kasvuston kuntoa ja säätää lehtilannoituksen, fungisidien tai kasvunsäätteiden annostelua. Sensorit voivat perustaa havainnointinsa esimerkiksi ultraääneen tai infrapunaiseen/punaiseen säteilyyn. (Knaapi & Oristo, 2014, 34–37).

Tavoitteena kasvinsuojelussa tulisi olla kohteen ruiskuttaminen. Viuhkasuuttimissa tämä perustuu pisaroiden liike-energiaan, jonka avulla pisarat tunkeutuvat kasvustoon. Vinot suutinkulmat parantavat ruiskutteen kykyä tunkeutua kasvustoon. Injektor-suuttimet suurentavat pisarakokoa injektoimalla sekaan ilmaa. Suutinrunkoja on monenlaisia esimerkiksi triplett- ja quadro-rungot. Ilma-avusteisilla suuttimilla voidaan painaa ruiskutuspisarat kasvustoon. Omalaatuisella Twin fluid ja Danfoil-tekniikoilla voidaan saada suuttimesta ulos erilaisia nestemäärän ja pisarakoon yhdistelmiä. Elektrostaattinen ruiskutustekniikka pisarakokoa säädetään ilmanpaineella, ilmavirtaus ja sähkövaraus kuljettavat nesteen kasviin. Puomin eteen voidaan myös asentaa tuulisuoja. Ne voivat saada jopa 90 % tuulikulkeumastatukseen. Suoja asennetaan ja suuttimet käännetään takaviistoon, jolloin peittokuvio saadaan riittäväksi. (Knaapi, 2013, 34–37).

5.4 Suutintekniikan mahdollisuudet tuulikulkeuman vähentämisessä

Pisarakoko määritellään useimmiten asteikolla hieno, keskikokoinen, karkea. (Tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet ja ruiskut.) Pienet 0.1-0.15 mm pisarat ovat erityisen herkkiä tuulikulkeumalle. Tuulikulkeumaa aiheuttavat muun muassa liian pienet pisarat. Optimaalinen pisarakoko on 0.1-0.3 mm. Yli 0.3 mm kokoiset pisarat voivat valua lehdiltä pois. (Koneviesti, 2013).

Suutintekniikan valintaan vaikuttavat olosuhteet ja käyttötarkoitus. Aina tulisi pyrkiä mahdollisimman hienoon pisarakokoon, mutta samalla on huomioitava tuulikulkeuman mahdollisuus ja vaihdettava tarvittaessa karkeamman pisarakoon tuottava suutin. Suutinten vaihtoa helpottavat triplett-rungot, joiden avulla suutinta voi vaihtaa helposti kääntämällä suuttimen runkoa. Viuhkasuuttimilla voidaan toimia tuulikulkeumaa vähentävästi huomioimalla säätilan ja hyödyntämällä tyvenet aamut ja illat. Vielä varmemmin saadaan vähennettyä tuulikulkeumaa käyttämällä tasapisara- tai matalapainesuuttimia. Myös injektorisuuttimet ja erikoiskarkean pisaran tuottavat turbojet-suuttimet sopivat myös erittäin tuulisiin olosuhteisiin. (Tuuliajo hallintaan tekniikalla 2012).

Erilaisilla suuttimilla voidaan vähentää tuulikulkeumaa, jopa viisi metriä sekunnissa puhaltavassa tuulessa. Väitetään, että useimmat tuulisuuttimet pakkaavat monta hienoa pisaraa yhden kuplan sisälle. Tällöin kuplan osuessa rikkakasvin pinnalle se hajoaa ja hienot pisarat leviävät tasaisesti rikkakasvin pinnalle. Tuulisuuttimet ovat tavallisesti ejektorisuuttimia. Tällaisen suuttimen juuressa on reikiä. Nesteen kulkiessa reistä imeytyy mukana ilmaa. Nesteen ja ilman sekoittumista voidaan tehostaa suuttimen sisässä olevien erilaisten pyörrelevyjien avulla. Tuulisuuttimista ei tule hienoa sumua. Suuttimen suihku osuu terävästi ja joissakin tapauksessa niin kapealle alueelle, että ruiskutusjälki ei ole tasaista. Saksalaisten tutkimusten mukaan tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet vähentävät tuulikulkeumaa 50-90%. (Koneviesti, 2008). Muita tuulikulkeumaa vähentäviä suutintyyppisiä ovat Minidrift ja LowDrift-suuttimet (Nilars, 2008.).

Tuulikulkeumaa voidaan hallita myös muilla keinoilla. Liian korkealle asetettu puomi voi aiheuttaa tuulikulkeumaa. Myös puomin heilunta voi olla haitallista. Oleellista on myös huomioida sää ja pyrkiä ruiskuttamaan aamuisin ja iltaisin, jolloin on tavallisesti työntä. Koneviestin suorittamassa testissä havaittiin, että kun ruiskutuskorkeutena on puoli metriä ja sivuttaistuuli on kolme metriä sekunnissa, niin tuulikulkeuman määrä on 3,2 %. Tuulikulkeuman määrä on 4,8 %, jos ruiskutuskorkeutena on 90 cm ja sivuttaistuuli kolme metriä sekunnissa. Tuulikulkeuman määrä nousee 7,5 prosenttiin, jos puomi tämän lisäksi vielä heiluu. Kulkeuman määrä mitattiin kahden metrin päästä puomin kärjestä. (Tuuliajo hallintaan tekniikalla 2012). Ilma-avusteisella ruiskulla voidaan vähentää tuulikulkeumaa tehokkaasti erityisesti korkeassa kasvustossa. Ilma-avusteiset ruiskut ovat kuitenkin kalliita. (Koneviesti, 2008).

Tuulikulkeumaa voidaan vähentää myös noudattamalla valmistekohtaisia ohjeita. Ohjeet löytyvät Tukesin nettisivuilta valitsemalla haluttu kemikaali tiedostosta: kasvinsuojeluaineiden uudet suojaetäisyydet. Kaikilla aineilla ei ole lisämääräyksiä, vaan ainoastaan kolmen metrin suojaetäisyys vesistöihin. Monen valmisteen kohdalla on enemmän tietoja. Suojaetäisyys vaihtelee käytetyn suuttimen mukaan, jotka on luokiteltu 50 %, 75 % ja 90 % vähennyksen mukaan. Kaikki nämä suojaetäisyydet koskevat etäisyyksiä vesistöihin. Tavallisia viuhkasuuttimia voi myös käyttää, kunhan etäisyys vesistöihin on yli 100m. (Tuulikulkeuma hallintaan).

5.5 Suutintekniikan vaikutukset kasvinsuojeluaineiden tehokkuuteen

Torjunta-aine on tuulikulkeuman mukana kulkeutunut pois kohteesta. Tästä näkökulmasta tuulikulkeuman vähentäminen tuulikulkeumaa alentavilla suuttimilla parantaa kasvinsuojeluaineiden tehokkuutta. (Koneviesti, 2008).

Kasvinsuojeluaine toimii vain jos se saadaan riittävän suurelta alalta koskeuksiin esimerkiksi rikkakasvin kanssa. Torjunta-aineen ja veden seoksen leviämistä voidaan parantaa kahdella tavalla. Joko pienentämällä pisarakokoa tai lisäämällä veden määrää. Kummassakin keinossa on huonot puolensa. Vesimäärän lisääminen pienentää yhdellä tankillisella ajettavien hehtaarien määrää, tämä lisää työtä, työkustannuksia ja alentaa siten tuottavuutta. Pisarakoon pienentämien taas lisää tuulikulkeumaa. (Koneviesti, 2008).

Tuulikulkeumaa alentavat suuttimet siis vähentävät tuulikulkeumaa, mikä parantaa torjunta-aineen kohdistumista pellolle. Toisaalta tuulikulkeumaa alentavat suuttimet tuottavat suurempaa pisarakokoa ja ne peittävät pienemmän pinta-alan ja heikentävät haluttuja torjuntatuloksia.

6 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 Koejärjestelyt

Kesällä 2014 Jokioisilla suoritettiin kenttäkoe, jossa vertailtiin tuulikulkeumaa vähentävien minidrift-suuttimien ja tavanomaisten viuhkasuuttimien tehokkuutta. Viljeltävänä kasvina oli kaksitahoinen Annabella-ohra.

Kenttäkokeen avulla haluttiin selvittää kahden tutkimushypoteesin paikkansa pitävyyttä. 1) Heikentävätkö tuulikulkeumaa vähentävät minidrift-suuttimet herbisidien tehokkuutta? 2) Heikentävätkö tuulikulkeumaa vähentävät minidrift-suuttimet fungisidien tehokkuutta? Kokeissa käytettiin tavanomaisia viuhkasuuttimia ja tuulikulkeumaa vähentäviä minidrift-suuttimia.

Herbisidien osalta koejärjestelyssä käytettiin kahta suutintyyppiä, kahta eri ainetta, ja kahta eri ainemäärää. Erilaisia yhdistelmiä syntyi näin kahdeksan kappaletta, lisäksi oli myös käsittelemätön kontrolli. Kokeessa oli neljä kerrannetta. Fungisidien osalta käytettiin yhtä ainetta ja kahta eri suutintyyppiä.

Expressille suositellaan käyttömääräksi 12-22 g/ha ja lisäksi kiinnite 0,1 litraa hehtaarille. Nestemääränä suositellaan 200–300 litraa hehtaarille. Kenttäkokeessa käytettiin 6 ja 12 grammaa Expressiä hehtaarille. Kokeessa käytetty nestemäärä oli 200 litraa hehtaarille ja kiinnitteenä oli Sitoplus.

Taulukko 1. Kenttäkokeen koejärjestely taulukkona

Ruiskutusmäärä: 200 L/ha, Sekoituksen määrä: 3 litraa								
Numero	Herbisidi käsittely	Ainemäärä	Fungisidi käsittely	Suutin	Ruudut			
					1	2	3	4
1	Käsittelemätön		Käsittelemätön		108	202	301	404
2	K-Trio	0,75 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Standardi	101	204	309	407
3	K-Trio	1,5 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Standardi	104	205	306	403
4	Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Standardi	109	206	308	402
5	Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Standardi	103	207	305	408
6	K-Trio	0,75 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Minidrift	105	203	307	401
7	K-Trio	1,5 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Minidrift	107	209	302	409
8	Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Minidrift	102	201	304	405
9	Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Acanto Prima 1 kg/ha	Minidrift	106	208	303	406

6.2 Kokeen suorittaminen käytännössä

Lohko oli kynnetty edellisenä syksynä. Keväällä lohko oli äestetty. Kylvä suoritettiin 30.4.2014 kylvölannoittimella. Itäneiden jyvien kasvutiheystavoite oli 500 orasta neliometrillä.

Ruiskutuksia suoritettiin koeruuturuiskulla. Koeruuturuisku koostuu puomista, jossa suuttimet sijaitsevat. Puomin päällä on tuulisuoja ja painemittari. Ruiskua kannettiin sen kantokahvoista. Toisella kantajalla on mukanaan varustus, johon kuuluu teline pullojen kantamiseen ja selässä kannettava painepullo. Laitteisto toimii siten, että ensiksi painepullostaa tulee paineistettua ilmaa pulloon jossa on ruiskutettava aine. Paineilma työntää nestettä. Pillistä neste menee suuttimille ja haluttuun kohteeseen. Muita ruiskutuksissa tarvittavia varusteita ovat sääasema, ruiskun varustepakki, suojahaalarit, käsineet, päähine, saappaat, sekoituspöytä ja välineet aineiden sekoittamiselle.

Rikkakasviruiskutuksia varten mitattiin ja sekoitettiin kahdeksaa erilaista sekoitusta, joilla kullakin ruiskutettiin kaikki neljä kerrannetta kerralla. Ennen ruiskutuksen aloittamista tarkastettiin suutinten toiminta ja ruiskutusaine. Ruisku nostettiin sopivalle korkeudelle. Kantajat antoivat toisilleen merkin ja aloittivat ruiskutuksen. Ruudun yli pyrittiin kulkemaan tasaisesti ja sijoittamaan se ajallisesti siten, että tuulenpuuskat eivät häiritse. Koeruutu oli kahdeksan metriä pitkä, ja tavoiteaika sen ylikulkemiseen oli kahdeksan sekuntia. Toinen kantajista otti ajan sekuntikellolla ja ilmoitti, jos tapahtui virhe. Virheeksi luettiin, jos aika poikkesi kymmenen prosenttia tavoitteesta. Kulkunopeus oli metri sekunnissa. Ruiskuttajat pysähtyivät saatuaan kunkin ruudun ruiskutettua.

Ruiskutukset suoritettiin 11.6.2014 kello 8.15 alkaen. Ilman lämpötila oli kuusitoista astetta ja maan 14.4 C. Ilmankosteus oli 65 % ja maa oli kostea.

Tuulta ei ollut ja pilvisuus peitti viisi prosenttia taivaasta. Kasvustossa oli kosteutta.

Rikkakasvihavainnot tehtiin arvioimalla silmämääräisesti herbisidien tehokkuus jokaiseen rikkakasvilajiin joka koeruudussa erikseen. Tehokkuutta arviointiin prosenttiasteikolla siten että käsittelemättömissä ruuduissa tehokkuus oli aina 0 %, ja rikkakasveja käsitellyissä ruuduissa verrattiin aina saman kerranteen käsittelemättömään ruutuun. Jos kaikki ruudun rikkakasvit olivat kokonaan kuolleita, niin tehokkuus koeruudussa oli 100 %. Tämä tehokkuuden arviontimenetelmä on yleisessä käytössä MTT:n suorittamissa herbisidien tehokkuuskokeissa ja se perustuu Euroopan kasvinsuojelujärjestön Kasvinsuojeluaineiden tehokkuustestausta ohjeistaviin PPI-Standardeihin. (Eppo n.d).

Puinti suoritettiin Sampo-koeruutupuimurilla. Puimurin työleveys oli 2 m, eli hieman ruudun leveyttä kapeampi (Kuva 1). Puinnin yhteydessä tallentuivat puimurin tietokoneelle sato ja kosteustiedot. Ohra puitiin kerranteittain. Kun ruutu oli saatu puitua, niin peruutettiin ja siirryttiin oikealle seuraavalle ruudulle. Jokaisen ruudun jälkeen puimuri pysäytettiin, ja tällöin voitiin vapauttaa vaaka. Vaaka punnitsi ruudun satomäärän ja otti kosteuden. Vaaka vapautettiin ja tulokset hyväksyttiin puimurissa olleilla painikkeilla ja satotietoja keränneellä tietokoneella. Puinnissa mukana oli myös tavanomainen kosteusmittari, jolla tarkastettiin puimurin kosteusmittarin paikkansapitävyys.



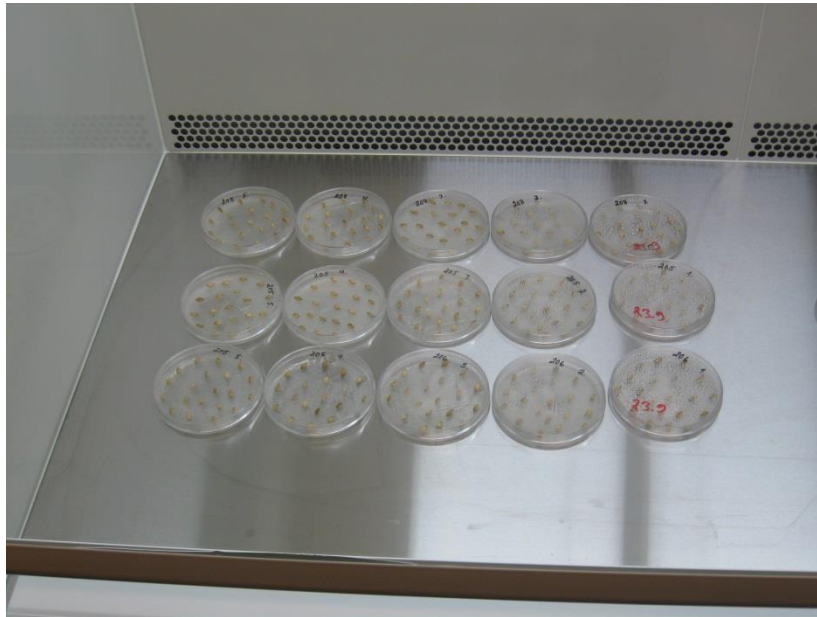
Kuva 1. Koeruutuja ennen puintia (Juhani Laine 2014)

Kasvitautilien esiintymisessä ei ollut silmin nähtäviä eroja ennen kasvuston tuulentumista. Verkkolaikkua esiintyi yksittäisiä laikkuja lähinnä alemmilla lehdillä. Tarkempia kasvitautilmäärittelyksiä varten tarvittavat näytteet kerättiin vasta puinnin jälkeen. Jokaisesta ruudusta kerättiin viisikymmentä tähkää ruudun puimattomista reunoista. Tähkien annettiin kuivua, jonka jälkeen jyvät eroteltiin tähkäpuimurilla.

Jyvistä mitattiin sadan jyvän painot. Jokaisen ruudun näytteistä mittausta suoritettiin viisi kertaa. Näistä viidestä mittauksesta suurimman ja pienimmän painon antaneet näytteet jätettiin huomiotta, ja kolmesta muusta näytteestä laskettiin keskiarvo. Tuhannen siemenen paino määritettiin sadan jyvän painosta kertomalla se kymmenellä ja tekemällä kosteuskorjaus. Sadan jyvän painon mittaukseen tarvitaan jyvälaskuri ja vaaka. Jyvälaskuri laskee jyvien lukumäärän tärisemällä ja tiputtamalla jyviä yksi kerrallaan näytepurkkiin. Laitte laskee jyvät ja ilmoittaa ruudulla niiden lukumäärän. Yleensä määrä poikkei sadasta korkeintaan parin jyvän verran. Näytteestä poistettiin ylimääräiset jyvät, roskat, rikkakasvien siemenet ja haljenneet jyvät. Näyte laitettiin tarkalle vaa`alle ja tulos kirjattiin lomakkeelle muistiin. Vaaka oli taarattu siten, että näytepurkin painoa ei huomioitu.

Kasvitautilmäärittämissä varten jyvänäytteet maljattiin vesiagar-maljoille. Maljaus tapahtuu asettelemalla jyviä maljalle pinseteillä. Jokaisesta ruudusta tehtiin viisi maljausta. Maljatessa aseteltiin kaksikymmentä jyvää maljalle. Jyvät asetellaan mieluiten suoriin riveihin, koska tämä helpottaa havaintojen tekemistä. Kanteen merkittiin koeruudun numero ja järjestysluku. Seuraavaksi yöksi maljat vietiin pakkaseen. Jyvien pakastamisella estettiin niiden itäminen, joka hankaloittaa jyvien analysointia.

Pakastamisen seurauksena maljassa ollut vesi oli jäänyt maljan pinnalle. Maljat vietiin vetokaappiin ja niiden annettiin sulaa siellä hetken. Sulanut vesi poistettiin maljoilta pipetoimalla. Seuraavaksi yöksi maljat laitettiin huoneenlämpöön. Kun jyvissä alkoi muodostua rihmastoja, ne siirrettiin NUV (near ultraviolet) lampun alle (Kuva 2). NUV-valo edesauttaa itiöiden muodostumista.



Kuva 2. Maljoilta poistettiin vesi pipetoimalla (Juhani Laine 2014)

Jyvissä esiintyneet taudinaiheuttajat analysoitiin mikroskoopin avulla tunnistamalla muodostuneet itiöt (Kuva 3). Havainnot kirjattiin lomakkeille siten, että yksi tautinen jyvä oli yksi havainto. Jokaisesta viidestä maljasta kirjattiin ylös maljassa olleiden tautisten jyvien lukumäärä.



Kuva 3. Kasvitautihavainnot tehtiin mikroskoopilla (Juhani Laine 2014)

7 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Heikentävätkö minidrift-suuttimet herbisidien tehoa?

Kenttäkokeessa tehtiin rikkakasvihavainnot. Havainnot tehtiin arvioimalla herbisidien aiheuttamat vahingot kasveille siten, että arvo nolla vastasi vahingoittumattomuutta ja arvo sata täydellistä vahinkoa.

Tulokset analysoitiin tilastollisesti ja siten saatiin selville tilastollisesti merkitsevät erot. Mielenkiinto tässä koejärjestelyssä kohdistui erityisesti eroihin niiden käsittelyjen välillä, jotka oli käsitelty samalla ainemäärällä ja aineella, mutta eri suuttimilla. Jos käsittelyjen välillä on merkitsevä ero, lukujen perässä olevissa kirjainyhdistelmissä ei ole samoja kirjaimia. Kokeessa havaittuja rikkakasveja olivat jauhosavikka, peltomatara, peltoemäkki, linnunkaali, pihatähtimö ja punapeippi.

Taulukko 2. Käsittelyjen tehokkuus rikkakasveihin prosentteina 2.7.2014

Käsittely	Ainemäärä	Suutin	Jauhosavikka	Peltomatar	Peltoemäkki	Linnunkaali	Pihatähtimö	Punapeippi
Käsittelemätön			0 b	0 d	0 d	0 b	0 c	0 c
K-Trio	0,75 L/ha	Standardi	95 a	100 a	84 ab	96 a	88 b	85 a
K-Trio	1,5 L/ha	Standardi	99 a	100 a	89 ab	96 a	95 ab	94 a
Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Standardi	90 a	63 bc	53 c	85 a	95 ab	90 a
Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Standardi	91 a	74 b	73 bc	91 a	96 ab	89 a
K-Trio	0,75 L/ha	Minidrifting	78 a	99 a	58 c	96 a	94 ab	61 b
K-Trio	1,5 L/ha	Minidrifting	98 a	100 a	98 a	95 a	100 a	98 a
Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Minidrifting	85 a	55 c	48 c	81 a	98 ab	75 ab
Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Minidrifting	70 a	60 bc	65 bc	83 a	94 ab	88 a

2.7. 2014 tehdyissä rikkakasvihavainnoissa on eroja viuhkasuuttimien eduksi. Kahdessa tapauksessa ero oli merkittävä. Erot on merkitty taulukkoon punaisella. Kummassakin tapauksessa aineena on ollut K-Trio ja käytettynä ainemääränä pienempi ainemäärä. 2.7. tehtyjen havaintojen perusteella peltoemäkillä ja punapeipillä ja kun käytettiin 0,75 l/ha K-Trio, olivat viuhkasuuttimet merkittävästi tehokkaammat torjunnassa kuin minidrifting-suuttimet.

Jauhosavikalla ja linnunkaalilla ei ollut selviä eroja eri suuttimien välillä. Peltomataralla oli kahdessa käsittelyssä etua viuhkasuuttimilla. Peltoemäkillä oli yhdessä tapauksessa merkittävä ero viuhkasuuttimen eduksi, ja yksi pienempi ero tuulisuuttimien eduksi. Pihatähtimöllä oli kahdessa tapauksessa parempi tulos minidrifting-suuttimella. Punapeipillä oli viuhkasuuttimilla merkittävästi parempi tulos.

Merkittävät erot suuttimien välillä olivat syntyneet pienemmällä ainemäärällä tehdyillä K-Trio käsittelyillä. Myös kaikissa muissa käsittelyissä oli joidenkin kasvien torjunnassa etua viuhkasuuttimilla.

Taulukko 3. Käsittelyjen tehokkuus rikkakasveihin % 22.7.2014.

Käsittely	Ainemäärä	Suutin	Jauhosavikka	Peltomatar	Peltoemäkki	Linnunkaali	Pihatähtimö	Punapeippi
Käsittelemätön			0 c	0 c	0 d	0 b	0 b	0 c
K-Trio	0,75 L/ha	Standardi	99 ab	99 a	100 a	71 a	91 a	93 ab
K-Trio	1,5 L/ha	Standardi	100 a	99 a	99 a	85 a	97 a	95 ab
Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Standardi	100 a	46 b	53 bc	79 a	93 a	68 b
Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Standardi	100 a	73 ab	68 abc	75 a	91 a	68 b
K-Trio	0,75 L/ha	Minidrifting	96 b	100 a	75 ab	88 a	90 a	73 ab
K-Trio	1,5 L/ha	Minidrifting	100 a	99 a	100 a	100 a	99 a	99 a
Express SX Sito Plus	6 g/ha 0,1 L/ha	Minidrifting	99 ab	58 b	53 bc	71 a	96 a	76 ab
Express SX Sito Plus	12 g/ha 0,1 L/ha	Minidrifting	100 a	50 b	40 c	78 a	100 a	84 ab

Tällä havaintokerralla tehdyissä havainnoissa ei ollut merkitseviä eroja. Pienempiä eroja käsittelyiden välillä näyttää kuitenkin olevan, ja ne ovat pääosin viuhkasuuttimen eduksi. Kun vertaillaan 2.7. ja 22.7. tehtyjä havainnoita, niin havaitaan että useimmissa tapauksissa luvut ovat suurentuneet. Joissakin tapauksissa luku on pienentynyt. Tämä johtuu siitä, että kun kasvinsuojelukäsittelystä on pidempi aika, niin rikkakasvit ovat tuhoutuneet tai tuleentuneet.

Jauhosavikalla ja peltoemäkillä on kahdessa koejäsenessä eroja viuhkasuuttimien eduksi. Peltomataralla oli yhdessä käsittelyssä eroa viuhkasuuttimen eduksi. Linnunkaalilla ja pihatähtimöllä eroja ei juuri ilmennyt. Punapeipillä oli kolmessa tapauksessa eroa minidrifting-suuttimien eduksi.

K-Triolla oli eroja pienemmällä ainemäärällä kahden kasvin kohdalla viuhkasuuttimen eduksi. K-Triolla oli suuremmalla ainemäärällä eroa punapeipin kohdalla minidrifting-suuttimen eduksi. Expressillä oli pienemmällä ainemäärällä jauhosavikan kohdalla etua viuhkasuuttimilla, ja punapeipin kohdalla minidrifting suuttimilla. Expressillä ja suuremmalla ainemäärällä oli viuhkasuutin parempi kaksi kertaa ja minidrifting-suutin kerran.



Kuva 4. Koeruutu 108 käsittelemätön (Juhani Laine 2014)

Käsittelemättömässä ruudussa voidaan havaita silmämääräisesti selvästi rikkaruohoja (Kuva 4). Niitä on myös selvästi enemmän kuin kasvinsuojelaineilla käsitellyissä koeruuduissa.



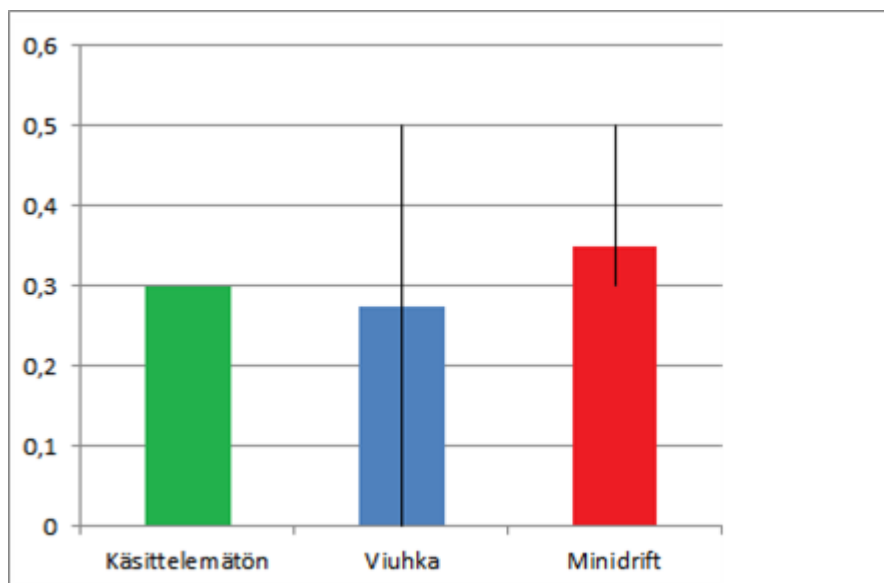
Kuva 5. Koeruutu 401 K-Trio 0,75 l/ha minidrift-suutin (Juhani Laine 2014)



Kuva 6. Koeruutu 309 K-Trio 0.75 l/ha standardisuutin (Juhani Laine 2014)

Minidrift-suuttimella ja viuhkasuuttimella käsitellyissä ruuduissa ei silmämääräisesti nopeasti tarkasteltuna havaitse juurikaan eroja (Kuva 5) (Kuva 6). Käsittelemättömään ruutuun verrattuna ne näyttävät hyvin puhtailta.

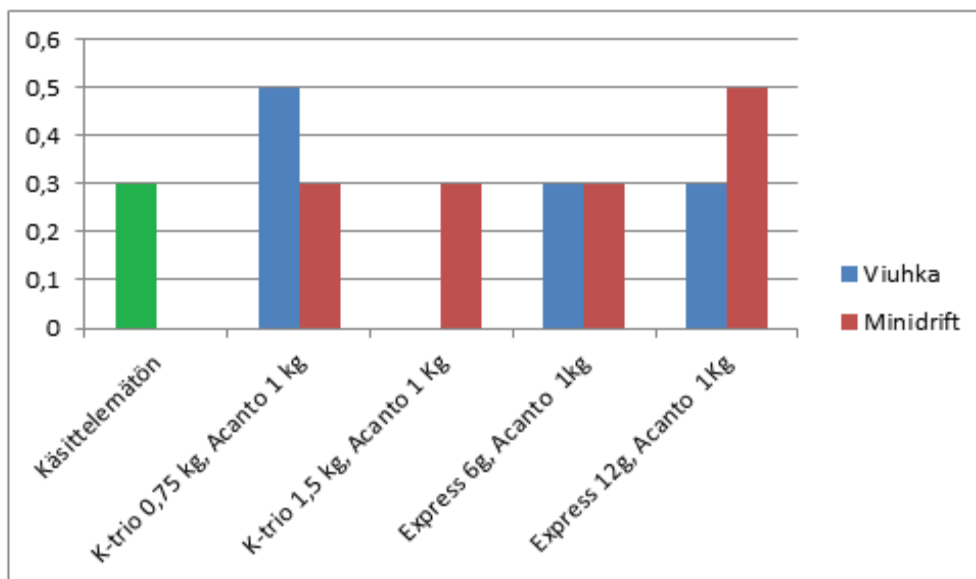
7.2 Heikentävätkö minidrift-suuttimet fungisidien tehoa?



Kuvio 1. Verkkolaikkun esiintyminen minidrift ja viuhkasuuttimilla prosentteina.

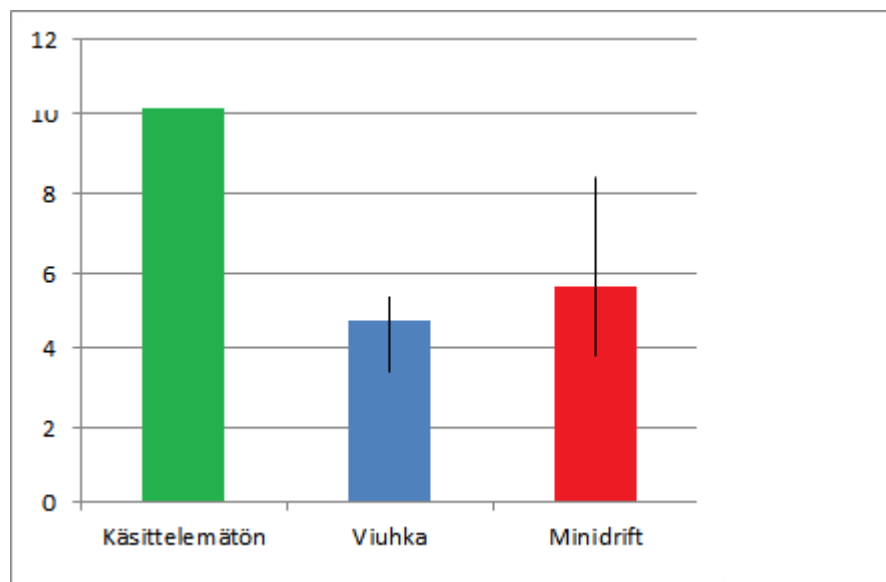
Verkkolaikkua esiintyi sadossa noin 0,3 % jyvistä. Kun vertaillaan verkkolaikkun esiintymistä satonäytteissä, niin havaitaan että minidrift-suuttimilla käsitellyissä kokeissa on hieman enemmän verkkolaikkua kuin viuhkasuuttimil-

la käsitellyissä. Verkkolaikkua esiintyy sadossa kuitenkin hyvin vähän, eikä tämän perusteella kannata tehdä päätelmiä eroista suuttimien tehokkuudessa.



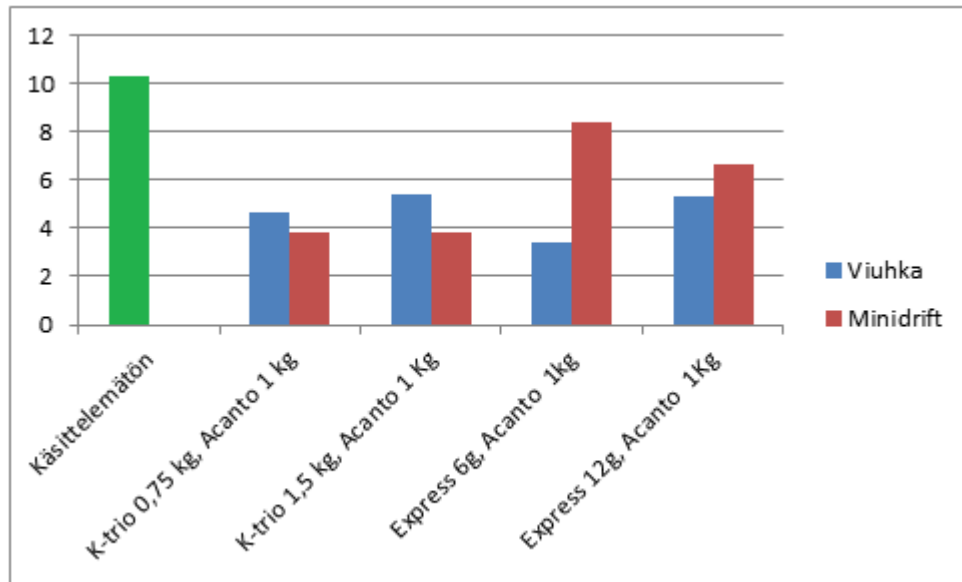
Kuvio 2. Keskimääräinen verkkolaikun prosentuaalinen esiintyminen sadossa eri fungisidi- ja herbisidi käsitellyissä.

Yhdessä tapauksessa neljästä minidrift suutin tuotti paremman torjunnan. Kahdessa tapauksessa viuhkasuutin tuotti paremman tuloksen. Yhdessä tapauksessa suuttimet tuottivat yhtä hyvän tuloksen. On huomattava että ero käsittelemättömiin ruutuihin on hyvin pieni.



Kuvio 3. Keskimääräinen ohran tyvi- ja lehtilaikun prosentuaalinen esiintyminen sadossa fungisidi-käsitellyissä prosenteina.

Ohran tyvi- ja lehtilaikkua esiintyi noin 10 %:ssa tutkituista jyivistä käsittelemättömissä ruuduissa. Ohran tyvi- ja lehtilaikun esiintymiseen kasvinsuojelukäsittely on selvästi vaikuttanut, sillä käsittelemättömissä ruuduissa on selvästi enemmän tautia kuin käsitellyissä ruuduissa. Myös viuhkasuutin tuotti paremman torjuntatuloksen kuin minidrift-suuttimet.



Kuvio 4. Keskimääräinen ohran tyvi- ja lehtilaikun prosentuaalinen esiintyminen eri fungisidi ja herbisidi-käsittelyissä prosentteina.

Kun herbisidikäsittely oli tehty K-triolla ja fungisidikäsittely Acanto Primalla, olivat minidrift-suuttimet hieman parempia ohran tyvi- ja lehtilaikun torjunnassa. Kun rikkakasvikäsittely oli tehty Expressillä ja kasvitautikäsittely Acanto Primalla, niin viuhkasuuttimet tuottivat paremman tuloksen.

Ohran ja tyvi ja lehtilaikun kaaviosta havaitaan että Express 6 g/ha käsittelyssä oli minidrift suuttimilla ohran tyvi- ja lehtilaikun tartuttamien jyvien määrä selvästi suurempi kuin viuhkasuuttimilla käsitellyssä. Tämä voisi selittyä esimerkiksi eroilla rikkakasvipitoisuuksissa ja kosteusoloissa.

Monet kasvitaudit tarvitsevat tietyn kosteuden ja lämpötilan itääkseen kasvien lehdillä. Kuivuus ja aurinkoinen sää voivat pysäyttää itämisen. (Bouma, 2010, 38). Tiheässä kasvustossa kosteus pysyy pidempään ja altistaa kasvitaukeille (Laine. 2006. 13). Myös rikkakasvit lisäävät kasvuston tiheyttä ja kosteutta. Rikkakasvit kasvustossa ovat monien tautien ja erityisesti viruksien tartuntalähteitä (Valkonen, Bremer, Tapio, 1996, 96).

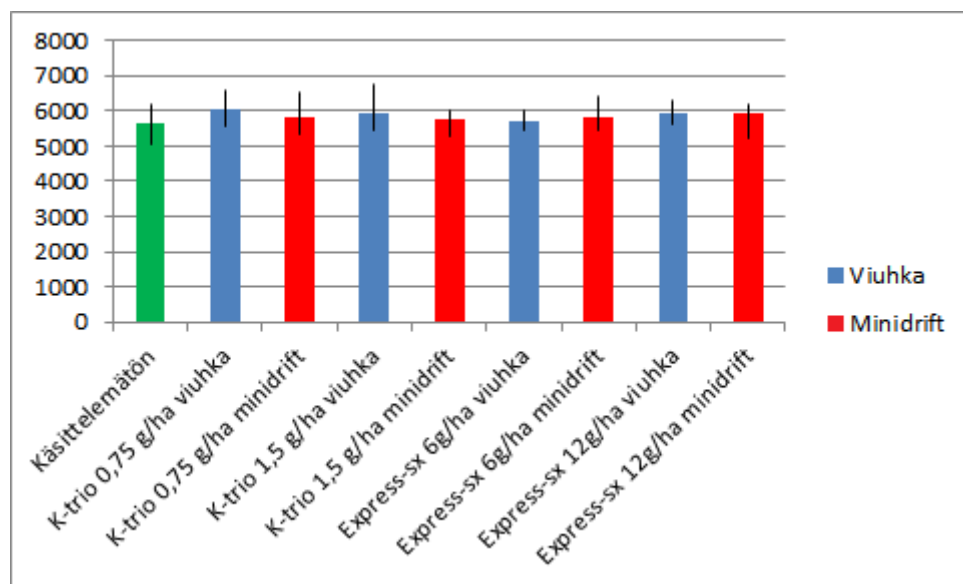
7.3 Muut vaikutukset

Muita tutkittuja asioita olivat satotasot ja siemenpainot. Näihin ovat saattaneet vaikuttaa sekä herbisidi- että fungisidikäsittelyt. Myös kasvuolosuhteet ovat

todennäköisesti vaikuttaneet satomääriin. Tämän takia aiheutuneita vaikutuksia ei voi suoraan päätellä täysin joko fungisidien tai herbisidien aiheuttamiksi, mutta niiden avulla voidaan arvioida mahdollisia eroja eri suuttimien välillä.

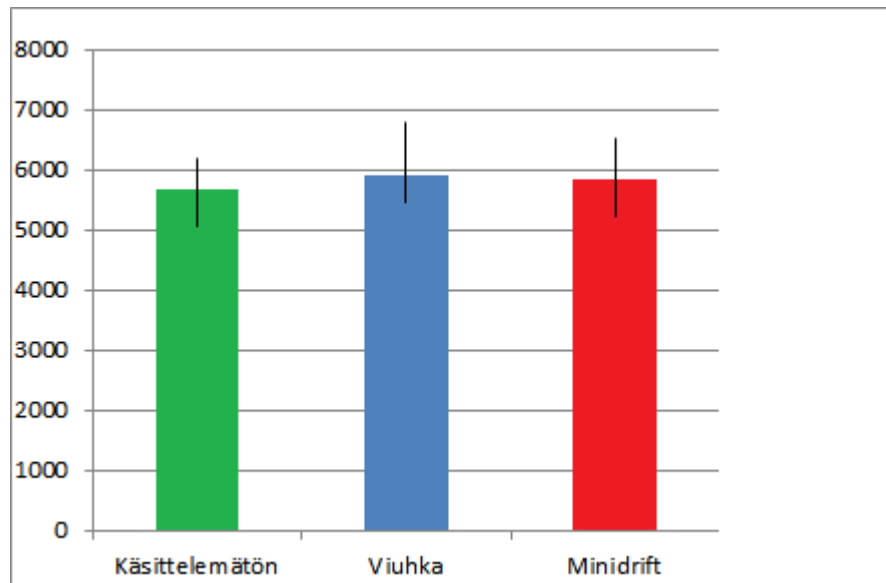
7.3.1 Vaikutukset satotasoihin

Kenttäkokeesta otettiin satotulokset. Satotuloksien perusteella erilaisilla käsittelyillä on eroja. Tuloksien luotettavuutta heikentävät koekentän epätasaiset kasvuolosuhteet.



Kuvio 5. Erot satotasoiissa eri käsittelyillä kg/ha.

Erilaisten käsittelyjen satotasoiista lasketuista keskiarvoista voidaan muodostaa yllä oleva kaavio. Kaavion perusteella viuhkasuuttimilla saadaan tavallisesti parempi rikkatorjunta ja tautitorjunta, siten suurempi sato. Poikkeuksena Express-SX-käsittely pienemmällä ainemäärällä, jolla sato oli suurempi minidrift-suuttimilla. Myös Express-SX-käsittely suuremmalla ainemäärällä antaa vain melko pienen eron viuhkasuuttimen eduksi. Tämän kaavion perusteella näyttäisi siltä, että minidrift-suuttimet heikentävät standardisuuttimiin verrattuna satotasoa K-trio-käsittelyillä, mutta eivät välttämättä Express-SX-käsittelyillä.



Kuvio 6. Minidrift käsiteltyjen ja viuhkasuuttimien erot keskimäärin asteikolla kg/ha.

Standardisuuttimien ja minidrift-suuttimien eroja voidaan vertailla myös kaikkien koejäsenien keskiarvoina. Standardisuuttimella käsiteltyjen ruutujen keskimääräinen hehtaarisato oli 5913 kg/ha. Minidrift-suuttimella käsiteltyjen ruutujen keskimääräinen hehtaarisato oli 5840 kg/ha. Käsittelemättömien ruutujen 5679 kg/ha. Näiden kaavioiden perusteella näyttäisi siltä, että standardisuutin on parempi. Vaihteluvälit menevät silti päällekkäin eikä asia aina ole näin.

Taulukko 4. Sadot koeruuduittain kg/ha

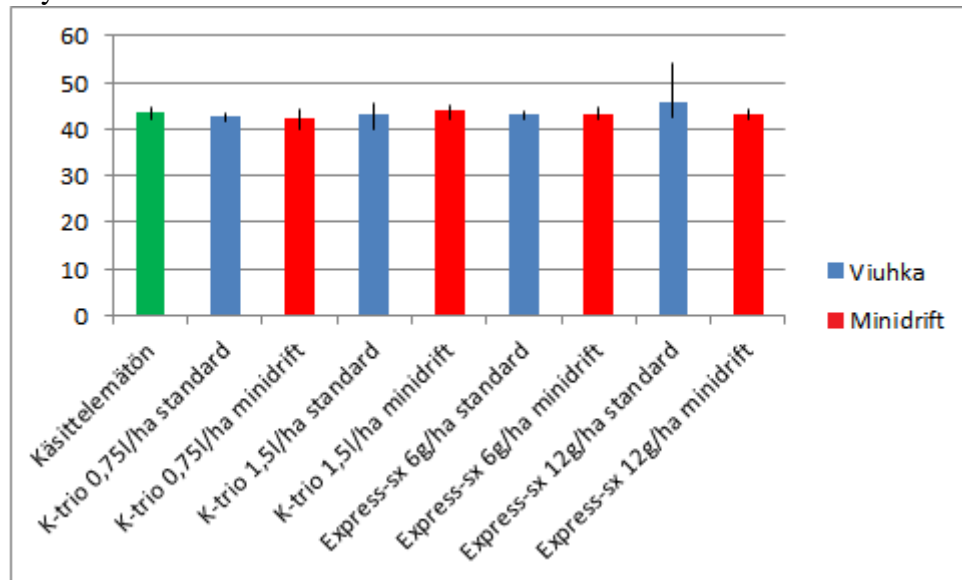
101-109	201-209	301-309	401-409
6613	5472	5583	5702
6449	5056	5274	5516
6332	5312	5236	5478
6788	5593	5448	6210
6528	5462	5718	6000
6211	5472	6023	6096
5731	5613	5857	6051
5867	6163	6015	6136
5847	5948	5950	6005

Kun koeruutujen satotasot asetellaan ruuduittain järjestykseen, niin havaitaan että toisissa koeöntien osissa satotasot ovat korkeammat. Tämä vaihtelu on niin suurta, että se ei selity täysin eri kasvinsuojelukäsittelyillä. Siihen vaikut-

taa paremminkin koekentän epätasaiset kasvuolosuhteet, kuten ravinteiden määrät ja suhteet. Tämä on otettava huomioon virhelähteenä, ja siksi edellä esitettyihin satotuloksiin pitää suhtautua hieman kriittisesti. Toisaalta se, että kokeessa oli neljä kerrannetta, korjaa tilannetta.

7.3.2 Vaikutukset siemenpainoihin

Kokeesta määritettiin joka koeruudusta sadan siemenen paino viisi kertaa. Näistä suurin ja pienin tulos hylättiin. Saaduista tuloksista laskettiin keskiarvo, tehtiin kosteuskorjaus ja laskettiin tuhannen jyvän paino. Siemenpainoissa ei ole merkittäviä eroja, jotka voitaisiin päätellä erilaisista kasvinsuojelu käsitelyistä aiheutuneiksi.



Kuvio 7. Erikäsittelyjen keskimääräiset tuhannen jyvän painot grammoina

Tuhannen siemenen painoissa ei ole silmiinpistäviä eroja, paitsi Express-sx 12 g/ha standardisuuttimen tiedoissa on hieman suurempi tulos.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kun vertaillaan viuhka- ja minidrift-suuttimien vaikutuksia rikkatorjuntaan, kasvitauteihin, satoihin ja siemenpainoihin, niin havaitaan että monissa asioissa minidrift-suuttimet ovat kasvinsuojelussa jonkin verran heikompia kuin viuhkasuuttimet. Tutkimustulokset näyttäisivät vahvistavan tutkimushypoteesejä.

8.1 Herbisidien tehokkuus minidrift-suuttimilla

Herbisidien osalta tutkimushypoteesina oletettiin tuulisuuttimien heikentävän torjuntatulosta. Tutkimustulokset vahvistavat tutkimushypoteesin.

Tilastollisessa analyysissä oli mukana käsittelemätön koejäsen. Tavallisesti rikkakasvien kohdalla tämä jätetään huomioimatta. Tällä tavalla käsittelyjen eroista saadaan tarkempi tulos.

Merkittävät erot suuttimien välillä syntyivät puolta suosituksia pienemmällä ainemäärällä tehdyillä K-trio käsittelyillä. Minidrift-suuttimet heikentävät siis ainakin pienillä ainemäärällä tehtäviä K-trio-käsittelyjä. Myös muilla käsittelyillä huomataan eroja. Esimerkiksi Express käsittelyillä pienillä ainemäärillä ja minidrift-suuttimilla havaitaan heikkoutta torjunnassa.

Kasvien suhteen merkittävät erot olivat punapeipillä ja peltoemäkillä. Myös muiden rikkakasvien torjunnassa oli pienempiä eroja viuhkasuuttimien eduksi. Toisaalta myös minidrift-suuttimet tuottivat parempia torjuntatuloksia muun muassa punapeipin kohdalla.

8.2 Fungisidien tehokkuus minidrift-suuttimilla

Fungisidien osalta tutkimushypoteesina oletettiin tuulisuuttimien heikentävän torjuntatulosta. Tutkimustulokset vahvistavat tutkimushypoteesin. Minidrift-suuttimilla kasvitautien torjunta oli heikompaa kuin viuhkasuuttimilla. Tautipaine kasvustossa oli alhainen. Tauti eteni kasvustossa myöhäisessä vaiheessa, joten tautiesiintymät eivät juuri vaikuttaneet yhteyttävään lehtipinta-alaan, eivätkä siten satotasoihin. Kasvitaudeilla oli vaikusta enemmänkin sadon laatuun, kuin sen määrään.

Verkkolaikulla viuhkasuuttimet tuottivat paremman torjunnan kuin minidrift-suuttimet. On kuitenkin huomattava, että verkkolaikun määrä näytteissä oli jo alkuaan vähäinen. Käsittelemättömässäkin ruudussa oli suunnilleen yhtä paljon verkkolaikkua kuin torjutuissa ruuduissa.

Tyvi- ja lehtilaikkuun viuhkasuuttimet tehosivat keskimäärin paremmin kuin minidrift-suuttimet. Käsittelemättömässäkin ruuduissa oli selvästi enemmän tautia. Herbisidikäsittelykin voi vaikuttaa kasvitautien esiintymiseen, sillä alhaisella Express-käsittelyllä ohran tyvi- ja lehtilaikulle tuli paras torjunta viuhkasuuttimilla ja heikoin minidrift-suuttimilla. Tämä voi selittyä sillä, että rikkakasveja oli enemmän heikommasta rikkakasvitorjunnasta johtuen, ja tästä seuranneiden kosteusolojen takia tautipaine oli suurempi. Tällöin myös erot tulivat selvemmin esiin.

8.3 Sato ja jyväpainot

Satotasot olivat viuhkasuuttimilla käsitellyissä kokeissa suuremmat, lukuun ottamatta pienemmällä ainemäärällä tehtyä Express-käsittelyä. Toisella suuremmalla Express-käsittelyllä ero suuttimien välillä oli pieni, mutta se oli silti viuhkasuuttimen eduksi. K-triolla käsitellyissä ruuduissa viuhkasuutin oli sadon kannalta selvästi parempi.

Siemenpainoissa ei havaittu sellaisia suuria eroja, jotka olisi voitu tulkita suutinten eroista johtuviksi. Kaaviossa voidaan nähdä, että käsittelemättömissä ruuduissa on ollut hieman suurempi tuhannen jyvän paino.

8.4 Virhelähteiden pohdintaa ja kritiikkiä

Kirjaamisvirhe oli siemenpainojen kohdalla. Express-sx 12 g/ha standardisuuttimen tiedoissa on hieman suurempi tulos. Tämä suurempi luku selittyi sillä, että Excel-taulukossa oli merkitty erään sadan siemenen erän painoksi 7,107 grammaa. Paperiversiossa esitetyissä tuloksissa tätä poikkeamaa ei ollut. Tämä on luultavasti kirjaus-, tallennus- tai näppäilyvirhe.

Muissakin tuloksissa voi olla pientä epävarmuutta, koska havainnot ovat ihmisten tekemiä ja mittalaitteet eivät koskaan ole täysin tarkkoja.

Kokeessa käytettiin pienehköjä suuttimia. Tämän takia kokeissa ruiskutettiin pienemmällä pisarakoolla kuin mitä käytännön ruiskutustyössä. Pienempi pisarakoko aiheuttaa tavallisesti paremman torjuntatuloksen. Tämän takia voidaan olettaa, että käytännössä voi tulla huonompia torjuntatuloksia.

Kokeissa ruiskutusnopeus oli noin 1m/s. Tässä tulee pientä heittoa sen takia, että kannettavalla koeruuturuiskulla ei aina päästä täsmälleen samaa nopeutta. Niin isoja heittoa ruiskutuksissa ei kuitenkaan ollut että ne olisivat virheitä. Käytännössä traktoriruiskutuksessa ajonopeus on suunnilleen kaksi kertaa suurempi, noin 2m/s. Suurempi ajonopeus saattaa aiheuttaa esimerkiksi ruiskutuspuomin heiluntaa ja siten suurempaa tuulikulkeumaa.

Kokeessa käytetty ruiskutuksen nestemäärä oli 200 litraa hehtaarille. Käytännön traktoriruiskutuksessa nestemäärä voi olla erilainen. Esimerkiksi suurempi vesimäärä parantaa kasvinsuojeluaineen leviämistä rikkakasville.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto mukaan tuulisuuttimet eivät heikennä kasvinsuojeluaineiden tehoa. Väitettä perusteltiin Saksassa tehdyillä tutkimuksilla. Saksan olosuhteet eroavat kuitenkin merkittävästi Suomen olosuhteista. Saksassa viljellään paljon syyskylvöisiä kasveja, ja painopiste rikkakasvien torjunnassa on syksyllä tehtävissä torjunnoissa. Suomessa viljellään paljon kevätkylvöisiä kasveja, ja torjunnat suoritetaan kevätkäsittelyin. Suomen rikkakasvilajisto eroaa myös Saksan rikkakasvilajistosta.

8.5 Pohdintaa järkevästä tuulikulkeuman pienentämisestä

Paras mahdollinen tilanne olisi se, että tuulikulkeumaa ei aiheutuisi ja kasvinsuojelun tehokkuus ei kärsisi. Tällöin tuulikulkeumasta ei aiheutuisi räsistusta myöskään esimerkiksi vesistöille. Käytännössä tähän tilanteeseen ei päästä, ja siksi olisi punnittava mikä on olennaista ja tärkeää. Tähän ei ole olemassa oi-

keita vastauksia, koska eri ihmiset pitävät eri asioita tärkeinä. Toiset arvostavat korkeita satoja ja onnistunutta kasvinsuojelua, toiset taas haluavat pienentää esimerkiksi vesistöihin kohdistuvaa räsitusta.

On myös pohdittava suuttimien käytöstä aiheutuvia kokonais- ja seurausvaikutuksia. Tuulikulkeuman määrän vähentyminen ei välttämättä ole suoraviivaisesti se määrä minkä tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet sitä vähentävät. Tämä johtuu siitä että asioihin vaikuttavat monet muuttujat. Muuttuvatko käytetyt nestemäärät tai ruiskutuspaaineet? Noudatetaanko säännöksiä? Ruvetaan suosiimaan joitain toisia tehokkaampia kasvinsuojeluaineita enemmän kuin toisia?

Tuulikulkeuma aiheuttaa haittaa kasvinsuojeluaineiden käytölle, koska tuulen mukana kulkeutuva kasvinsuojeluaine aiheuttaa epätasaista torjuntaa ja se voi kulkeutua kokonaan pois pellolta. Tuulikulkeumasta aiheutuu myös räsitusta esimerkiksi vesistöille. Tuulikulkeumaa pyritään vähentämään tuulikulkeumaa vähentävillä suuttimilla. Suuttimet kuitenkin samanaikaisesti heikentävät kasvinsuojeluaineiden torjuntatuloksia, ja tämä haittaa viljelykasvin kasvua. Tuulikulkeumaa vähentävien suuttimien hyötyvaikutukset ovat tilannekohtaisia. Tyynellä säällä viuhkasuuttimet ovat paras ratkaisu. Tuulisissa oloissa minidrift-suuttimista voidaan myös saada hyötyä.

Paras mahdollinen tapa vähentää tuulikulkeumaa on toimia tilanteen mukaan parhaalla mahdollisella tavalla. Suuttimien osalta tämä tarkoittaa tilanteeseen, valmistamiseen ja sääoloihin soveltuvien suuttimien vaihtamista. Tätä vaihtamista helpottaisivat triplet-rungot, joiden avulla sopiva suutin voidaan valita yksinkertaisesti kääntämällä runkoa. Tämä on mielestäni käytännöllinen ratkaisu suuttimien vaihtamiseen. Muita keinoja tuulikulkeuman vähentämiseen ja torjunnan parantamiseen voisivat olla esimerkiksi suojukset kasvinsuojeluruiskun puomissa, suurempi nestemäärä tai pyrkimys hyödyntää tyynet sääolot mahdollisimman hyvin.

Käytännössä pyrkimykset tuulikulkeuman vähentämiseen uusilla suuttimilla vaikuttavat moniin asioihin. Tuulisuuttimet heikentävät kasvinsuojelun onnistumista. Kasvinsuojeluaineiden testitulokset, jotka on tehty viuhkasuuttimilla, saattavat olla liian optimistisia. Maanviljelijöille vaatimukset tuulikulkeuman vähentämisestä ainekohtaisilla säädöksillä aiheuttavat lisää vaatimuksia. Jos halutaan pyrkiä alhaisempaa tuulikulkeumaa kohti, niin on käytettävä mahdollisimman käytännöllisiä, yksinkertaisia ja realistisia keinoja.

LÄHTEET

Bouma E, 2010, Weather & crop protection, Roodbont Publishers, Zutphen, Netherlands.

EPPO. Eppo database on PP1 Standards. Viitattu 4.2.2015.
<http://pp1.eppo.int/>

Fungisidien luokittelu. 2011. Viitattu 24.11.2014.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/pesticidelife/ajankohtaista/Kasvinsuojeluaineryhm%C3%A4t>

Jalli M, Jauhiainen L, Purola T, 2014, Taudinkestävyyden huomioiminen on IPM-viljelyä, kasvinsuojelulehti 471, 14-15.

Jalli M, Parikka P, 2012, Ajankohtaisia kasvinsuojeluohjeita. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja n:o 103.

Kasvinsuojeluopas 2013-2014. Berner.

K-maatalous. K-trio. Viitattu 24.11.2014. <http://www.k-maatalous.fi/tuotteet/kasvinviljely/kasvinsuojeluaineet/viljoille/Sivut/9c43820a.aspx>

Knaapi J, Oristo U, 2013, Kasvinsuojelu kehittyy vauhdilla, Koneviesti nro 7, 34-37.

Knaapi J, 2014, Keveitä vaihtoehtoja torjuntaan, Koneviesti nro 5, 32-33.

Knaapi J, Oristo U, 2014, Kasvinsuojelu kehittyy vauhdilla, Koneviesti nro 5, 39.

Koneviesti. Ruiskutus onnistuu tarvittaessa tuulisellakin säällä. 2008. Viitattu 26.11.2014. http://www.koneviesti.fi/lehti/kv0708/fi_FI/tuulisuuttimet/

Koneviesti. Tehoa ruiskutuksiin. 2013. Viitattu 29.1.2015.
http://www.koneviesti.fi/Tietolaari/fi_FI/ruiskutus/files/89771535017902097/default/KV-Tietolaari3.pdf

Koneviesti. Tuulikulkeuma hallintaan tekniikalla. 2012. Viitattu 25.11.2014.
http://www.koneviesti.fi/Tietolaari/fi_FI/ruiskutus/files/89771535017902087/default/KV-Tietolaari2.pdf

Laine, P. 2006. Tautitorjunnan kannattavuus viljoilla. Käytännön maamies nro 6. 13.

Maa ja metsätalousministeriö. Kasvinsuojeluaineet. Viitattu 4.2.2015. <http://www.mmm.fi/fi/index/etusivu/maatalous/maataloustuotanto/siemenettai miaineistoflannoitevalmisteetjakasvinsuojelu/kasvinsuojeluaineet.html>

Maa ja metsätalous ministeriö. 2011. Kasvinsuojeluaineiden kestävä käytön kansallinen strategia. Sivut 6. Viitattu 4.2.2015. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistiot/newfolder_25/5xCfswKPg/trm2011_4.pdf

Maatilan pirkka. Eritarpeiden yhdistelmä suutintyyppin valinta. 2008. Sivut 22-23. Viitattu 28.11.2014. <http://issuu.com/maatilanpirkka/docs/mp0208/23>

Mukula J & Salonen J. 1990. Rikkakasvien kemiallinen torjunta- Herbisidit ja niiden käyttö. Kasvinsuojeluseuran julkaisuja N:o 81.

Mäkelä M. 2013. Kasvinsuojelu ja viljelytekniikka. Viitattu 5.3.2015. http://files.kotisivukone.com/maaseutukonsultointi.kotisivukone.com/4.2._ruiskutustekniikka.pdf

Pimentel, D. 1997. Techniques for reducing pesticide use - Economic and environmental benefits. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Raatikainen, M. 1991. Rikkakasvikuvasto. Helsinki: VESANPAINO OY.

Ruukki, J. 1999. Tiede 2. Jos ruoka huolettaa huolestu oikeista asioista, 39-40.

Turvallisuus ja kemikaali virasto. Kasvinsuojeluaineiden kestävä käyttö. Viitattu 4.2.2015. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja-kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineiden-kestava-kaytto-/>

Turvallisuus ja kemikaali virasto. Kasvinsuojeluainerekisteri. Acanto prima myyntipäällyksen teksti. Viitattu 5.3.2015 <https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/KareDocs/1985Myyntipaallyksenteksti.pdf>

Turvallisuus ja kemikaali virasto. Kasvinsuojeluainerekisteri. Viitattu 5.3.2015. <http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/Kasvinsuojeluainerekisteri/>

Turvallisuus ja kemikaali virasto. Tuulikulkeumaa vähentävät suuttimet ja ruiskut. Viitattu 29.1.2015. http://www.tukes.fi/Tiedostot/Kemikaalituotteet/kasvinsuojeluaineet/ohjeet/Ohje_ajonopeus_paine_nestemaara.pdf

Turvallisuus ja kemikaali virasto. Vesistörajoitus. 2014. Viitattu 22.1.2015. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-biosidit-ja->

[kasvinsuojeluaineet/Kasvinsuojeluaineet/Ymparistorajoitukset-
/Vesistorajoitus-/](#)

Tuulikulkeuma hallintaan. Viitattu 25.11. 2014.
http://riihi.mtk.fi/epaper/products/KV_-2013-05-02/pdfs/article_24_6.pdf

Valkonen J, Bremer K & Tapio E. 1996. Kasvi sairastaa - oppi kasvitaudeista. Helsinki: yliopistopaino.

Viljojen kasvitaudit ja niiden hallinta. Jalli M, Parikka P. Viitattu 4.2.2015.
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Tietopankki/Peltokasvituotanto/Rehuviljat/Rehuviljahanke_%20mjalli2012.pdf

Opinnäytetyön nimi

