



Kaisa Talimaa

**PESTITSIIDID
PÕLLUMAJANDUSES:
KOKKUPUUTEVÕIMALUSED JA
MÕJU MESILASELAADSETELE
PUTUKATELE**

LÕPUTÖÖ

Arhitektuuri ja keskkonnatehnika teaduskond
Tehnoökoloogia eriala

Tallinn 2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. PROBLEEMID TÄNAPÄEVASES PÕLLUMAJANDUSES	5
2. PÕLLUKULTUURIDE TOLMELDAMISVAJADUS	7
3. MEEMESILASED JA KIMALASED TOLMELDAJATENA	9
3.1. Meemesilaste ja kimalaste erinevused	10
3.1.1. Meemesilased	10
3.1.2. Kimalased	10
4. MESILASELAADSETE PUTUKATE KOKKUPUUTE VÕIMALUSED	
PESTITSIIDIDEGA.....	12
4.1. Põllukultuurid	12
4.2. Looduslikult kasvavad taimed	12
4.3. Hooajaline ja päevane korjemuster.....	13
4.4. Ema ja tööliste kokku puutumine pestitsiididega	14
5. PESTITSIIDIDE ERITUMINE NEKTARISSE JA ÕIETOLMU	16
6. TARRU TOODAVAD PESTITSIIDID	17
7. PESTITSIIDIDE MÕJU MESILASTELE	19
7.1. Letaalne mõju	19
7.2. Mittesurmavad ehk subletaalsed mõjud.....	20
7.2.1. Mõju haudmele	20
7.2.2. Mõju emadele	20
7.2.3. Mõju korjele	21
7.2.4. Pesakaaslaste ära tundmine	22
7.2.5. Pestitsiidide mõju füsioloogiale	23
KOKKUVÕTE.....	24
SUMMARY	25

VIIDATUD KIRJANDUS:	26
LISA 1. Meest leitud pestitsiidijäägid.....	30
LISA 2. Õietolmust leitud pestitsiidi jäägid.....	31

SISSEJUHATUS

Intensiivse põllumajandusega aladel on viimaste aastakümnete jooksul täheldatud olulist tolmeldajate arvukuse langust. Pole täiesti selge millest see langus tingitud on aga probleemi põhjuseid otsitakse muu hulgas ka põllumajanduses kasutatavatest pestitsiididest. Teiseks oluliseks probleemiks peetakse intensiivsest põllumajandusest tulenevat maakasutuse muutust: tolmeldajate pesitsus- ja talvitumisaigad kaovad järkjärgult, kultuurtaimede kõrval on vähe alternatiivseid toidutaimi, mida mesilased kui polüfaagsed putukad väga vajavad.

Lõputöös uuritakse meemesilasi ja kimalasi kui tolmeldajaid, tuuakse välja nende erinevused ja mis ajaperioodil on nad kõige haavatavamad pestitsiide. Uuritakse milliseid pestitsiide meemesilased tarru toovad ja kui suurtes kogustes. Pestitsiidide koguseid uuritakse nii mees kui õietolmus ning kirjanduse põhjal selgitatakse, missugused pestitsiidid esinevad mees, missugused õietolmus. Samuti hinnatakse pestitsiidide toksilisust mesilaselaadsetele putukatele ja nende haudmele. Uuritakse nii pestitsiidide letaalseid (surmavad) koguseid kui subletaalseid (mittesurmavad) mõjusid mis on pikaajalises perspektiivis loetud isegi ohtlikumaks kui letaalsed.

Inimesed ei mõista enne oma tegude tagajärgi kui tõsine kahju on tehtud. Nagu Indiaani vanasõna ütleb: „Alles siis ,kui viimane puu on langetatud, viimane jõgi mürgitatud, viimane kala välja püütud, saate te teada, et raha ei saa süüa”. Kahjuks ei ole sünteetiliste pestitsiidide mõju kunagi võimalik täielikult mõista enne kui neid on aastakümneid kasutatud pole, seetõttu on äärmiselt vajalik, et pestitsiidide kasutamist kontrollitaks hoolega ning neid kasutataks nii vähe kui võimalik.

Tahaksin tänada oma juhendajat Reet Karise` t igakülgse abi eest.

1. PROBLEEMID TÄNAPÄEVASES PÕLLUMAJANDUSES

Viimastel kümnenditel on intensiivselt majandatavatel aladel nii meemesilaste kui ka looduslike mesilasliikide arvukus oluliselt kahanenud. 1985. ja 2005. aasta vahel hävis Euroopas keskel läbi 16% meemesilaste peredest [1]. Eriti suured olid kaotused Inglismaal, Tsehhis ja Rootsis. Paljudes Euroopa piirkondades on tuvastatud ka kimalaste ja erakmesilaste arvukuse kahanemist [2]. Tolmeldajate kao üheks põhjuseks on õiterikaste elupaikade kadumine ning agrokemikaalide ülemäärane kasutamine. Samal ajal kasvatatakse tolmeldamist vajavaid kultuure üha suurematel pindaladel [1].

Mesilaste arvukus on langemas, sest põllumajanduses ei säilitata tolmeldajatele piisavalt sobilikke elupaikasid. Järjest kasvavad suure ulatusega intensiivsed põllumaad kus peale kindlate külvikorra taimede muud ei kasvatata. Seda isegi hoolimata sellest, et 12% Euroopa põllumajandusmaastikust vajab optimaalseks taimekasvatuseks loomtolmeldamist. Eriti sõltuvad tolmeldajatest suured loodepoolsed Euroopa alad. Pooled nendest aladest on kõrge tolmeldamise nõudlusega, hea on, et senini on seal ka tolmeldajate arvukus suhteliselt kõrge. Liigirikas tolmeldajate kooslus tulenebki aga sellest, et 1/3 sellest maast on poollooduslik põllumaa [3].

Schulpa, Lautenbach ja Verburg kaardistasid tolmeldajate varud kaardil, nad leidsid, et tolmeldajaid leidis rohkem aladel kus on mitmekesisema maastiku ja põllumajandusega maaalad [3]. Tolmeldajaid leidis poollooduslikel aladel kus olid traditsioonilised segarohu- ja põllumaad, sellistes kohtades kus maakasutuse muutused viimase sajandi jooksul on olnud tagasihoidlikud ja kus rahvastiku tihedus on madal. Need alad näitasid samuti tugevat kõikumist mullastikus, topograafiliste ja hüdrogeoloogiliste tingimuste muutusi lühikesel ajavahemikul. Selline mitmekesine biofüüsiline karakteristik on tulemus maakatte lühikese aja jooksul, kus sellised väikesed (pool) - looduslikud alad esindavad nii piiranguid loodusliku keskkonna kui ka põllumajandustootmise süsteemide kohandamise vahel.

Samade autorite järgi oli paljudes kohtades Euroopas hoolimata kõrge tolmeldajate vajadusest pooltel juhtudel suhteliselt madal tolmeldajate olemasolu. Selline situatsioon esineb peamiselt suure ulatusega

intensiivselt majandatavatel põllumaadel, kus kindlas külvikorras esinevad ka õlikultuurid. Sellised alad paiknevad traditsiooniliselt avatud laiaulatuslikel põllumaadel. Sellise homogeense (ühetaolise) maakasutuse tulemuseks on veel rohkem homogeenseid biofüüsilisi tingimusi, mis jätavad järjest vähem ruumi looduslikule maale. Homogeensuse suurenemisega käib aga alati kaasas tolmeldajate arvukuse vähenemine [4].

Juur- või puuviljaaiad on samuti kõrge tolmeldamise vajadusega alad. Siiski on sellised põllumaad ja seotud põllumajandussüsteemid tavaliselt mosaiiksetel maastikutel, mis soodustavad tolmeldajate elupaikade säilimist [3].

Tolmeldajatele sobilike elupaikade vähenemise kõrval tuleb rääkida ka põllumajanduskemikaalide ohtlikkusest tolmeldajatele. Homogeensuse kasv põllumajandusmaastikus tingib järjest tõsisemate kahjustuspuhangute esinemist ning seetõttu kasvab pidevalt vajadus kemikaalide järele. Enamik agrokemikaale on aga laiatoimelised ning mõjutavad ka sihtgrupist väga erinevaid loomorganisme.

Kiletiivaliste hulka kuuluvad sotsiaalsed putukad, meemesilased ja kimalased, ei ole sihtmärgiks igasugustele erinevatele agrokeemilistele toodetele mida kasutatakse põllukultuuride töötlemiseks. Kahjuks aga kahjustavad need tolmeldajaid oluliselt. Korjelennu käigus korjavad mesilased nektarit, õietolmu, taimede vaiku ja vett puutudes seetõttu kogemata kokku mitmesuguste anorgaaniliste ja orgaaniliste pestitsiididega ning sagedasti viivad nad neid aineid kaasa ka tarudesse. Need ained võivad omada surmavaid või ka mitte surmavaid mõjusid tolmeldavatele putukatele. Samuti võivad need koguneda mitmetesse teistesse pere liikmetesse ja nende korjatud produktidesse nagu mesi või mesilasema toitepiim. Kuna mesilaste korjelend on aktiivne, võib mesilasi pidada mobiilse multimeedia proovivõtjaks kes talletab endas keskmise saasteainete hulga läbi aja ja seda suurel alal. Järelikult võib mesilasi kasutada bioindikaatoritena keemiliste või radioaktiivse saastumise kontrollimiseks [5].

2. PÕLLUKULTUURIDE TOLMELDAMISVAJADUS

Ülemaailmselt 35 % kasvatavatest põllukultuuridest sõltub tolmeldajatest ja selline sõltuvus on aastate jooksul tõusnud [6]. Tolmeldamine suudab tõsta vilja või seemne kvaliteeti või kvantiteeti 59-st maailma suurimast põllukultuurist 39-l. Erinevate taimede puhul tolmeldajateks erinevad loomad, kelle kohastumused sobivad ühele või teisele taimeliigile paremini või halvemini. Seetõttu ei suudaks ainult ühte liiki kuuluvad putukad kõiki taimi edukalt tolmeldada. Mida mitmekesisem on tolmeldajate populatsioon, seda paremini pakutakse tolmeldamisteenust [7].

Ülemaailmselt, rohkem kui 3000 taimeliiki on kasutatud toiduks, nendest 300 on laialdaselt kasutatud ja nendest 12 varustab 90% maailma toiduvarudest. Need 12, sealhulgas ka teraviljad on: riis, nisu, mais, harilik sorgo, hirss, rukis, oder, kartul, maguskartul, maniokk, banaanid ja kookospähklid [8]. Kui need on põhiliselt tuultolmlejad, siis ülejäänud kultuurid, mis varustavad inimesi põhiliste vitamiinidega siiski loomtolmlejad. Loomtolmeldajate hulgas on putukad eesotsas mesilastega väga tähtsal kohal. Ainuüksi Ameerikas, mis on 6% kogu maailma rahvastikust, künti aastal 1969 umbes 286 miljonit aakrit maad. Sellest 60 miljonit aakrit ehk üle viiendiku oli suures osas kaetud isetolmlemisvõimeliste taimedega (oad, puuvill, lina, maapähklid, hernerid ja sojaoad), mis saavad kasu ka putuktolmeldajatelt. 40 miljonit aakrit kogu küntud maast kasutati sellise heinaseemne kasvatamiseks mida tolmeldavad ainult mesilaselaadsed (lutsern, ristikhein, lespedeetsa). 6 miljonil aakril kasvatati puu- ja juurvilju ja pähkleid - mis sõltuvad ainuüksi putuktolmeldajatest. Kõik need taimed moodustavad 15% kogu meie taimsest toidust. Loomsete saaduste hulk on umbes sama suur meie toidust. Loomsete saaduste hulka kuuluvad veise, -sea, -linnu, -lambaliha ning piimatooted- need kõik sõltuvad üht või teistpidi putuktolmeldatud kaunviljadest nagu lutsern, ristikud, lespedeetsa.

Üle poole maailma rasvadest ja õlidest pärineb õliseemnetest- kookospähklid, puuvill, õlipalm. oliivid, pähklid, raps, soja ja päevalill [9]. Paljud nendest taimedest kas sõltuvad või saavad kasu putuktolmeldajatest. Kui need otseselt või kaudselt tolmeldajatest sõltuvad loomsed või taimsed

saadused peaksid kaduma, kaob ka 1/3 meie toidust, ehk siis see osa, mis tagab meile vajalikud vitamiinid ja mitmekesise toidu [8].

Rahaliselt on välja arvatud, et putuktolmeldatud kultuuride koguväärtus ulatus 1962. aastal 4,5 miljardi dollarini. Putuktolmeldamisest otseselt sõltuvate kultuuride saagi väärtus 1 miljard dollarit, millele tuleb juurde arvestada ligikaudu 6 miljardi dollari väärtuses neid kultuure, mille saagikus tõuseb tänu mesilastele. Lisaks annavad mesilased mett ja mesilasvaha, mille väärtuseks on hinnatud 45 miljonit dollarit aastas. Teisisõnu meemesilaste väärtus ühiskonnale on oluliselt suurem kui mesinikele [8].

3. MEEMESILASED JA KIMALASED TOLMELDAJATENA

On pidev arutelu meemesilaste ja looduslike tolmeldajate tähtsuse üle. Tolmeldamine on tähtis ökosüsteemi teenus paljudele toiduks kasvatatavatele kultuuridele. Nii meemesilased kui looduslikud tolmeldajad on väga tähtsad, ning peamised tolmeldamist vajavad taimeliigid sõltuvad suures osas siiski looduslikest tolmeldajatest. Kui Neumann ja Carreck kirjeldasid meemesilaste tähtsust tolmeldajatena võis jääda teist liiki tolmeldajate tähtsus alahinnatuks. Mõnes regioonis on looduslikud tolmeldajad kõige rikkalikumalt esindatud, kõrge liigirikkus on näidanud viljade või seemnete kvantiteedi ja kvaliteedi kasvu. 1990 hakkas vähenema trend meemesilaste perede massiline viimine põllukultuuride lähedale tolmeldajateks, kuna vaadates minevikus ja praegugi hukkuvate mesilasperede arvu on tulevikus oodata suurenevat looduslike tolmeldajate rolli [3].

Mõndade põllukultuuride puhul on looduslikud mesilased efektiivsemad tolmeldajad kui meemesilased, teistel juhtudel aga täiendavad meemesilaste tegevust oluliselt. Liikidevahelised interaktsioonid võivad muuta putukate käitumist ja tolmeldamise efektiivsus võib tõusta. Näiteks mandel on massilise õitsemisega ja sõltub mitmekesisest tolmeldajatefaunast. Mandli puud istutatakse ridade kaupa, kahte erinevat sorti vaheldumisi, et õietolm kanduks ühelt sordilt teisele ja toimuks viljastumine. Tehti katsed, kus uuriti tolmeldajate käitumist, ühel juhul kui tolmeldajateks olid ainult meemesilased ja teisel juhul kui tolmeldajateks olid lisaks ka kimalased. Meemesilaste puhul märgati, et tolmeldaja liigub mööda sama rida edasi järgnevale puule, mitte ei liigu järgnevale viljapuureale, kuna see nõuaks suuremat pingutust. Kuid kui katses osalesid peale meemesilaste ka teised tolmeldajad, täheldati meemesilaste liikuma hakkamist ridade vahel. Selline liikumine tõstis tolmeldamise aktiivsust ja vilja saagikust [7].

Meemesilase ja kimalased kuuluvad kiletiivaliste seltsi, mesilaselaadsete Apoidea sugukonda, kuid erinevatesse perekondadesse. Perekonda Apis kuulub kokku 8 liiki, perekonda Bombus aga kuulub üle 250 liigi. Perekonna Apis esindajad on pärit soojemast kliimast, kuigi inimese kaasabil on kodustatud

meemesilased levinud üle kogu Maa ka jahedamatesse kliimavöötmetesse. Perekonna *Bombus* esinedajad on aga pigem jahedama kliimaga kohanenud. Troopikas neid ei leidu.

3.1. Meemesilaste ja kimalaste erinevused

3.1.1. Meemesilased

Meemesilased on Euroopas ainukesed tolmeldajad, kes elavad keerulistes ühiskondades ehk suurtes peredes. Nende normaalseks pere suuruseks peetakse kolmkümmend kuni viiskümmend tuhat isendit [10]. Kõigil isenditel peres on erinevad kohustused, tööjaotus põhineb mesilaste vanusel, mis määrab erinevate näärmete tegevuse aktiivsuse. Noorte töömesilaste ülesandeks on järglaskonna eest hoolitsemine, koristamine ning kärje ehitamine, mis on kajastatud ka tabelis 1. Järgmise vanuserühma mesilastest saavad valvurid ja korjemesilased [11]. Tööjaotus ei ole vanusepäevade vahel väga range. Tarusisesed tööd võivad olla vanuseliselt veidi nihkes ja vajadusel on nooremad mesilased võimelised korjele minema [11]. Meemesilaste korje on kõige aktiivsem päeval.

Tabel 1

Meemesilaste vanus ja tööjaotus tarus [11]

Tööülesanne	Vanus päevades	Töö
Puhastaja	1–2	haudmekärgede puhastamine
Amm	3–13	vaklade söötmine
Ehitaja	13–18	kärgede ehitamine
Valvur	17–21	valvamine
Koguja	14–35	saagi kogumine

Meemesilaste haavatavus seisnebki peamiselt tööjaotuses [12]. Kuna mesilased tolmeldavad taimi kevadest sügiseni võivad nad olla avatud kemikaalidele, sellest tulenevalt puutuvad ainetega kokku peale korjemesilaste ka teised isendid. Saastunud õietolm või nektar viiakse kärje, kus toitutakse sellest. Kuigi vastseid toidavad ammed mesilasema toitepiimaga, mida eritavad amm-mesilaste neelualuse näärmed, ei ole nad võimelised kõiki saasteaineid välja filtreerima [13]. See tähendab, et kõikides erinevates arengujärgkudes mesilastel on võimalus kokku puutuda mürkidega.

3.1.2. Kimalased

Kimalased elavad seevastu 30 – 150 liikmelistes peredes [14]. Peamine erinevus seisneb meemesilaste ja kimalaste elutsüklis – kimalastel elavad talve üle ainult viljastatud noored emad ning ülejäänud pere isendid elavad ainult ühe hooaja [10]. Emad ilmuvad põldudele sööma ja uut kolooniat looma alates aprilli lõpust. Nad koguvad õietolmu ja nektarit, et toita vastseid, kellest saavad tulevased töölisid.

Kimalaste puhul on eripäraks, et ema töötab üksi üle kuu aja [15]. Sellel perioodil on nad kõige haavatavamad ja ühe isendi hukkumine võib mõjutada terve pere ellujäämist.

Kimalastele on iseloomulik ka nende korje lennukaugus, mis jääb poole kilomeetri raadiusele alale ja see on tunduvalt lühem kui meemesilastel [14]. Samuti on kimalased erinevad teistest putuktolmeldajatest oma suure soojatootlikkuse poolest, mis võimaldab neil õietolmu ja nektarit koguda ka jahedate ilmadega [16]. Kimalased aga alustavad päeva palju varem ja lõpetavad korje hiljem kui mesilased. Siit võibki tuleneda üks kimalaste tundlikkuse tagamaid.

Paljud kasutusel olevad pestitsiidid nagu näiteks püretroidid, on teadaolevalt madalamatel temperatuuridel mürgisemad. Kuid nende kasutamist soovitataksegi just varajastel hommikutundidel või hilisõhtuti, mil meemesilased on tarudes.

Viimase kolmekümne aasta jooksul on lõuna Inglismaal olnud kimalaste seas suur arvukuse langus ja see võib tingitud olla teatud pestitsiidide kasutamisest. Kimalased on tähtsad tolmeldajad teatud põllukultuuride ja paljude looduslikult kasvavate taimede jaoks.

4. MESILASELAADSETE PUTUKATE KOKKUPUUTE VÕIMALUSED PESTITSIIDIDEGA

Meemesilased korjavad nektarit ja/või õietolmu umbes 75% põllukultuuridelt. Seejuures on neil mitmeid võimalusi kokku puutuda põllumajanduses kasutatavate pestitsiididega.

4.1. Põllukultuurid

Üldiselt on insektitsiididega õitsva põllu pritsimine keelatud, kuid mõnede mesilastele repellentsete ainete kasutamine on lubatud. Sõltumata toimeaine liigist soovitatakse pritsimisi teostada õhtusel või hommikul ajal, kui temperatuur on madalam ja meemesilasi põldudel pole. Meemesilasi saab kaitsta otsese pritsimise kätte sattumise eest, kui enne põllu töötlemist ümbruskonnas asuvad tarud sulgeda. Pritsitud toimeainete mõju väheneb ajas pidevalt, kuid ei ole ka mitme päeva pärast kadunud [17]. Seega ei ole täielikult kaitstud ka need meemesilased, kelle tarud suleti pritsimise ajaks.

Inglismaal teostatud uurimistöös näidati, et kimalased külastavad 59-st põllukultuurist kindlasti 43 (75%) ja tõenäoliselt nendest veel 13 põllukultuuri taimi [15]. Sellepärast on mõistlik arvata, et ka Eestis külastavad kimalased suures osas kõiki meie tolmeldavaid põllukultuure ja seetõttu tõenäoliselt ka puutuvad kokku erinevate pestitsiididega. Eestis kasvatatavatest põllukultuuridest kuulub raps kõige atraktiivsemate toidutaimede hulka nii meemesilastel kui ka kimalastel. Pritsimised õhtustel ja varahommikustel aegadel ei säästa kimalasi, sest nemad alustavad tööpäeva suvel lausa kella 4-5 ajal ning lõpetavad 11 ajal, kui pimedaks läheb [18]. Sellel ajal kui kimalased välja ilmuvad ja peresid looma hakkavad kasutatakse palju erinevat liiki pestitsiide. Kõige sagedasemad neist on püretroidid millest paljusid kasutatakse õitsvate taimede pritsimiseks hommikuti või hilja õhtuti. Need reeglid on paika pandud meemesilaste käitumist arvestades [19].

4.2. Looduslikult kasvavad taimed

Põldude sees ja ka põlluservades kasvavatel umbrohtudel ja muudel looduslikel taimedel toitu korjavad meemesilased on ohustatud nii otsese pritsimise kaudu kui ka õitesse kogunevate pestitsiidijääkide läbi

[20]. Euroopas on enamasti keelatud põldude pritsimine nii, et pritsipoomi ots ulatuks üle reaalse põllu serva, seega otseselt ei tohiks pestitsiidid põlluservadele sattuda. Pestitsiidid satuvad umbrohtudele kultuuri töötlemise käigus või põlluservas kasvavatele taimedele tuule poolt kantud pihuse pilvega. Vähendamaks tuule poolt kantud pestitsiidide kandumist põllualalt välja on ette nähtud piirangud, üle 4 m/s puhuva tuule korral on pritsimistööd keelatud, kuigi tänapäevane tehnika võimaldab ka sellest keelust mööda minna valides pritsimiseks suuremat piiska tekitavaid pihusteid [21]. USA teadlased on näidanud ka seemnete puhtimisel kasutatavate pestitsiidide kandumist põllualalt välja [22]. Nimelt pudiseb külvikus olev puhisematerjal seemnetelt osaliselt maha ning kandub külvamise käigus külvikust mullapinnale. Tuul, mis keerutab mullatolmu, kannabki preparaadi põldu ümbritsevale alale.

Kimalased võivad samuti kokku puutuda pestitsiididega kui nad külastavad põllukultuuride vahel kasvavaid taimi [20]. Sarnaselt meemesilastele külastavad ka kimalased nii ühe- kui mitmeaastaseid taimi põlluservadel ning jäävad paratamatult pritsimise kätte, sest kimalaste pesi ei ole võimalik töötlemise ajaks sulgeda. Põllukultuuride alustaimestik ja põldude ääres kasvavad ainult üheaastased taimed, kuna pidev kündmine kahjustab mitmeaastaste taimede juurestikku, neid taimi kimalased ei eelista, aga aeg-ajalt sinna sattudes võivad nad siiski kokku puutuda pestitsiididega [15].

Inglismaal on põlluservad ja hekipõõsastikud palju mitmekesisema taimestikuga kui põllumaad [23]. Tuvastati 31 erinevat taimeliiki mis on Inglismaa erinevates paikades levinud ja neid kõiki loetakse tähtsateks korje taimedeks kimalastele. Valge iminõges on üks tähtsamaid, sest ta õitseb kevadel väga varakult ning pakub rikkalikult nektarit.

4.3. Hooajaline ja päevane korjemuster

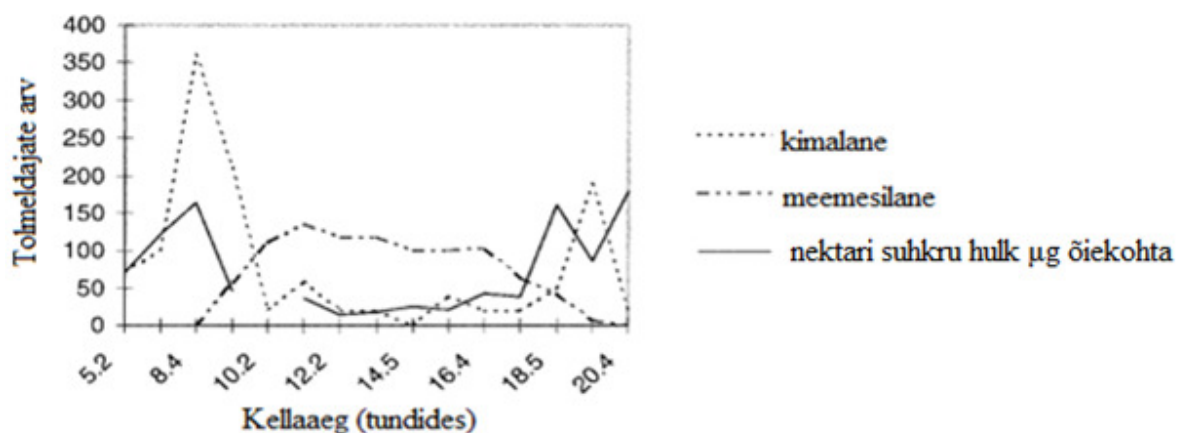
Meemesilased alustavad kevadel korjet varakult, kuid sel ajal on nende põhiliseks toidutaimeks looduslikud taimed, mis kasvavad võsastikes või metsades. Nii ühe- kui mitmeaastased taimed rohumaaal ja põldudel ei ole veel õitsema hakanud. Koduaedades kasvavad lilled on samuti mesilaselaadsetele putukatele vajalikuks toiduallikaks. Kahjuks ei kasvatata ka koduaedades taimi alati pestitsiidivabalt.

Põllukultuuridest on talvituvad õlikultuurid mesilastele väärtuslikud toidutaimed. Taliraps on Eesti tingimustest mõnevõrra vähem pestitsiididega töödeldud kui suviraps. Siiski tuleb arvestada ka

sügisesele mullaharimistöödele eelnenud süsteemsete herbitsiididega töötlemist, ning võtta arvesse, et taimedes sisalduvad ka nende ainete jäägid. [24]

Kimalaste korje hooaeg algab sõltuvalt piirkonnast ja liigist alates veebruarist või märtsi keskpaigast ja võib kesta oktoobri keskpaigani, korje haripunktiks on suvi. Kimalasemade talvitumise lõppemine oleneb temperatuurist ja erinevatel liikidel on suhteliselt kindel talvepesadest väljumise järjekord. Nende liikide emad kes ärkavad talvitumisest hiljem ja hakkavad oma peret looma on ka haavatavamad pestitsiididele [20]. Varakult talvitumist lõpetavad kimalased teevad oma küpsussööma pigem pajudel ning kuna need taimed ei puutu otseselt pestitsiididega kokku, ei ole ka need kimalased niivõrd ohustatud [25].

Kimalaste korjelende ja aktiivsust on uuritud erinevate autorite poolt. Tavaliselt käivad kimalased korjel hommikul vara ja õhtul hilja, keset päeva vähem [26] [27]. Kimalased alustavad päeva palju varem ja lõpetavad korje hiljem kui meemesilased [28] [29]. Seevastu mesilased on kõige aktiivsemad just päeval (Joonis 1) [15].



Joonis 1. Meemesilaste ja kimalaste korjeaktiivsuse võrdlus [15]

4.4. Ema ja tööliste kokku puutumine pestitsiididega

Meemesilaste peredes on tööjaotus väga range ning väljas käivad üksnes korjetöölised ja valvurid. Seega on just korjetöölised pestitsiidide poolt ohustatud. Korjetöölise hukkumise korral asendatakse nad taru sisetöölise arvelt, need aga on keskkonnoahtudele veelgi vastuvõtlikumad. Meemesilase ema korjel ei käi ning teda toidetakse tarus mesilasema toitepiimaga ning see tagab talle puhtaima toidu [2].

Korjetöolistest enamgi on ohustatud ammed, kes peavad tarus toitma vastseid [24]. Nende ülesandeks on süüa õietolmu ja nektarit, mida korjetöölised tarru toovad ning töötada see ümber mesilasema toitepiimaks. Nemad söövad õietolmu oluliselt rohkem kui enda eluks vajalik ning puutavad nad kokku kõrgema koguse pestitsiididega kui teised töölised tarus.

Kimalaste peres tarbivad värsket õietolmu ja nektarit kõik isendid. Mesilasema toitepiima kimalased ei kasuta [25]. Liiati ohustab kimalasema otseselt korjeldamine.

5. PESTITSIIDIDE ERITUMINE NEKTARISSE JA ÕIETOLMU

On kaks võimalust kuidas tolmeldajad puutuvad kokku pestitsiididega, esimesel võimalusel korjavad pestitsiididest eritanud nektarit või õietolmu, või puutuvad nad kokku lehtedel ja õitel mis on koos pestitsiididega. Enamasti leidub õietolmus ja nektaris süsteemseid pestitsiide, mis erituvad sinna taimede juhtkudedes liikuvate mahlade kaudu. Nektaris oleneb pestitsiidi kontsentratsioon nii selle töötlemisaegsest kogusest kui ka erituse meetodist. Davis ja Shuel näitasid oma uurimustes dimetooadi ja karbofuraaniga insektsiidide aktiivset selektiivset transporti nektarisse. Nende katsed näitasid, et nektarisse kanduv pestitsiidi kontsentratsioon oli tihti kõrgem selle lahuse kontsentratsioonist, milles taimed olid [30].

Mitte ainult süsteemsed pestitsiidid ei eritu nektarisse vaid ka läbitungivad kemikaalid nagu paratioon võib püsida nektaris kuni 24 tundi. Samuti ka granuleeritud insektsiidid on piisavalt tugevad et tungida nektarisse ja mõjutada tolmeldajaid, kuid siiski vähemal määral kui teised insektsiidid [9].

Kahte akaritsiidi kasutatakse Varroa lesta tõrjeks (kumafoss ja taufluvalinaat) mida tuvastati ka õietolmus. Kuna kumafoss keelati taimekaitsevahendites Prantsusmaal 2003 aastal ära, ainult volitatud isikutel on lubatud seda kasutada loomade ja hoonete töötlemiseks, siis võib see olla märk illegaalsest kasutamisest. Kuigi taimekaitsevahendite eksperdid arvavad, et kumafossi kasutamine taimekaitsevahendites on vähetõenäoline kuna selle lahustumine on vees madal. Aga kuna mesinikud eitavad kumafossi kasutamist Varroa tõrjeks on ikkagi tõenäoline, et pestitsiidid tuuakse tarusse mesilaste poolt. On teada, et mesilased kasutavad nektarit, et siduda õietolmuterakesed omavahel kokku. Nektari kogus võib õietolmuteras olla isegi kuni 40% õietolmu kuivkaalust [31].

Samamoodi kasutatakse ka taufluvalinaati laialdaselt taimekaitsevahendites. Kuigi keemilised töötlemised on keelatud taimede õitsemise ajal, siis leiti ikkagi mitmeid erinevaid pestitsiidide jääke rohkem kui 1/3 proovidest, neid isegi perioodidel kui polnud õige aeg põllukultuuride kasvatamiseks [31].

6. TARRU TOODAVAD PESTITSIIDID

Meest ja õietolmust on leitud palju erinevaid pestitsiidide toimeainete jääke. Pestitsiidid satuvad taimedesse põhiliselt kaht erinevat teed pidi. Pritsimine õitsemise ajal katab taime pestitsiidi kihiga ning niimoodi saastuvad õietolm ja nektar otseselt. Enam saastuvad toiduessursid avatud õiepõhjaga õites. Sellised õied on näiteks rapsil, viljapuudel, aedmaasikal, aedvaarikal. Suletud õites on õietolm ja või nektar peidetud õie sisse ja korjemesilane võib ise preparaadiga kokku puutuda, kuid toiduessurss jääb mõnevõrra puhtamaks. Teine võimalus on süsteemse preparaadiga töötlemine, mille puhul preparaat imendub taime ning kandub koos taimemahladega läbi taime õietolmu ja nektarisse. Enamik fungitsiide on süsteemsed, paljud herbitsiidid ning ka osa insektitsiididest.

Antud töös kasutati kaht erinevat kirjandusallikat, milles oli kirjeldatud paljude pestitsiidijääkide leidusid mees (Lisa 1) ning kolm erinevat tööd, milles kirjeldati pestitsiidijääkide leidusid õietolmus (Lisa 2). Antud tööde põhjal hinnati erinevatesse pestitsiidiklassidesse kuuluvate pestitsiidijääkide esinemise osakaalusid mees ja õietolmus.

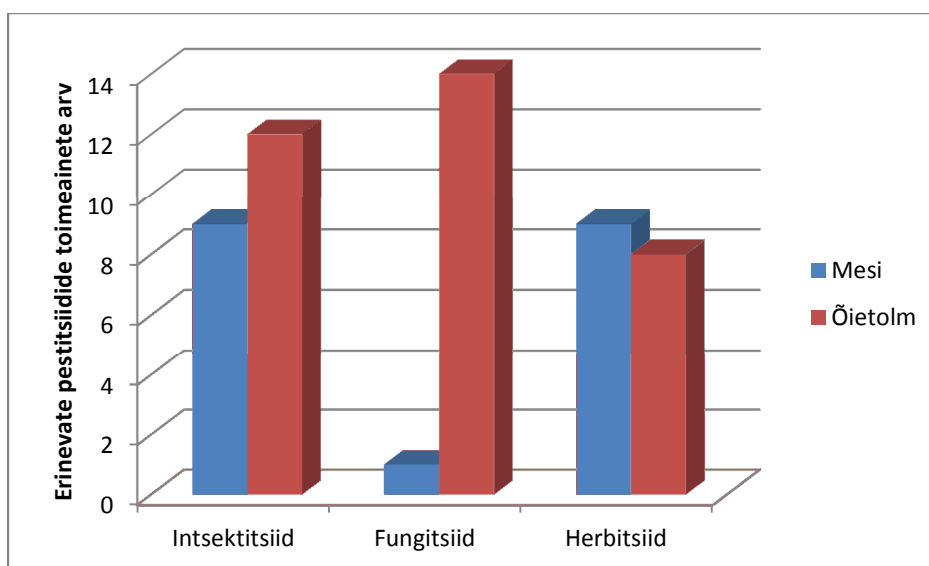
Mees leidis 19 erinevat pestitsiidi, üheksa neist olid herbitsiidid, üheksa insektitsiidid ja 1 fungitsiid. Mees leidis kõige rohkem insektitsiide ja herbitsiide, fungitsiide leidis meeproovides tunduvalt harvemini. Meest leitud pestitsiididest moodustasid 47% insektitsiidid, 47% olid herbitsiidid ja 6% fungitsiidid (Joonis 2).

Õietolmus leidis kokku 23 erinevat pestitsiidi, millest 12 olid insektitsiidid, 11 fungitsiidid ja 8 herbitsiidid. Õietolmus leidis insektitsiide - 38%, kuid arvestataval määral ka fungitsiide ja herbitsiide, neid siis vastavalt 35% ja 25%.

Ühiseid pestitsiide mida leidis nii mees kui ka õietolmus oli kümme, kõik need kümme olid insektitsiidid. Kõige sagedamini esinevateks insektitsiidideks olid taufluvalinaat, kumafoss, karbofuraan, karbarüül ja asinfoss metüül.

Mees leidis protsentuaalselt kõige rohkem profenofossi- 71% proovidest, samuti imidaklopriidi- 9,7% proovidest. Mees leiduvate pestitsiidide suurusvahemikud olid erinevad, kõige kõrgema kontsentratsiooniga aineteks olid tafluvalinaat 44,7 µg/kg, kumafoss 38,0 µg/kg, karbariül 30,8 µg/kg ja kõige madalamate kontsentratsioonidega aineteks olid alakloor 10 µg/kg ja lindaan 8,5 µg/kg.

Õietolmus leidis protsentuaalselt kõige rohkem proovidest tafluvalinaati- 88,3 %, kumafossi- 71,5%, imidaklopriidi- 57,3% ja klorotaloniili- 52,7 %. Õietolmust leiduvate pestitsiidide kõrgeimad kontsentratsioonid olid samuti taufluvalinaat- 487,2 µg/kg, kumafoss- 423,5 µg/kg, karbariül- 218,7 µg/kg ja veel ka klorotaloniil 473,5 µg/kg, madalaima kontsentratsiooniga olid atrasiin- 0,4 µg/kg, soksüstrobiin- 0,6 µg/kg ja trifluraliini- 0,1 µg/kg.



Joonis 2. Erinevatesse pestitsiidide rühmadesse kuuluvate toimeainete esinemine õietolmus (3 allikat: [24], [31], [32]) ja mees (2 allikat: [32], [33]).

7. PESTITSIIDIDE MÕJU MESILASTELE

7.1. Letaalne mõju

Pestitsiidide toksilisuse kõige üldise määratlus seisneb nende LD₅₀ määramises vastavale organismigrupile. LD₅₀ ehk aine doos, mis tapab 50 % uuritavast populatsioonist teatud aja (tavaliselt 24 või 48 tunni jooksul), näitab konkreetsete pestitsiidide toksilisuse taset. See sõltub nii uuritava aine iseloomust, mõju kestvusest kui ka organismi vastuvõtlikkusest. Üldiselt kasutatakse pestitsiidide toksilisuse määramisel meemesilasi kui mudelorganisme. Sageli on mõju hindamisel kasutatud otsest üldistamist kehasuuruse alusel: kimalased on mõnevõrra suuremad kui meemesilased. Siiski ei pruugi see alati paika pidada [15]. Näiteks pirimikarbi ja oksüdemetooni LD₅₀ on kimalastele väiksem. Aga on ka näiteid, mille puhul LD 50 on kimalastele suurem, kui meemesilastele: fosalooni, deltametriini, asefaadi, dimetooadi, alfa-tsüpermetriini, permetriini, kloorpüriifossi, demetoon s metüüli; ehk see tähendab, et doos, mis tapab meemesilast ei tapa veel kimalast.

Sellise määratluse juurde kuulub veel üks probleem. Nimelt on kimalaseliike maailmas 250 ümber, kuid toksilisuse hindamise katsetes kasutatakse vaid mõnda üksikut, neid, keda tööstuslikult toodetakse ja keda seetõttu on katseteks kerge hankida [15]. Kõige tuntumad ja sagedamini kasutatavad kimalaseliigid on *Bombus terrestris* ja *B. impatiens*.

Aga ka liigipõhine määratlus ei anna täielikku infot konkreetsete kimalaste LD₅₀ kohta. Iga kimalase kaal sõltub suuresti vastsete toitumisest. Suuruse vahe ühe ja samaliigiliste kimalaste vahel võib-olla suurem kui liikide vaheline. Üldjuhul peaksid olema kimalasemad suuremad kui töölised kuid võib ka juhtuda et nende suurused kattuvad.

Van Der Steen näitas, et dimetooadi akuutne ja otsene mürgisus oleneb kimalaste suurusest. Uurimiseks valiti 5 erinevat liiki kimalasi, kaaluvahemikus 0,162-0,297 grammi. Uuring näitas, et normaalkaalus kimalastel (0,168-0,285 g) on LD₅₀ väärtused 33-37 µg/kimalase kohta samas kui väikestel kimalastel (0,162 g) oli LD₅₀ 25 µg/kimalase kohta ja suurtel kimalastel (0,297 g) 44 µg/kimalase kohta [34]. See näitab, et kui kimalastel tekib toidupuudus, siis väheneb ka tööliste

kehakaal mis muudab nad omakorda mürkainetele tundlikumaks. Kimalaste suurus on ka oluline suukaudsel kokkupuutel pestitsiididega, on uuritud nektari koguseid mida mesilane korjab õitelt. Erineva kaaluga kimalastel on suhkrulahuse imendumine ka väga erinev. Mida suurem on kimalane seda kiiremini suudab ta nektarit juua, nende kehakaal tõuseb omastades nektarit 30-40%. Aga kergemad kimalased suudavad proportsionaalselt suurema koorma kanda kui raskemad kimalased.

7.2. Mittesurmavad ehk subletaalsed mõjud

Pestitsiidide mittesurmavad mõjud võivad üldises mõttes mesilaste populatsioonile isegi ohtlikumad olla, kui surmavad mõjud. Mittesurmava mõju korral ei tuvasta inimesed pestitsiidi ohtlikkust kohe. Tegelik mõju võib avalduda perede hukkumise näol alles kaua aega hiljem.

7.2.1. Mõju haudmele

Haudme suremuse hindamine on meemesilaste puhul lihtsam kui kimalaste puhul. Meemesilaste haue paikneb korrapärastes kärgedes, mida on kerge tarust vaatlemiseks eemaldada. Kimalased aga ei ehita korrapärase kujuga kärgi ning pesad on pealt kaetud. Tehti kasvuhoonekatse kuhu võeti umbes 200 liikmeline kimalaste pere, tomatitele pritsiti putuka kasvuhormoon diflubensurooni ja hinnati kimalaspere elujõulisust [35]. Hinnati ja võrreldi kui palju surnud hauet perest välja heideti võrreldes kontrollgrupi kimalastega, kes paiknesid töötlemata kasvuhoones. Tulemused näitasid vastsete tõusvat suremust putuka kasvuregulaatoriga kokku puutunud peres. Järglaste arvu vähendavad ka neurotoksilised pestitsiidid, mille hulka kuuluvad püretroidid, nikotinoidid ja neonikotinoidid [17].

Meemesilaste puhul võib haudme vähenemine olla pere jaoks rohkem kahjustavam kui korjemesilaste kadumine. Väga vähe on uuritud seda, kuidas pestitsiididega kokku puutunud pered elavad näiteks talve üle. Pestitsiidijääke sisaldava toiduga söödetud vastsetest võivad areneda väärarengutega, vähenenud korjevõime, kauguse ja/või õppimisvõimega isendid [17]. Mesilaselaadsete käitumise muutusi võivad põhjustada ka botaanilise päritoluga pestitsiidid. Neemi preparaate peetakse meemesilastele ohututeks [36]. Aga subletaalse neemidoosi söötmisel kimalase vastsetele lühenes neist arenenud tööliste lennuraadius [18].

7.2.2. Mõju emadele

Mesilaspere võime järglasi toota sõltub suuresti emade olemasolust või tema võimest muneda ning hoida kontrolli all uute emade kasvatamist [17]. Tavaliselt meemesilaste emad pestitsiidimürgitusse ei

sure, sest tänu suust-suhu toitmisele väheneb toidus sisalduvate pestitsiidijääkide hulk pidevalt ning emani jõuab puhastunud toit. Emade suremise põhjuseks oleks sel juhul hoopis teda toitvate tööliste vähesus. Kimalaste ja erakmesilaste emadel sellist kaitset pole ning nemad puutuvad pestitsiididega otseselt kokku.

Paljud pestitsiidid mõjutavad ema munemisevõimet. See on aga otseselt seotud pere ellujäämisega pikemas perspektiivis. Liiga väike pere ei suuda talvitumist üle elada. Kimalaste puhul aga ema viljakuse kadumise korral järgmist põlvkonda ei tekigi. Üheks viimase aja kõige enam uuritud ja enam tähelepanu tõmmanud selliseks pestitsiidiks on neonikotinoid imidaklopriid [37].

7.2.3. Mõju korjele

Mesilaselaadsete putukate korje edukus sõltub paljudest asjaoludest. Võrdse tähtsusega on nii toiduallika lõhna ära tundmine, õppimisvõime jätmaks meelde tasuvaid õisi ja territooriume, orienteerumisvõime koju tagasi jõudmiseks, meemesilaste puhul on tähtis korrektne tantsu esitamine.

Kloor- ja fosfororgaanilised insektitsiidid näiteks mõjutavad mesilaste võimet kaaslasele edasi anda toiduallika suunda. Paratsoon tekitab sidehäireid lennumesilaste tantsus häirides gravitatsiooni tajuvate retseptorite tööd [38].

Püretroidid mõjutavad korjel käivate mesilaste võimet tarru tagasi pöörduda [35]. Deltametriin- tekitab häireid pessa lendamisel, 81% tolmeldajatest võttis 3 korda rohkem aega koju lendamisel kui kontrollitud perel. Meemesilaste pered on tavaliselt suutelised sellisest kaduma jäänud korjetööliste kaotusest suhteliselt kiiresti taastuma, tänu suurtele toiduvarudele. Kimalaste puhul mõjutab ühe päeva korjetööliste kadumaminek pere arengut oluliselt, sest pesades puuduvad pikaajalised toiduvarud ning kui vastsed jäävad nälga ei kasva nad piisavalt, et tagada tõhusate korjelkäijate varu peres. Kimalastel mõjutab korjel käivate isendite hukkumine või ära eksimine järgmise aasta populatsiooni arvukust otseselt, sest hooaja alguses teostavad korjet munevad emad ise ja ka hiljem on pere tööliste arv väga väike, seal lihtsalt pole ressursse hukkunute asendamiseks [15].

Fosfororgaaniline diatsinoon, karbamaatne karbarüül ja püretroidne resmetriin vähendavad tööliste eluiga ja korjeaega [39]. Korjeaja vähenemine pärsib kogu pere arengut, sest tipphooajal vajab pere palju õietolmu ja nektarit, et varustada kõiki vastseid toiduga. Toidupuuduse korral väheneb munemine ning pere normaalne areng häirub. Korjetöölise eluea vähenemine toob kaasa järjest nooremate tööliste

korjele värbamise, mistõttu pere kaotab osa sisetöolistest ning jälle väheneb seetõttu juurdekasv. Nooremad korjetöölised ei ole selleks keeruliseks ülesandeks veel aga valmis ning hukuvad oluliselt suurema tõenäosusega. Kõige raskematel juhtudel voolab terve taru niimoodi tarust välja ning hukkub kogu pere.

Püretroidide puhul on täheldatud ka korjetöölise käitumise muutust. Permetriin aeglustas meemesilaste õppimisvõimet kuni kolme päeva jooksul. Oluliselt suureneb aeg, mis kulub enda puhastamisele ja mesilane liigub tarus vähem samal ajal rohkem teiste tähelepanu nõudes [15].

Tsüpermetriinid võivad olla meemesilastele ka repellentsed. See on aluseks nende kasutamiseks õitsvatel kultuurtaimedel. Toiduallikalt eemalepeletamine võib olla nii positiivse kui negatiivse mõjuga. Positiivne on see, et ohtlikul ajal ei satu mesilased põllule ja ei puutu kokku pestitsiidiga (millise nähtuse esinemist saab ka kahtluse alla seada), kuid kui ainsaks potentsiaalseks toiduallikaks ongi seesama kultuurtaim, siis jääb pere nälga [40]. Pestitsiidide mõju hindamisel tuleb arvesse võtta nii üksikisendi kui ka pere taset lisaks tavapärasele suremuse hindamisele laboritingimustes [15]. On märgatud et nad ei lähe meelsasti sellele põllule korjele kui taimi on juba pritsitud püretroidse insektitsiidiga. Kuid sellest hoidumisest on vähe kasu kui nad on juba korjel ja nad otseselt pritsitakse üle või kui tsisternauto paagis on kokku segatud püretroidid ja detoksifitseerivate ensüümide töövõimet pärssivaid fungitsiid, mis tõstavad püretroidi mõju mitmekordseks [41].

Raske on eristada ka puhast repellentsust subletaalsest efektist. Mesilased tunnevad püretroididega kokku puutumisel tugevat ärritust ning püüdes end sellest vabastada kammivad kemikaali käppadelt suiste ja tundlatele. Saanud nii väikse doosi mürki, pöördub ta tarru tagasi paranema ning ei puutu kokku letaalse doosiga [17]. Seega ei põhine pestitsiidi repellentsus mitte mesilaste eemale peletamises, vaid hoopis väikese doosi subletaalses, haigust tekitavas mõjus.

7.2.4. Pesakaaslaste ära tundmine

Pesakaaslaste ära tundmisel mängivad rolli nii iga mesilase enda lõhn kui ka väliskeskkonnast omastatud lõhnad. Inglismaa mesinikud on pannud tähele, et valvurmesilased ei lase tarru siseneda korjetöolistel, kui nad on käinud korjel herbitsiidi või fungitsiidiga töödeldud põllul [17]. Pesakaaslaste vastu suunatud käitumine võis tuleneda sellest, et pestitsiidi lõhn varjutas ära muud äratundmiseks vajalikud lõhnad. Järelikult võib arvata, et peale pestitsiididega kokkupuutumist ilmnevat suurenenud

surnud mesilaste arvu tarude lähikonnas võib seletada lisaks pestitsiidi toksilisusele ka valvurite agressiooniga.

7.2.5. Pestitsiidide mõju füsioloogiale

Püretroidide toksilisus mesilastele on aga sõltuv mitmetest välistingimustest. Mõjudes eelkõige lennulihaatele ja soojatootmisvõimele, võib mesilane lennuvõime kaotada enne kui ta taru jõuab ning sureb omanikule nähtamatult kusagil eemal [15] [17]. Püretroid alfa-tsüpermetriin põhjustab meemesilastel hingamissüsteemi muutusi, mistõttu kaotavad nad hingates oluliselt rohkem vett ning võivad hukkuda veepuuduse tõttu .

KOKKUVÕTE

Intensiivpõllumajandus on kaasa toonud tolmeldavate putukate vähenemise samal ajal kui tolmeldamist vajavate kultuuride kasvupind näitab tõusutendentsi. Mesilaselaadsed putukad on põhjapoolkeral olulisimad tolmeldajad, kuid nende arvukus ja liigirikkus on väga kergesti mõjutatavad nii keskkonna saasteainete kui põllumajanduslike maade struktuuri muutuse tõttu.

Meemesilased ja kimalased on sarnase eluviisiga sotsiaalsed putukad. Hoolimata näilisest sarnasusest on neil palju erisusi, mistõttu nad reageerivad keskkonnamuutustele erinevalt. Pestitsiidide toksilisuse tase ei sõltu ainult putuka keha suurusest, vaid paljudest muudest teguritest nagu näiteks organismi üldine tundlikkus, eluviisi erinevused.

Tolmeldajatel on palju võimalusi pestitsiididega kokku puutumiseks. Üheks probleemiks on arusaam, et kontaktseid pestitsiidid, mis ei põhjusta korjetöölisel häireid, ei mõjuta vastseid, kuna vastsed ei käi põldudel. Samal aja aga unustades, et vastsed tarbivad saastunud toitu. Kui meemesilaste vastseid kaitseb osaliselt see, et neid söödetakse ammede poolt ümber töötatud toiduga, siis kimalasevastsed tarbivad ümber töötamata toortoitu.

Seega on väga raske teha paikapidavaid ja kõiki aspekte hõlmavaid järeldusi pestitsiidide mõjust mesilaselaadsetele. Paljud mõjud ei avaldu lühiajaliste katsete käigus. Pikaajaliste katsete läbiviimine on aga ajamahukas ja kallis. Sellepärast tuntaksegi herbitsiidide ja fungitsiidide mõjusid vähe.

SUMMARY

Pesticides in agriculture: exposure opportunities and impact to pollinators

Intensive agricultural practice has led to the decrease in the abundance of pollinating insects at the same time when the growing area of crops that need pollination is increasing. Bees are the most important pollinating insects at the northern hemisphere, but their abundance and species richness are easily affected by environmental pollutants and the changes in the structure of agricultural landscapes.

Honey bees and bumble bees belong to the group of social insects and have similar behavior. Despite of all similarities their reactions to environmental changes differ largely. The toxicity of pesticides is not depending solely on the body size of the insect, but also on many other factors like the general sensitivity of the organism and differences in lifestyle.

Pollinators have lots of opportunities getting into contact with the pesticides. One of the problems is the understanding that contact pesticides which do not cause problems in foraging adults is not affecting the brood. Still, it is forgotten that the larvae consume the contaminated food. When a honeybee larvae is partially protected due to being fed by the nurse bees who re-elaborate the food, the larvae of bumble bees consume raw pollen with all its' pollutants.

It is very hard to draw valid conclusions of all aspects of the impact of pesticides to bees. Many of the effects can't be examined in short-term experiments. Long-term experiments, however, are time-consuming and expensive. That's why the effects of herbicides and fungicides are purely known.

VIIDATUD ALLIKAD:

- [1] T. D. Breeze, B. E. Vaissière, R. Bommarco, T. Petanidou, N. Seraphides, L. Kozák, J. Scheper, J. C. Biesmeijer, D. Kleijn, S. Gyldenkerne, M. Moretti, A. Holzschuh, I. Steffan-Dewenter, J. C. Stout, M. Pärtel, M. Zobel, S. G. Potts, „Agricultural Policies Exacerbate Honeybee Pollination Service Supply-Demand Mismatches Across Europe,“ PLoS ONE 9(1): e82996. doi:10.1371/journal.pone.0082996, 2014.
- [2] S. G. Potts, S. P. M. Roberts, R. Dean, G. Marris, M. A. Brown, R. Jones, P. Neumann, J. Settele, „Declines of managed honeybees and beekeepers in Europe,“ J. Apicult. Res., vol.49, no. 1, pp. 15–22, 2010.
- [3] C. J. E. Schulp, S. Lautenbach, P. H. Verburg, „Quantifying and mapping ecosystem services: Demand and supply of pollination in the European Union,“ Ecological Indicators, no. 36, pp. 131–141, 2014.
- [4] E. H. Van der Zanden, P. H. Verburg, C. A. Mücher, „Modelling the spatial distribution of linear landscape elements in Europe,“ Ecol. Indic., no. 27, pp. 125–136, 2013.
- [5] J. Devillers, M-H. Pham-Delegue, Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals, London, p. 1, 2002.
- [6] T. D. Breeze, A. P. Bailey, K. G. Balcombe, S. G. Potts, „Pollination services in the UK: How important are honeybees?,“ Agriculture, Ecosystems and Environment, no. 142, pp. 137–143, 2011.
- [7] C. Brittain, N. Williams, C. Kremen, A-M. Klein, „Synergistic effects of non- Apis bees and honey bees for pollination services,“ Proc R Soc B 280:20122767, 2013.
- [8] S. E. McGregor, „Insect Pollination Of Cultivated Crop Plants,“ pp. 1-9, 1976.
- [9] E. R. Jaycox, „Effect on honeybees of nectar from systemic insecticide-treated plants,“ J. Econ. Entomol., no. 57, pp. 31–35, 1964.
- [10] T. D. Seeley, Honeybee ecology, Princeton, Princeton University Press, 1985, p. 201.
- [11] M. Riis, Mesiniku aabits, 2013, pp. 18-19.

- [12] T. D. Seeley, „Adaptive significance of the age polyethism schedule in honeybee colonies,” *Behav. Ecol. Sociobiol.*, no. 11, pp. 287 – 293, 1982.
- [13] E. Karazafiris, U. Menkissoglu - Spiroudi, A. Thrasyvoulou, „New multiresidue method using solid-phase extraction and gas chromatography-micro-electron-capture detection for pesticide residues analysis in royal jelly,” *Oct 31;1209(1-2):17-21*. doi: 10.1016/j.chroma.2008.09.018. Epub 2008.
- [14] M. Uustal, P. Kuldna, K. Peterson, Elurikas linn: linnaelustiku käsiraamat. SA Säästva Eesti Instituudi väljaanne nr 15, p. 82, 2010.
- [15] H. M. Thompson, „Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus* sp.),“ *Apidologie*, no. 32, pp. 305–321, 2001.
- [16] I. Teräs, „Food plants and flower visits of bumblebees (*Bombus*: Hymenoptera, Apidae) in southern Finland,” *Acta Zool. Fennica*, vol. 179, pp. 1–120, 1985.
- [17] H. M. Thompson, „Behavioural effects of pesticides in bees – their potential for risk use in risk assessment,” *Ecotoxicology*, no. 12, pp. 317-330, 2003.
- [18] R. Karise, E. Viik, M. Mänd, „The effect of insecticides on bees’ foraging behavior,” *Agronomy*, 2006.
- [19] „www.ecpa.eu,” European Crop Protection Association, [Võrgumaterjal]. Available: http://www.ecpa.eu/files/attachments/pollinators_013_final_LQ.pdf. [Kasutatud 22. aprill, 2014].
- [20] H. M. Thompson, L. V. Hunt, „Extrapolating from honeybees to bumblebees in pesticide risk assessment,” *Ecotoxicology*, vol.8, pp. 147–166, 1999.
- [21] L.Rooma, Taimekaitseeadmed- ja masinad: ohutusnõuded, Jäneda, Jäneda Õppe- ja Nõuandekeskus, 2000.
- [22] C. H. Krupke, G. J. Hunt, B. D. Eitzer, G. Andino, K. Given, „Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields,” *PLoS ONE* 7(1): e29268. doi:10.1371/journal.pone.0029268, 2012.
- [23] C.J. Barr, R.G.H. Bunce, R.T. Clarke, R.M. Fuller, M.T. Fuse, M.K. Gillespie, G.B. Broom, C.J. Hallam, M. Hornung, D.C. Howard, M.J. Ness, The countryside survey – main report, Department of the Environment, London, 1996.
- [24] CA. Mullin, M. Frazier, JL. Frazier, S. Ashcraft, R. Simonds, „High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health,” *PLoS ONE* 5(3): e9754. doi:10.1371/journal.pone.0009754, 2010.

- [25] I. Diaz-Forero, V. Kuusemets, M. Mänd, A. Liivamägi, T. Kaart, J. Luig, „Influence of local and landscape factors on bumblebees in seminatural meadows: multiple scale study in a forested landscape,“ *Journal of Insect Conservation*, vol, 17, no. 1, pp. 113-125, 2013.
- [26] R. C. Plowright, T. M. Lavery, „The ecology and sociobiology of bumblebees,“ *Annu. Rev. Entomol.* No. 29, pp. 175–199, 1984.
- [27] D. V. Alford, *Bumblebees*, Davis- Poynter Ltd., London, 1975.
- [28] M. Fussell, S. A. Corbet, „Forage for bumblebees and honeybees in farmland,“ a case study, *J. Apic. Res.* No. 30, pp. 87–97, 1991.
- [29] S. A. Corbet, M. Fussell, R. Ake, A. Fraser, C. Gunson, A. Savage, K. Smith, „Temperature and pollinating activity of social bees,“ *Ecol. Entomol.* no. 18, pp. 17–30, 1993.
- [30] A. R. Davis, R. W. Shuel, „Distribution of carbofuran and dimethoate in flowers and their secretion in nectar as related to nectary vascular supply,“ *Can. J. Bot.*, no. 66, pp. 1248–1255, 1988.
- [31] M-P. Chauzat, J-P. Faucon, A-C. Martel, J. Lachaize, N. Cougoule, M. Aubert, „A Survey of Pesticide Residues in Pollen Loads Collected by Honey Bees in France,“ *J. Econ. Entomol.*, no. 99, pp. 253-262, 2006.
- [32] M-P. Chauzat, P. Carpentier, A-C. Martel, S. Bougeard, N. Cougoule, P. Porta, J. Lachaize, F. Madec, M. Aubert, J-P. Faucon, „Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France,“ *POPULATION ECOLOGY, Environ. Entomol.*, no. 38(3), pp. 514-523, 2009.
- [33] Z. Barganska, M. Slebioda, J. Namiesnik, „Pesticide residues levels in honey from apiaries located of Northern Poland,“ *Food Control*, no. 31, 196-201, 2013.
- [34] J. J. M. Van der Steen, „Method development for the determination of the contact LD50 of pesticides to bumblebees (*Bombus terrestris* L.),“ *Apidologie*, no. 25, pp. 463–465, 1994.
- [35] L. De Wael, M. De Greef, O. Van Laere, „Toxicity of pyriproxifen and fenoxycarb to bumblebee brood using a new method for testing insect growth regulators,“ *J. Apic. Res.* No. 34, pp. 3–8, 1995.
- [36] National Research Council, Washington DC, „Neem: A tree for solving global problems,“ National Academy Press, 1992.
- [37] P. R. Whitehorn, S. O'Connor, F. L. Wackers, D. Goulson, „Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production,“ *Science*, (6079):351-2, 2012.

- [38] B. Schricker, WP. Stephen, „The effect of sublethal doses of parathion on honeybee behaviour. I: Oral administration and the community dance,” J. Apic. Res., no. 9, pp. 141–153, 1970.
- [39] K. E. MacKenzie, M. L. Winston, „The effects of sublethal exposure to diazinon, carbaryl and resmethrin on longevity and foraging in *Apis mellifera* L,” Apidologie, no. 20, pp. 29-40, 1989.
- [40] R. Karise, E. Viik, M. Mänd, „Impact of alpha-cypermethrin on honey bees foraging on spring oilseed rape (*Brassica napus*) flowers in field conditions,” Pest Management Science, no. 63, pp. 1085 - 1089, 2007.
- [41] H.M. Thompson, „Interactions between pesticides; a review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment,” Ecotoxicology, no. 5, pp. 59–81, 1996.

LISA 1. Meest leitud pestitsiidijäägid, nende kogused ja proovidest avastamise sagedus

Mürgiklass	Toimeaine	Kogus µg/kg	Mitu protsenti proovidest	Mis maal	Töö autor
Insektitsiid	Asinfoss metüül	21,8	4,4%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Karbarüül	30,8	0,9%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Karbofuraan	16,1	1,3%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Kumafoss	38,0	8,5%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Deltametriin	2,6	0,8%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Imidaklopriid	0,7	29,7%	Prantsusmaa	[27]
		50	11%	Poola	[29]
Insektitsiid	Lindaan	8,5	0,8%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Taufluvalinaat	44,7	0,9%	Prantsusmaa	[27]
Insektitsiid	Bifentriin	10	9%	Poola	[29]
Herbitsiid	Kloridasoon	50	11%	Poola	[29]
Fungitsiid	Dimoksüstrobiin	50	58%	Poola	[29]
Herbitsiid	Fenpüroksimaat	10	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Haloksüfop-R- metüül	50	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Indoksakarb	20	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Metidatioon	20	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Metiokarb	50	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Pirimikarb	50	11%	Poola	[29]
Herbitsiid	Profenofoss	50	71%	Poola	[29]
Herbitsiid	Alakloor	10	11%	Poola	[29]

LISA 2. Õietolmust leitud pestitsiidi jäägid, leitud kogused ning proovidest avastamise sagedus

Mürgiklass	Toimeaine	Kogus µg/kg	Mitu % proovidest	Mis maal	Töö autor
Insektitsiid	Asinfoss metüül	22,0	6,6	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Karbarüül	142,4	13,5	Prantsusmaa	[27]
		218,7	8,3	Prantsusmaa	[28]
		36,7	10,9	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Karbofuraan	32,7	4,4	Prantsusmaa	[27]
		4,1	0,6	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Kumafoss	423,5	5,1	Prantsusmaa	[27]
		13,1	75,1	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Deltametriin	39,0	0,5	Prantsusmaa	[27]
		66,0	3,1	Põhja- Ameerika	
Insektitsiid	Endosulfaan	45,8	7,6	Prantsusmaa	[27]
		81,2	6,1	Prantsusmaa	[28]
		4,2	28	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Fiproniil	1,2	12,4	Prantsusmaa	[27]
		1,3	3,7	Prantsusmaa	[28]
		28,5	0,3	Põhja- Ameerika	[31]

Mürgiklass	Toimeaine	Kogus µg/kg	Mitu % proovidest	Mis maal	Töö autor
Insektitsiid	Imidaklopriid	0,9	57,3	Prantsusmaa	[27]
		1,2	49,4	Prantsusmaa	[28]
		152,0	0,3	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	Lindaan	7,0	1,5	Prantsusmaa	[28]
Insektitsiid	Taufluvalinaat	334,1	3,5	Prantsusmaa	[28]
		487,2	6,1	Prantsusmaa	[28]
		40,2	88,3	Põhja- Ameerika	[31]
Insektitsiid	6-kloroni - kotiinik hape	1,2	44,4	Prantsusmaa	[28]
Fungitsiid	Penkonasool	27,6	10,1	Prantsusmaa	[28]
Fungitsiid	Flusilasool	26,1	5,1	Prantsusmaa	[28]
Insektitsiid	Paratioon- metüül	24,8	4,9	Prantsusmaa	[28]
Fungitsiid	Heksakonasool	18,0	1,3	Prantsusmaa	[28]
		0,2	1,7	Põhja- Ameerika	[31]
Fungitsiid	Müklobutaniil	13,9	2,8	Prantsusmaa	[28]
Fungitsiid	Klorotaloniil	473,5	52,7	Põhja Ameerika	[31]
Herbitsiid	Pendimetalin	7,3	45,7	Põhja Ameerika	[31]
Herbitsiid	Atrasiin	0,4	20,3	Põhja Ameerika	[31]

Mürgiklass	Toimeaine	Kogus µg/kg	Mitu protsenti proovidest	Mis maal	Töö autor
Fungitsiid	Soksüstrobiin	0,6	15,1%	Põhja Ameerika	[31]
Herbitsiid	Trifluraliin	0,1	3,6%	Põhja Ameerika	[31]
Herbitsiid	Pronamiid	71,0	3,1%	Põhja Ameerika	[31]
Fungitsiid	Asoksüstrabiin	10,2	15,1%	Põhja- Ameerika	[31]
Herbitsiid	Metakloor	8,1	14,9%	Põhja- Ameerika	[31]
Fungitsiid	Kaptaan	103,0	12,9%	Põhja- Ameerika	[31]
Fungitsiid	Trifloksüstrobiin	10,3	7,7%	Põhja- Ameerika	[31]
Fungitsiid	Pürimetaniil	8,3	5,4%	Põhja- Ameerika	[31]
Herbitsiid	Norflurasoon	23,5	5,1%	Põhja- Ameerika	[31]
Herbitsiid	Metribusiin	3,3	5,1%	Põhja- Ameerika	[31]
Herbitsiid	Simatsiin	22,0	3,4%	Põhja- Ameerika	[31]
Fungitsiid	Boskaliid	12,0	0,9%	Põhja- Ameerika	[31]