

Kadri Laugen

**KÜÜSLAUGUEKSTRAKTIDE MÕJU MAAKIRPUDE
ARVUKUSELE JA LIIGILISELE KOOSSEISULE**

**GARLIC EXTRACTS INFLUENCE ON FLEA BEETLES DISTRIBUTION
AND ABUNDANCE**

Magistritöö

Aianduse õppekava

Juhendajad: vanemteadur Luule Metspalu, PhD

teadur Angela Ploomi, PhD

dotsent Katrin Jõgar, PhD

Tartu, 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Kadri Laugen		Õppekava: Aianduse magistriõppekava	
Pealkiri: Kүүslauguekstraktide mõju maakirpude arvukusele ja liigilisele koosseisule			
Lehekülgi: 57	Jooniseid: 13	Tabeleid: 0	Lisasid: 0
<p>Osakond: Aianduse osakond</p> <p>Uurimisvaldkond: B390 Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused</p> <p>Juhendaja(d): vanemteadur Luule Metspalu, PhD, teadur Angela Ploomi, PhD, dotsent Katrin Jõgar, PhD</p> <p>Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2017</p>			
<p>Maakirbud on maailmas levinud taimekahjurid. Eestis võib kohata neist kuut liiki, kes kahjustavad peamiselt noores kasvueas ristõielisi taimi. Kahjurite vältimiseks kasutatavad sünteetilised taimekaitsevahendid avaldavad negatiivset mõju ka teistele liikidele ning keskkonnale ja tekitavad kahjurputukate hulgas resistentsust. Botaaniliste insektitsiidide kasutamisega on võimalik vältida neid kõrvalmõjusid.</p> <p>Põldkatsed kүүslauguekstraktide kasutamiseks maakirpude tõrjel viidi läbi 2015. ja 2016. aasta vegetatsiooniperioodil. Ristõielise kultuurtaimena kasutati katses naerisorti 'Goldana'. Katse viidi läbi kolmes variandis kolmes korduses ja töötluslahustena olid kasutusel värsked kүүslauguekstrakti vesilahus, kүүslaugupulbri vesilahus ja kontrollvariandiks puhas vesi. Kleepuvuse tõstmiseks lisati töötluslahustele rohelist seepi. Kahjurputukate pүүidmiseks paigaldati katsepõllule kollased kahepoolsed liimipүүnised. Putukate pүүgiperioodid olid ühe nädala pikkused.</p> <p>Katseaastatel olid arvukamateks pүүitud liikideks <i>Phyllotreta undulata</i>, <i>Ph. atra</i>. Vähemal määral leiti mõlemal aastal ka järgmisi maakirbuliike: <i>Ph. vittata</i>, <i>Ph. nemorum</i>, <i>Ph. nigripes</i>, <i>Ph. armoraciae</i>.</p> <p>Maakirbud on väga ilmastikutundlikud, nende arvukust mõjutab talvitumistemperatuur koos lumeoludega. Liikumis- ja toitumisaktiivsus sõltub samuti temperatuurist, hüppamine ja lendamine madalamatel temperatuuridel kui 10-12 °C ei ole neile mardikatele omane.</p>			
Märksõnad: maakirbud, kүүslauguekstraktid, botaanilised insektitsiidid, taimekaitse			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Kadri Laugen		Specialty: Horticulture	
Title: Garlic extracts influence on Flea Beetles distribution and abundance			
Pages: 57	Figures: 13	Tables: 0	Appendixes: 0
<p>Department: Department of Horticulture</p> <p>Field of research: B390, Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology</p> <p>Supervisors: Senior Researcher Luule Metspalu, PhD, Researcher Angela Ploomi, PhD, Associate Professor Katrin Jõgar, PhD,</p> <p>Place and date: Tartu, 2017</p>			
<p>Flea beetles are widely spread all around the world. There are six different species of flea beetles in Estonia, they attack mostly young developing cultured cruciferous plants. Synthetic insecticides which have been applied to avoid insects, are also toxic to other species and are polluting the environment and the flea beetles have developed resistance. The alternative would be a wider application of botanical insecticides in plant protection. The impact of the garlic extracts on flea beetles were tested during two consecutive years (2015, 2016). Turnip variety 'Goldana' was used as a pilot plant. The test was carried out in three varieties and repeated three times. The varieties were treated with fresh garlic water extract, garlic powder water extract and fresh water as a control. Yellow glue traps were set up on the field to catch the flea beetles and they were changed every seven days.</p> <p>During both testing years and in all testing variants the most abundant species were <i>Phyllotreta undulata</i>, <i>Ph. atra</i>. Other species observed during this study were <i>Ph. vittata</i>, <i>Ph. nemorum</i>, <i>Ph. nigripes</i>, <i>Ph. armoraciae</i>.</p> <p>The dynamics of the abundance of flea beetles is synchronised with the dynamics of temperatures and snow conditions. Movement and nutrition activity depends on temperature, also. The flea beetles are activating their movements and starting to fly from 10-12 degrees.</p>			
Keywords: flea beetles, garlic extracts, botanical insecticides, plant protection			

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	7
1.1. Taimekahjurid ja -kasurid.....	7
1.2. Maakirbud (<i>Phyllotreta</i> spp.) ristõielistel (<i>Brassicaceae</i>) taimedel	8
1.3. Keemiliste taimekaitsepreparaatide toime inimesele, taimele ja keskkonnale	10
1.4. Keemiliste insektitsiidide toime putukatele.....	11
1.5. Looduslikud meetodid kahjurputukate tõrjumiseks	13
1.5.1. Mikroobid kahjuritõrjes	13
1.6. Taimed kahjuritõrjes	15
1.6.1. Seltsilistaimed.....	15
1.6.2. Püüniskultuurid e. taimelõksud	16
1.7. Botaanilised kommertspreparaadid	17
1.8. Taimsed ekstraktid kahjuritõrjes	21
1.8.1. Harilik küüslauk (<i>Allium sativum</i> L.).....	22
2. MATERJAL JA METOODIKA	25
2.1. Hariliku küüslaugu ekstraktid	25
2.2. Katse korraldus.....	25
2.3. Maakirpude määramine	26
2.4. Andmetöötlus ja statistiline analüüs	26
3. TULEMUSED JA ARUTELU	27
3.1. Ilmastik katseaastatel	27
3.2. Maakirpude keskmine arvukus erinevates katsevariantides	28
3.3. Maakirpude arvukuse dünaamika ja seda mõjutavad tegurid	32
3.4. Maakirpude liigiline jaotumus erinevates katsevariantides.....	37
3.5. Hariliku ja musta maakirbu keskmine arvukus erinevates katsevariantides	39
3.6. Hariliku maakirbu arvukuse dünaamika.....	41
3.7. Musta maakirbu arvukuse dünaamika	44
KOKKUVÕTE.....	48
KASUTATUD KIRJANDUS	50
GARLIC EXTRACTS INFLUENCE ON FLEA BEETLES DISTRIBUTION AND ABUNDANCE.....	55

SISSEJUHATUS

Maakirbud on olulised ristõieliste kultuuride kahjurid, kes kahjustavad peamiselt varajases kasvueas taimi. Süstemaatiliselt kuuluvad nad sugukonda *Chrysomelidae*, alamsugukonda *Alticinae* ja perekonda *Phyllotreta* spp. Eestis ilmub maakirpude uus põlvkond suve teises pooles, kes seejärel talvitub ja muutub ohtlikuks kevadel tärvavatele taimedele (Metspalu *et al.* 2014). Teades kahjurite elutsüklit ja eelistusi, saab kasutada mitmesuguseid tõrjemeetodeid. Levinuim kahjurite tõrjumise moodus on keemiliste insektitsiidide kasutamine. Intensiivse kasutamise tagajärjel on paljud putukad, nende hulgas ka maakirbud, muutunud sünteetilistele preparaatidele resistentseteks. See toob kaasa tõrjevahendi koguste pideva suurendamise ning töötuskordade arvu kasvu. Sünteetilised taimekaitsevahendid mõjutavad lisaks ka keskkonda ja inimese tervist ning ei sobi mahekasvatusele. Üheks võimaluseks putukate tõrjumisel on looduslikku päritolu tõrjevahendite kasutamine, mis on ka loodussäästlikum kui keemiline tõrje. Üheks neist võiksid olla taimsed ekstraktid, kuigi need on ebapüsivamad. Nende kiire lagunemine võib tingida küll töötuskordade kasvu, kuid kuna nad on suures enamuses söötmürgid, on kasulikud organismid, saak ja preparaadi kasutaja on paremini kaitstud (Luik *et al.* 1999). Looduslikest tõrjemeetoditest on maakirpude puhul katsetatud mitmeid potentsiaalseid käitumist mõjutavaid võimalusi. Antud uurimuses keskenduti küüslaugupreparaadi võimalikele toimetele.

Küüslauk on tuntud peamiselt tänu tema putukaid peletavale omadusele. Küüslaugu kahjureid tõrjuv mõju on seotud väävlit sisaldava alliini ja tema laguproduktide toimega (Raal 2010), mis on samuti tuntud kui taime looduslik kaitsemehhanism mikroorganismide vastu vigastuse korral (Vabar 2007).

Uurimistöö eesmärgiks on:

- hinnata küüslauguekstraktide toimet maakirpude arvukusele ja liigilisele koosseisule naeril.

Uurimistöö eesmärgi täitmiseks selgitati välja maakirpude liigiline koosseis, arvukus ja selle varieeruvus naeril uurimisperioodi vältel kahel katseaastal erinevate küüslauguekstraktidega töödeldud variantidel.

Uurimistöö hüpotees on:

- maakirpude arvukus väheneb küüslauguekstraktide kasutamise tulemusena, muutusi võib toimuda ka liigilises koosseisus.

Uurimustöö viidi läbi projektide ETF9449 ja IUT 36-2 toetusel. Suur tänu juhendajatele vanemteadur Luule Metspalule, teadur Angela Ploomile ja dotsent Katrin Jõgarile.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Taimekahjurid ja -kasurid

Looduslik kooslus koosneb paljudest erinevatest organismidest: putukad, taimed, seened, bakterid jne. Koos toimides moodustavad nad tervikliku süsteemi, mis on tasakaalus ja kus igalühel on täita oma roll. Kui teatud tingimuses võib terviksüsteemi mõni osa kasvada arvukamaks ja tekitada taimedele olulisi kahjustusi või hukku, siis nimetatakse tekitajat taimehaiguseks või -kahjuriks (Luik 2012).

Makroorganismide hulgas on taimtoidulisi putukaliike rohkem kui veerand, neid nimetatakse herbivoorideks ehk fütofaagideks. Edasine jagunemine toimub kohastumisastme alusel: monofaagid toituvad ühe taimeperekonna liikidel; oligofaagid eelistavad liike ühest sugukonnast ja polüfaagid ei eelista kindlat sugukonda, ega perekonda (Luik 2012).

Putuka käitumine sõltub peremeestaimede keemilistest ja füüsilistest iseärasustest. Näiteks on sekundaarsed metaboliidid taimedele vajalikud signaal- ja kaitseained. Ristõieliste taimede on selleks lõhn mis tekib glükosinolaatide lagunemisel. Teisest ainevahetussaaduste eritumine taimede kahjustamise puhul suureneb ning see võib pärssida, aga ka ergutada kahjustajate aktiivsust ja arengut. Sellised signaalained võivad toimida ka röövtoiduliste lüljalgsete ja tolmeldajate ligimeelitajana. Tähtsuselt teisel kohal pärast haistmismeelte on putukate nägemismeeled ning seal mängib tähtsat osa taime värvus ja kuju (Luik 1997).

Röövtoidulised putukad ja parasitoidid on tuntud kahjurite arvukuse reguleerijad. Nende jaoks on meelitavateks taimedeks eelkõige sarikaliste sugukonda kuuluvad liigid (Luik 2012).

Kahjurite arvukuse kõikumine levikukoldes kahjurputukate üheaastase põlvkonna puhul on tavapäraselt 4–10 aastat (Kuusksalu *et al.* 1982).

1.2. Maakirbud (*Phyllotreta* spp.) ristõielistel (*Brassicaceae*) taimedel

Ristõieliste sugukonda kuulub 41 perekonda, nende hulgas ka mitmed põllumajanduslikult tähtsad kultuurtaimed, nagu kapsas, raps jne. Arusaadavalt on nii laiale söögivalikule spetsialiseerunud mitmeid putukaliike. Teatud maakirbu liigid toituvad Eestis just ristõielistest taimedest.

Maakirbud on väikesed haukamissuistega putukad. Valmikud on 2-3 mm pikkused hüppavad mardikad, munad on kollakasvalged ja piklikud, vastsed aga määrdunudvalged tõugud (Kuusksalu *et al.* 1982).

Maakirpude liike on maailmas teada rohkem, kui 4000. Eestis esineb ristõielistel taimedel enamasti kuus erinevat maakirbu liiki. Kõige enam on leitud harilikku maakirpu (*Phyllotreta undulata* Kutsch.). Teised Eestis levinud maakirbuliigid on kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata* F.), must maakirp (*Ph. atra* F.), suur maakirp (*Ph. nemorum* L.), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes* F.) ja mädarõika maakirp (*Ph. armoraciae*). (Metspalu, Hiisaar 2002) Maailmas avastatakse pidevalt ka uusi maakirbulisi, näiteks Türgis kirjeldati hiljuti kaht uut liiki: 2014. aastal *Ph. bilgeae* sp. nov (Özdikmen, Sahin 2017) ja 2015. aastal *Ph. aygulae* sp. nov (Özdikmen *et al.* 2017). Läti maakirpude liigilisele arvukusele (13 liiki) lisandus samuti 2009. aastal uus liik *Ph. astrachanica* Lopatin, 1977 ning see on seni ka tema esmasleid Balti riikides (Bukejs 2011).

Eestis on maakirpude arvukuse uuringud näidanud aastate lõikes varieeruvust, neid mõjutab talvine ja kevadine temperatuur, samuti eelviljad ja põlluäärsed taimed (Muljar *et al.* 2007).

Taimejäänuste all talvitunud valmikud ilmuvad välja kui temperatuur tõuseb 10-12 °C piiresse, esmalt toituvad nad looduslikel ristõielistel taimedel ning seejärel liiguvad kultuurtaimedele (Kuusksalu *et al.* 1982). Arvukamalt ilmub maakirpe siis, kui pärast pikemaltkestnud jahedat perioodi tulevad kuivad ja soojad ilmad (Pallum 2007). Samuti on neid rohkem rasketel ning kiiresti paakuvatel muldadel, seetõttu aitab arvukust vähendada ka mulla kobestamine, multšimine ja kastmine (Veser 2013). Mai lõpus muneb enamus meil esinevatest maakirbuliikide emastest mardikatest munad mullale, taime juurte lähedusse, erandiks on suur maakirp, kes muneb lehtedele. Vastsed toituvad taime juurtest, suur maakirp lehtedest ning pärast vastsestaadiumi läbimist siirduvad mulda

nukkuma. Juuli lõpus kooruvad noormardikad, kes läbivad talvitumiseelse küpsussööma ristõielistel taimedel ning lähevad enamasti septembrikuus talvituma (Metspalu, Hiiesaar 2002).

Maakirpude toidutaimede leidmisel ning toitumisel ristõielistel taimedel on tähtis taimelõhn, mis koosneb põhikomponentidest ja liigile omastest spetsiifilistest lõhnadest. Selline signaal on üldjuhul putuka jaoks kas meelitav, peletav või neutraalne (Metspalu *et al.* 2016). Ristõieliste taimede koostisse kuuluvad orgaanilised ühendid – glükosinolaadid, mis kahjurite söömise tagajärjel ja ensüümi toimel muutuvad isotiotsüanaatideks (Luik 1997), mida peetaksegi neile taimeliikidele spetsialiseerunud maakirpude peamisteks mõjuriteks.

Mardikate poolt tekitatav kahju seisneb eelkõige lehe rikkumises näritud lohkudega, väga noori taimi kahjustades võivad need hävida (Kuusksalu *et al.* 1982), 4-5 pärislehega taim tavaliselt taastub maakirbu ründest, kuid kasv ja saak on pärsitud (Metspalu *et al.* 2016). Tõukude kahjustused on vähemärgatavad. Maakirpude tõrjes soovitatakse taimejätmed ja umbrohud korralikult hävitada ning ristõieliste kaitseks kasutada katteloori, samuti on kirjanduses välja toodud kasu puutuha puistamisest peenravahedesse (Koha 2013).

Nagu juba märgitud, on meil maakirpudel üks põlvkond aastas, suvel ilmuvad talvituma minevad maakirbud ei põhjusta meie kapsakultuuridele olulist kahju (Metspalu *et al.* 2014). Seega on tema arengutsükkel sätitud nii, et üks põlvkond esineb kahel aastal. Väga oluline on maakirpude puhul ka see, et nad on mitme taimehaiguse edasikandjaks (Dillard *et al.* 1998). Liigiline koosseis ning liikide osakaalud varieeruvad maadel ja mandritel. Näiteks on Põhja-Ameerikas kahjuriteks hoopis teised liigid, kui Euroopas. Seal on valdavaks liigiks *Ph. criuciferae* (Goeze) (Dostall, Mason 2010), keda Eestis ei esine. Kesk- ja Lõuna-Euroopas on enim kurmtriibulist maakirpu (Trdan *et al.* 2005), keda meil esineb mõõdukalt.

Kaasajal tõrjutakse maakirpe külvates peamiselt puhitud ristõieliste seemneid või siis pritsitakse keemiliste preparaatidega tõusmeid ja noori taimi. Kuna sellised keemilised preparaadid on vähepüsivad, on maakirpude taasasustus põllul kiire ning ka korduvpritsimistest ei pruugi tõrjes olla kasu (Hiiesaar *et al.* 2006). Nagu juba varem märgitud, põhjustavad keemilised tõrjevahendid maakirpudel toimeainete suhtes resistentsuse tekkimist (Metspalu *et al.* 2016).

1.3. Keemiliste taimekaitsepreparaatide toime inimesele, taimetele ja keskkonnale

Keemilised taimekaitsevahendid püsivad biosfääris pikka aega, seetõttu tekib kahjulike ainete kuhjumine. Kuigi keemiliste preparaate kasutamine toimub ohutute piirnormidega kooskõlas, tekib toksiliste ühendite liig mitme kasutuskorra või objekti peale kokku. Mürgiseid ühendeid kandub edasi ka koos tuule ning veega ja toiduahela kaudu kuhjub ka imetajate organismi teadmata kogus taimekaitsevahendite jääke.

Süntetilisi taimekaitsevahendeid kasutati Eestis 2006-2014. aastatel keskmiselt 0,86 kg/ha (Taimekaitsevahendite säästva ... 2016).

Pestitsiidijääke tuvastatakse ka poes müüdavas toidus. Nii näiteks 2008-2011. aastal Eestis läbiviidud taimekaitsevahendite seiretega tuvastati 35-53 % toidukaubast vähemalt ühte taimekaitsevahendi jääki (Matt *et al. s.a.*).

Süntetiliste pestitsiididena on peamiselt tuntud kloororgaanilised ja fosfororgaanilised ühendid, karbamaadid ning püretroidid. Intensiivse taimekaitsevahendite kasutamise tulemuseks on akuutne ja krooniline mürgistus põllutöölistel ning tarbijatel; kalade, lindude ja muu eluslooduse hävitamine; vahelesegamine loomulikele bioloogilistele mehhanismidele ja tolmlamisele ja laiaulatuslik põhjavee reostamine (El-Wakeil 2013).

Keskkonnale tekitatud negatiivse mõju poolest on tuntud kloororgaanilised taimekaitsevahendid, mille kasutamine Eestis kehtivate seadusaktide järgi ei ole enam lubatud. Veel eelmisel sajandil olid kloororgaanilised preparaadid laialt levinud ning nende kuhjumise tõttu pinnasesse püsib veel praegugi oht organismi saastumiseks orgaaniliste saasteainetega liha, kala ja piimasaaduste söömisel (Hillep 2010). Karise kaastöötajatega (2016) on täheldanud rasvlahustuvate pestitsiidide akumulierumist mesilasvahasse. Süntetiliste akaritsiidide toimeaineid on leitud vahaproovidest ning kirjanduses on andmeid mesilaste valmikute ja vastsete füsioloogiliste ja käitumuslike kõrvalekallete kohta.

Kasutades insektitsiidseid preparaate peab arvesse võtma ka fütotoksilisuse võimalust, tunnused avalduvad teisel või kolmandal pritsimisjärgsel päeval. Taimekaitsevahendite suhtes tundlikumad on kasvuhoones ja kunstliku valgusega kasvanud taimed (Kuusik *et al.* 1995).

Euroopa Liidus on sünteetiliste taimekaitsevahendite kasutamise piiramine muutunud järjest aktuaalsemaks. Mõnes riigis on juba kehtestatud rangemaid piiranguid. Näiteks Prantsusmaal keelustati alates 2017. aastast taimekaitsevahendite kasutamine avalikes metsades, parkides ja aedades, eraaedades hakkab see nõue kehtima 2019. aastast (Maheklubi 2017).

Enamik pestitsiididest on laiatoimelised, ei toimi selektiivselt ja hävitavad koos kahjulike putukatega ka kasulikud. Erinevatest uuringutest nähtub, et mahepõllunduse põhimõtteid järgides on bioloogilise mitmekesisuse tase keskkonnas kõrgem, kui tavapõllumajanduse tingimustes. Mitmed uurijad (Tooming *et al.* 2016; Ploomi *et al.* 2016) on uurinud pestitsiidide toimet jooksiklastele ja täheldanud isegi nõrkade dooside puhul kõrvalekaldeid mardikate põhikäitumises ja arvukuses. Kõik need negatiivsed faktorid on suurendanud huvi loodussõbralike tõrjemeetodite kasutamise vastu.

1.4. Keemiliste insektitsiidide toime putukatele

Looduses on toiduahela kaudu ühendatud kõik organismid ja ühe lüli ebaloomulikult kiire juurdekasv kutsub esile muutused ka järgnevas ahelaosas. Näiteks taimtoiduliste putukate ilmumisel saavad sellest kasu röövtoidulised putukad ja taimeski toimuvad keemilised muutused. Sealjuures on lüljalgsete osakaal maailmas võrreldes teiste loomariigi hõimkondadega suurim, sinna kuulub enam kui 80 % loomaliikidest. Kultuurtaimede kaitseks rohkelt kasutatavad keemilised taimekaitsevahendid mõjutavad seega oluliselt loomariiki ja läbi toiduahela loodust tervikuna.

Keemilise insektitsiidi kasutamisel arvestatakse tõrjevajadust, mille määramiseks kasutatakse tõrjekriteeriumeid ja teostatakse põllul vaatlusi (Metspalu, Hiiesaar 2002).

Keemiliste taimekaitsepreparaatide kasutamine hävitab putukapopulatsioonis tundlikumad isendid ning alles jäävad mürki taluvad kahjurid, kes paljunedes suurendavad mürgiresistentsete putukate arvukust (Metspalu, Hiiesaar 2002). Mürgikindlusega kahjurputukad omavad resistentsusgeeni, selle toimel aktiveeruvad või tekivad mürki lagundavad ensüümid (Metspalu, Hiiesaar 1994).

Toimemehhanismide järgi võib putukamürgid jagada: a) atsetüülkoliinesteraasi inhibiitorid e putuka surm saabub ensüümi pidurdumise tagajärjel; b) atsetüülkoliini

retseptorit blokeerivad ja sünapseelselt toimivad insektitsiidid; c) närviku e neuriidi mürgid (Kuusik *et al.* 1995).

Putukate tõrjeks kasutatavad sünteetilised insektitsiidid mõjuvad enamasti närvimürgina (Kuusik *et al.* 1995), toimides organismis atsetüülkoliinesteraasi inhibiitorina, seetõttu neurotransmitter atsetüülkoliini hulk suureneb põhjustades lihaste paralüüsi, spasme ja surma. Juvenoidide kasutamine kutsub putukatel esile arengulisi letaalseid muutusi (Kuusik *et al.* 1995).

Kaasajal on sünteetiliste putukamürkide tootjad suundumas selektiivsete insektitsiidide tootmise poole. Uuemad insektitsiidide klassid on: neonikotinoidid, avermektiinid, fenüülpürasoolid, spinosüünid, pürroolid, oksadiasiinid ja mitmed putuka kasvuregulaatorid. Enamus neist on küll närvimürgid, aga imetajate jaoks ei ole nad nii ohtlikud, kuna preparaat mõjub peamiselt putukate retseptoritele. Ülejäänud insektitsiidid mõjutavad näiteks kestumisprotsessi, moonet ja putuka endokrinoloogilist süsteemi või tekitavad toitumishäireid (Horowitz, Ishaaya 2004).

Kahjuri resistentsus saab alguse tundlikkuse langemisest pestitsiidi toimeaine suhtes. Tundlikkuse langedes suurendatakse kõigepealt kasutatava taimekaitsevahendi kogust. Kui tundlikkus mõne konkreetse toimeaine suhtes on langenud väga madalale tasemele, on tegemist resistentsusega selle aine suhtes (Põllumajandus 2015).

Põldudel laialdaselt kasutatavad püretroidid ja neonikotinoidid on ohuks ka kasulikele parasitoididele, tolmeldajatele ja röövlüljalgsetele. Insektitsiidide toimet jooksiklastele uurinud Tooming jt. (2016) leidsid, et isegi nõrk doos avaldab mõju putuka liikumisele, käitumuslikule termoregulatsioonile ning toidu tarbimisele.

Sünteetilised kemikaalid on ohtlikud, kuna paljud neist ei oma selektiivset toimet ja mõjutavad kõiki putukaid ning võimalusel tuleks elurikkuse säilimise nimel alati eelistada peletavat preparaati hävitavale.

1.5. Looduslikud meetodid kahjurputukate tõrjumiseks

1.5.1. Mikroobid kahjuritõrjes

Ehkki sünteetilistel pestitsiididel on tähtis koht toidu tootmises, sisaldavad nad suuri riske. Mitmedki alternatiivsed vahendid võivad anda tunduvalt väiksema riskiga samu tulemusi. Kahjuritõrjes on kasutatud suuremal või vähemal määral viiruseid, baktereid, seeni, ainurakseid ja nematoode või siis ka nende poolt toodetavaid toksine. Nende baasil saadud insektitsiide nimetatakse mikroobseteks insektitsiidideks, ka mikrobioloogilise tõrje vahenditeks.

Enamus neist preparaatidest ei ole mürgised ümbritsevale keskkonnale ja ka inimesele. Müügil on pritsimisvedelikud, pulbrid, graanulid jne. Samas on teada tõsiasi, et paljud mikroobsed preparaadid ei leia kasutamist põllumajanduses, sest seal peetakse oluliseks kiirelt toimivaid laia toimespektriga mürgkemikaale. Samuti on ka looduslike mikroorganismide tüvede leidmine, uurimine, selekteerimine taandumas insenergeneetika ees. Seda eriti bakterite ja viiruste valdkonnas. Mikroobsete pestitsiidide osa kahjuritõrjes on praegu küllalt tagasihoidlik. See arvatakse olevat ligikaudu 1% üldisest pestitsiidide hulgast. Baktereid, seeni, nematoode, ainurakseid ja viiruseid esineb ka putukate looduslikes populatsioonides, kus nad on tähtsad arvukuse piirajatena.

Esimene mikroobne kommertspreparaat Sporiene, valmistati 1938 a. Prantsusmaal mullabakteri *Bacillus thuringiensis* baasil ning paarkümmend aastat tagasi toodeti maailmas ligikaudu 10000 tonni sama bakteri baasil valmistatud insektitsiide. Bakter sünteesib sporulatsiooni ajal protoksiin parasporaalkristalli, mis koosneb valgust ja süsivesikutest (Luca *et al.* 2013). Kahjurputuka seedekulglas aktiveeritakse protoksiin seedeproteaasi toimel ja tekkinud toksiin põhjustab putuka seedepiteeli rakkude lagunemise, mille tagajärjel rakk sureb. Putukate seedeensüüm on spetsiifiline ega esine inimestel ja loomadel, seetõttu ei ole ka bakter selle proteaasi puudumisel neile mürgine. Peale selle moodustavad selle bakteri alamliigid igäüks erineva toksiooni, mille mõju on liigspetsiifiline (Kurg 1996). Näiteks ristõielistel kultuuridel kasutatakse pritsimislahust taimlehte söövate röövikute puhul, kellele spoorid põhjustavad letaalse mürgistuse (Buczacki, Harris 2010).

Viirused on väga liigispetsiifilised, mistõttu neid on kahjuritõrjes kasutatud vägagi tagasihoidlikult. Nende kasutuselevõttu raskendab asjaolu, et neid saab kasvatada vaid elusorganismis, mistõttu preparaatide saamine on töömahukas ja kallis. Suure liigispetsiifilisuse tõttu on viiruste baasil saadud insektitsiidide turg piiratud. Nimetatud põhjused ja lisaks veel tõsiasi, et mõned viiruseinsektitsiidid on märgatavalt vähem efektiivsed kui sünteetilised preparaadid, piirab nende tootmist ja arendamist. Kommertspreparaatide valmistamiseks on uuritud mitmeid putukaviiruseid. Enamus neist on spetsialiseerunud teatud kindlale liigile või grupile. Praegu kasutatakse viiruseid rohkem metsakahjurite tõrjeks, kuna nad saavad seal rahulikult areneda ning kanduda edasi järgnevatele putukapõlvkondadele (Arthurs *et al.* 2004). Metsas on viirused suurel määral kaitstud ka päikesekiirte hävitava mõju eest. Metsakahjurite tõrjeks saadavate viiruste peremeesputukas on männivaablane. Ka kapsaöölasel on kasvatatud viiruseid.

Küllalt levinud mikroobsed taimekaitsevahendid on seente baasil saadud preparaadid. Seenpreparaadid on küllalt kapriissed, nad vajavad arenguks kindlaid temperatuure ja õhuniiskust. Peamiselt kasutatakse neid katmikaladel, sest seal on nende arenguks stabiilselt kõrge temperatuur ning suhteliselt kõrge õhuniiskus. Näiteks enamlevinud seen, mida kasutatakse kahjuritõrjes on valge muskardiin, *Beauveria bassiana*. Tema laiemat kasutuselevõttu takistab suur sõltuvus temperatuurist ja niiskusest (Sarwar 2015). Seenpreparaadid on valdavalt puutemürgid, mis hakkavad idanema putuka kehakatetel ning tungivad sellest läbi, mingil määral toimivad nad ka söötmürgina. Seeni on kasutatud paljude liblikaliste tõrjumiseks. Meil on looduses levinud entomopatoogeenne seen *Zoopthera radicans*, mis võib näiteks suur-kapsaliblika kolooniates põhjustada epideemiaid (Metspalu *et al.* 2003).

Mikroorganismide kasutamine taimekaitses võiks olla tulevikus tõhus abivahend kahjurite vastu võitlemisel, kuid võrd lisaks insektitsiidsele toimele võib sellest abi olla ka kasvustimulaatorina.

1.6. Taimed kahjurite tõrjes

1.6.1. Seltsilistaimed

Looduslike tõrjemeetodite valikul pööratakse suurt tähelepanu ennetustööle. Taim ja taimekooslus valmistatakse ette olemaks terve ja tugev nii, et sekkumisvajadust ei tekiks. Kui probleemid tekivad, siis on eesmärgiks toetada taimede kasvu ja arengut ning vältida haigusi ja kahjureid. Üheks loodushoidliku kahjuritõrje strateegiaks on see, kui ühel ja samal väljal vaheldatakse kultuure ruumiliselt (segaviljelus, ribakülvid), kujundades kirju taimeliikide koosluse, kus taimed üksteist täiendavad ja kaitsevad. Tõrje printsiip seisneb siin selles, et kasvatades koos põhitaimega selliseid taimi, mille lõhnad ja värvid maskeerivad kaitset vajava taime lõhna ning tavavärve, häiritakse ja isegi katkestatakse kahjuril otsimiskäitumine või peletatakse ta eemale. Kirjus koosluses ei leia kahjur sobivat taime üles, sest värvide ja lõhnade kombinatsioon on tema jaoks vale (Hook, Johnson 2003). Seega on sellise tõrje põhimõtteks manipuleerimine kahjurputuka käitumisega, mille aluseks on nägemis-, haistmis- ning kompimismeeled. Taimelõhna tajumine võib olla erinev, sõltudes ilmastikust, erineva füsioloogilise seisundiga taime lenduvate ainete hulgast, kasvutihedusest ja muust (Luik 1997). Üheks olulisemaks teguriks taime valikul on tema keemiline koostis. Samas pole see ainuke mõjur, vaid taime valik baseerub kompleksil, kus osalevad nii taime keemilised kui ka füüsilised omadused ning need on tihedalt seotud keskkonnatingimustega (Soroka, Elliot 2011). Näiteks ristõielistele taimedele spetsialiseerunud maakirpe meelitavad ligi glükosinolaatide laguproduktid (isotiotsüanaadid, nitrilid) (Hopkins *et al.* 2009), kuid ka taimede roheline värvus kombinatsioonis mulla tumeda värvusega. Kui nüüd ristõielistega koos kasvatatakse mõnda teist taimeliiki, võib see saada maakirpude valikutes saatuslikuks. Näiteks võib ristõielisi kultuure kasvatada koos sibulate või küüslaukudega (Luik 2012). Nende lõhn maskeerib kapsa lõhna ning kahjurid ei leia sellises koosluses peremeestaime üles. Kui aga kapsaste kasvatamisel kasutada elusmultše (valge ristik), siis tavapäratu värvide vahekord ei võimalda kapsale kontsentreeruda (Luik 1997).

Peremeestaime atraktiivsus võib suures ulatuses varieeruda, olenedes taimeliigist, sordist, kasvufaasist ja kasvatustingimustest. Samuti võivad sama perekonna erinevad kahjuriliigid eelistada hoopiski erinevaid taimeliike (Ulmer, Dossall 2006). Sellised

erinevused võivad olla tingitud sellest, et taime- ja kahjuri fenoloogia ei lange kokku (Valantin-Morrison *et al.* 2006), taimede keemilises koostises võib olla erinevusi (Björkman *et al.* 2011) ning nii taimi kui ka kahjureid mõjutavad mikrokliimaatilised erinevused (Metspalu *et al.* 2014).

Seltsilistaimede kasutamine taimekasvatases võib olla tulutoov ettevõtmine eeldusel, et taimede eritatavad ja erinevatele putukarühmadele mõjuvad keemilised ühendid on teada. Õigel kombineerimisel väheneb ka taimekaitsevahendite kasutamise vajadus.

1.6.2. Püüniskultuurid e. taimelõksud

Sellised püünised töötavad tänu sellele, et peaaegu kõigil putukaliikidel on kindlad eelistused taimeliikidele, sortidele või taime erinevatele arengufaasidele. Seega toimib meetod putukate nägemis-, haistmis- ja kompimismeeltele põhineval taimede valikul. Niisiis seisneb selle meetodi kasu selles, et meelistaimedega püütakse kinni ning hoitakse paigal saabuval kahjuril ning sellega kaitstakse naabruses asuvat väärtuslikku põhikultuuri. Reegel on selline: lõksutaim peab olema põhitaimest sedavõrd atraktiivsem, et kaitstavalt kultuurilt lahkunud kahjur enam tagasi ei pöördu või siis põllu suunas liikuvad kahjurid jäävad püünistaimedele pidama seniks, kuni põhikultuuril saab mööda kahjurile meeldiv arengufaas (Metspalu 2017).

Kuna putukail on eelistused taime sortide ja liikide hulgas, siis näiteks ääristades neile meelepäraste taimedega põlluservi, muudetakse need taimed kultuurtaime asemel kahjuritele meelitavaks peatuspaigaks. Selliseid taimi võib kasvatada ka saarekeste või ribadena põhikultuuri sees (Metspalu 2017). Maakirpude puhul näiteks on kapsa kõrval nende poolt eelistatav põldsinep. Teisest küljest on põldsinep ka kapsaliblika juuluka meelitaja, aidates valmikutel pikemalt elada ja munemisaktiivsust suurendada. (Luik *et al.* 2008). Kõige olulisem on taimelõksude kasutamisel eemaldada õigeaegselt kahjurid sellistelt atraktiivsematelt e. püünistaimedelt ja vältida sellega nende üleminekut kaitstavale kultuurile.

Püünistaimede kasutamisel on uurijad täheldanud ka mitme meelitaja koostoime olulisust kasvatatavale kultuurile, kuivõrd erinevas kasvustaadiumis taimede atraktiivsus kahjuri jaoks on muutuv. Näiteks kasvatati Sloveenias kaitseks mitmete maakirbuliikide eest koos kapsaga aedrõigast, valget sinepit ja rapsi. Aedrõika kahjustused olid selles katses kõige ulatuslikumad, ülejäänud kaks püüniskultuuriks kasutatud taime said maakirpude söögiks mingil kindlal ajavahemikul katseperioodi jooksul (Bohinc, Trdan 2013).

Kahjurite püünistaimede uuringuid on läbi viidud ka Maaülikoolis, kus valge peakapsa kaitsmiseks maakirpude rünnakute vastu katsetati püünistaimedena kaalika, punase kapsa, hiina lehtkapsa paktsoi, naeri ja nuikapsaga. Parim sobivus meelitavaks taimeks oli naeril ja hiina lehtkapsal, seejärel kaalikal (Kiis 2016). Maakirpude meelistaimi selgitati ka erinevatel õlikultuuridel, kusjuures kõige atraktiivsemaks osutus põld-võõrkapsas (*Eruca sativa*) (Metspalu *et al.* 2014).

Taimi erineval viisil kokku sobitades võime soodustada või pärssida nende kasvu ja meelitada või peletada putukaid. Metspalu kaastöötajatega (1999) uuris valge peakapsa kaitsmise võimalusi kapsakahjurite rünnete vastu, kusjuures katses oli 5 erinevat taimeliiki: kirju salvei (*Salvia horminum*), jaanikakar (*Chrysanthemum carinatum*), tagetes (*Tagetes patula*), sibul (*Allium cepa*) ja saialill (*Calendula officinalis*), millest igapähele neist avaldusid, sõltuvalt kahjuriliigist, nii atraktiivsed, kui peletavad omadused. Seega tuleb iga taim-putukas kooslus hästi läbi mõelda ja universaalset lahendust ei ole.

1.7. Botaanilised kommertspreparaadid

Ühelt poolt piiratakse Euroopa Liidu määrustega ohtlike ainete kasutamist ka taimekaitses, teisest küljest võivad õiguslikud regulatsioonid muuta keerukamaks uute botaaniliste taimekaitsevahendite turule pääsemise. Keskkonnale ja inimesele ohutumaid taimekaitsevahendeid, mis ka kaubanduslikult edu on saavutanud, valmistatakse vaid paarist taimest.

Looduslikest tõrjevahenditest on taimekaitses väga levinud india neemipuust (*Azadirachta Indica* A. Juss) valmistatud kommertspreparaatide kasutamine. Neemipuu kuulub

botaaniliselt meelialiste (*Meliaceae*) sugukonda, ta on igihaljas mussoonmetsades kasvav puu (Raal 2010). Neemipuu viljad ja koor, mis sisaldavad alkaloide ja lehed sisaldades limonoide, flavonoide, kumariini, alkaloide ja steroide, toimivad putukamürgina (Raal 2010). Neemi (taimes sisalduvate toimeainete kompleksne nimetus) baasil valmistatud preparaate kasutatakse laialdaselt paljudes riikides ja üks neist (Neem Azal-T/S) on registreeritud kasutamiseks ka Eestis. See preparaat on kasutusel nii tava- kui mahepõllumajanduses, kuna sisaldab erilisi insektitsiidseid toimeaineid (Metspalu *et al.* 2014). Üht peamistest toimeainetest – azadirahhtiini, leidub kõige enam neemipuu seemnetes. See koosneb paljudest isomeersetest triterpenoididest, tema mõju on ka sama sugukonna liikidele erinev (Hiiesaar *et al.* 1999). Just isomeeride paljususe tõttu pole senini õnnestunud saada azadirahhtiini sünteetilisi analooge. Peale selle sisaldab neem veel nimbiini, deatsetüülsalanniini, salanniini ja nende derivaate – kõigil neil on insektitsiidseid, toitumist ja munemist pärssivaid ja repellentseid omadusi (Benelli 2015). Üldiselt toimivad neemiekstraktid paremini putukate noorjärkudele, sest azadirahhtiin rikub nende hormonaalsüsteemi ning sellised putukad pole võimelised kestuma järgmisesse arengujärku (Dwivedi 2008).

Teine olulisem taim, mille baasil valmistatakse biopreparaate on dalmaatsia püreeter (*Chrysanthemum cinerariifolium* Trevir.). Siinjuures nimetatakse peenestatud õitest saadud pulbrit püreeteriks. See koosneb kuuest erinevast insektitsiidse omadusega aineist e. püetriinist. Dalmaatsia püreeteris sisalduvad püetriin ja tsineriin toimivad kontaktmürgina halvates närvisüsteemi ning lisaks mõjutades kahjurite kaaliumikanalit närvimürgina (Raal 2010). Püetriinid mõjuvad lendavatele putukatele halvavalt ning tekitavad hüperaktiivsust ja krampe enamikule putukatest (El-Wakeil 2013). Püetriinid on väga valgustundlikud, mis ongi nende kasutamise põhilised piirajad (Pavela 2016). Toimeaine kiire lagunemise tõttu on taim pritsimisele järgneval päeval toiduks kõlbulik, teatav toksiline mõju püsib aga mesilaste ja kalade jaoks (Buczacki, Harris 2010). Püetriini sisaldavad putukamürgid mõjuvad putukatele väga kiiresti, kuid mõne liigi puhul tekib ka kiire toibumine pärast kangestumist (El-Wakeil 2013). Püetrist saadud sünteetilised analoogid, püetroidid (Raal 2010) on praegu kasutusel pulbri, aerosooli või vedelikuna näiteks lehetäide, karilaste, tirtide, ripslaste, mardikate, röövikute ja paljude teiste kahjurite tõrjeks (Buczacki, Harris 2010).

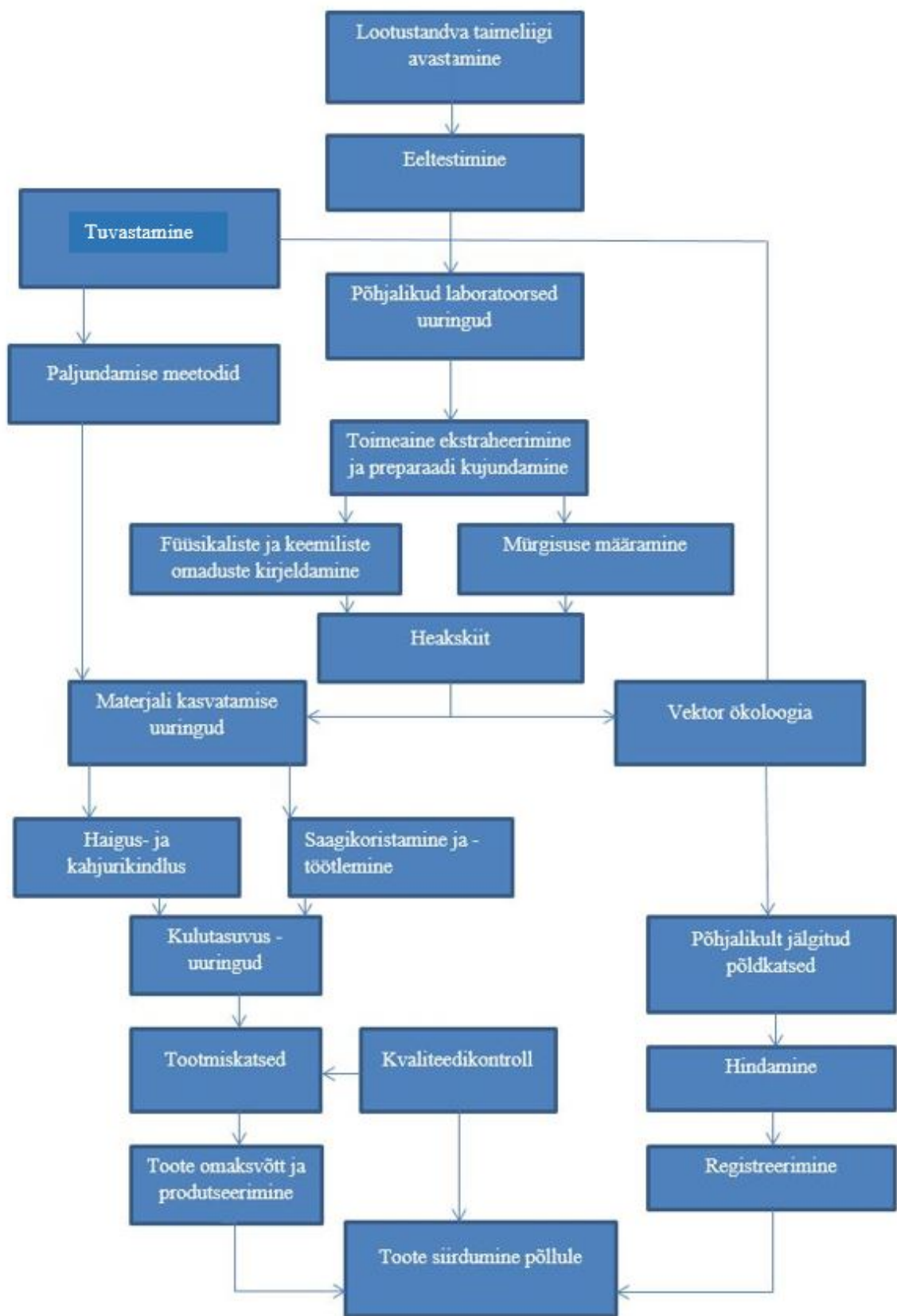
Suure grupi tööstuslikest botaanilistest insektitsiididest moodustavad eeterlike õlide baasil saadud produktid. Neid kasutatakse enamasti laokahjurite peletamiseks ning hävitamiseks (Rattan 2010), kuid tarvitatakse ka mitmete teiste putukate peletamiseks. Näiteks erinevate taimeliikide (rosmariin, kaneel, sidrunhein, geraniool) baasil USAs toodetav *EcoSMART* peletab sääski, puuke, sipelgaid ning hävitab voodilutikaid, koisid ja paljusid teisi kahjulikke putukaid (Pavela 2016).

Tuleb märkida, et tööstuslikult toodetavaid botaanilisi insektitsiide on üldiselt vähe ning needki pärinevad peamiselt troopilises vööndis kasvavatest taimedest. Uue botaanilise insektitsiidi väljatöötamine on pikk ja kulukas protsess, esitatavad nõuded on väga ranged, mistõttu nende loomisest on huvitatud vähesed kompaniid. Seetõttu on maailmas koduaedades väga levinud taimeekstraktid. Eriti levinud on need arengumaades, kus elanikkonnal on vähe võimalusi osta sünteetilisi või ka tööstuslikke biopreparaate nende kõrge hinna tõttu. Üha enam kasutavad taimeleotisi ka arenenud riikide aiapidajad.

Uue taimekaitsevahendi välja arendamine, lubade taotlemine selle tootmiseks ja turustamiseks võib Euroopa Liidus kesta hinnanguliselt 10 aastat ja kulu sellele tegevusele on ligikaudu 200 miljoni eurot (Hillep 2010).

Botaanilise preparaadi kaubanduslikuks tootmiseks tekib hulk nõudeid, mis on sarnased sünteetilistele keemilistele taimekaitsevahenditele seatavatele piirangutele. Järgnevalt on esitatud skeem, millised etapid peab preparaat läbima enne, kui ta kasutusse võetakse.

Nagu näha jooniselt 1 tuleb enne turule jõudmist läbida väga pikaajaline ja töömahukas protsess, nn tõrjevahendi keemilise koostise standardiseerimisetapp. Keerukaks muudab asja seegi, et näiteks taimse materjali puhul mõjutab tema keemilist koostist suurel määral taime kasvupiirkond, aastaeg ja muud kasvutingimused. Regulaatorne heakskiit on samuti vajalik botaaniliste taimekaitsevahendite tootmiseks ning see etapp võib taimse materjali puhul osutuda kõige keerulisemaks. Õiguslikud mehhanismid on sageli kulukad ja botaaniliste vahendite tootmine ei pruugi katta neid kulusid (El-Wakeil 2013). Eeltoodust lähtuvalt püütakse kõikjal leida kahjurite vaos hoidmiseks kodustes tingimustes valmistatavaid ekstrakte.



Joonis 1. Sammud botaanilise insektitsiidi avastamisest kuni preparaadi heakskiiduni (Brown 2005)

1.8. Taimsed ekstraktid kahjuritõrjes

Taimsetel ekstraktidel on mitmeid omadusi, mille poolest nad erinevad sünteetilistest putukamürkidest. Nende kiire lagunemise tõttu kestavad nad keskkonnas lühikest aega. Sellega väheneb risk neile, keda preparaatidega ei soovita mõjutada. Jääkained ei jõua saaki, mistõttu puudub pritsimisjärgne ooteaja vajadus ning neid võib kasutada lühikest aega enne saagi koristamist (Luik *et al.* 1999).

Ajalooliselt on taimedel kahjuritõrjes juhtiv roll. Taime omadust end ise kaitsta hakkas inimene ära kasutama ka maaviljeluses (El-Wakeil, 2013). Taimseid aktiivaineid ära kasutades on võimalik putukatele avaldada näiteks toksilist, repellentset, antifeedantset või arenguhälbeid põhjustavat mõju (Metspalu, Hiisaar 1996).

Kuna põhiosa taimseid insektitsiide on söötmürgid, siis kasulikele putukatele tekitatav kahju on minimaalne. Vähetähtis pole ka taimeekstraktide suhteliselt madal toksilisus inimestele. Putukatel ei kujune resistentsus välja nii kiiresti, kui sünteetiliste insektitsiidide puhul. Taimsetel insektitsiididel keemilistega võrreldes on veel seegi eelis, et neid saab sobitada teiste madala riskiga tõrjevahenditega, mis on aktsepteeritud putukatõrjes: feromoonid, õlid, detergendid, mikroorganismid, röövtoidulised putukad ja parasitoidid. See tõstab taimsete putukatõrjevahendite võimalusi olla osalised integreeritud tõrjes (Metspalu *et al.* 1997). Võrreldes looduslike ja sünteetilisi insektitsiide on uurijad rõhutanud taimekaitsevahendi valiku puhul vajalikkust arvestada ka kahjurite populatsiooni suurusega, nii on taimse preparaadi mõju tõhusam eriti kahjurite väiksema arvukuse tingimustes (Antwi *et al.* 2007).

Taimeekstraktid võivad putukaid peletada, takistada munemist, söömist kultuurtaimel ja seedimist, kuid ka stimuleerida taimede kasvu (Metspalu *et al.*, 2007) või suunata kahjuri looduslikele taimedele (Luik 1997). Maailmas on praegu teada rohkem kui 2000 taimeliiki, millel on ühel või teisel määral kahjuritõrjelisi omadusi. Taimeekstraktide valmistamiseks kasutatakse nii tooreid taimi, kui ka neist valmistatud pulbreid. Ekstrahheerimisviise on mitmeid, neist võib valmistada leotisi, tõmmiseid, teed, kääritisi (Luik 2012).

Võrreldes taimede kasutamist ja sünteetiliste taimekaitsevahendite kasutamist kahjuritega võitlemisel on taimsete preparaatide puhul kindlasti rohkem varieerumisvõimalusi seoses

taime kui elusorganismi kordumatusega. Arvestama peab taimede kasvutingimustega ja vajalikud on teadmised taimefüsioloogiast.

1.8.1. Harilik küüslauk (*Allium sativum* L.)

Harilik küüslauk on tuntud maitse- ja ravimtaim, kuid teda kasutatakse ka kahjuritõrjevahendina. Ta kuulub liilialiste (*Liliaceae*) sugukonda, laukude (*Allium*) perekonda. Arvatav geograafiline päritolu seostatakse Aasia lääneosaga. Küüslaugu kultuursortidel moodustuvad õisikuarre tippu vegetatiivse paljunemise organid ehk sigisibulad, mullas areneb osasibulatest koosnev liitsibul (Vabar 2007).

Küüslaugul ja temast valmistatud preparaatidel on peamiselt repellentne mõju. Taimede repellentne ehk putukaid eemale peletava mõju intensiivsus varieerub liigiti, haistmismeele kaudu mõjuvad paremini hästilenduvad ained (Metspalu, Hiiesaar 1996). Lenduvateks aineteks on kas alkoholid, aldehüüdid, estrid, fenoolid, mono- ja seskviterpeenid, lenduvaid ühendeid tekib taimes ka lipiidide ainevahetusest (Luik 1997).

Küüslaugus leidub eeterlikke õlised 0,9 %, valku 6,5 %, süsivesikuid 21,2 %, mineraalaineid 1,5 % ja vitamiine (Kiik 1986). Euroopa farmakopöa küüslaugupulbri (*Allii sativi bulbi pulvis*) saamiseks peenestatakse küüslaugusibulad, lüofiliseeritakse või kuivatatakse 65 °C juures ning pulbristatakse. Pulber peab sisaldama vähemalt 0.45 % allitsiini (Raal 2010). Väävlit sisaldavat alliini on küüslaugus 0,3 % (Issako 1986), ta laguneb ensümaatilise reaktsiooni toimele allitsiiniks, allüülpropüüldisulfiidiks, diallüüldisulfiidiks ja diallüültrisulfiidiks (Raal 2010). Allitsiin laguneb edasi ajoenideks, vinüülditiinideks, oligo- ja polüsulfiidideks (*Ibid.*). Küüslauk kaitseb ennast allitsiini abil mikroorganismide eest, kui osasibul on vigastatud (Vabar 2007).

Sekundaarseid ainevahetusprodukte, triterpenoidseid saponiine, sünteesitakse paljude üheiduleheliste taimede poolt ja neid esineb nii looduslike, kui kultuurtaimede metaboliidis. Tähelestatud on nende tugevat insektitsiidset toimet kahjurputukate suhtes. Sealjuures ei toimi see närvimürgina. Sagedamini märgatud sümptomid on putukate suremuse kasv, vähenev toitumine, kaalulangus, arengu aeglustumine ja reproduktsioonivõime langus (Geyter *et al.* 2007). Saponiinid on pindaktiivsed ained, mis suurendavad rakkude membraantalitlust, inimesel on kokkupuute korral täheldatud

limaskestade ärritust, iiveldust, oksendamist, peeringlust ja kõhulahtisust (Kokassaar 2006).

Küüslaugu kahjureid peletavat omadust kasutatakse ära kasvatades teda seltsilistaimena teiste kultuurtaimedega koos, näiteks madalakasvuliste köögiviljade või ka maasikataimedega (Vabar 2007). Mitmed uurijad on küüslaugu toimet kahjurputukatele täheldanud, näiteks Arannilewa ja teiste (2006) katses täheldati küüslaugupulbri ekstrakti söögiisu pärssivat, kontaktset toimet ja peletavat mõju maisi kärsaklasele (*Sitophilus zeamais* Mots). Küüslaugu lehe lektiini geeni (ASAL) lisamist tubakataimele katsetas Dutta tööriühm (Dutta *et al.* 2005) ning nad leidsid, et pistmis- ja imemissuistega kahjurputukatele oli sellel proteiinil tõrjuv mõju. Hincapié kaastöölistega (Hincapié *et al.* 2007) uuris erinevate värske küüslauguekstraktide mõju punasele kedriklestale (*Tetranychus urticae*). Uurimuses kasutati küüslauguekstrakte koos CO₂, etanooli, petrooleetriga ning võrreldi ekstraktide mürgisust ja peletavat toimet kahjuritele. Töö tulemustest selgus, et petrooleetriga valmistatud küüslauguekstrakt andis kõige paremaid tulemusi.

Küüslaugupulbri ekstraktide insektitsiidset, antimikroobset ja antioksidatiivset toimet uuriti ka Indias mitmete lahustitega kombineerituna. Meriga ja teised (Meriga *et al.* 2012) leidsid, et vesilahus ja metanoolipreparaat põhjustasid aasia puuvillaöölasel (*Spodoptera litura* Fabr.) 81 % suremuse. Antimikroobset toimet hinnati kõrgeimaks küüslaugupulbri vesilahuse puhul, mis toimis ka fungitsiidina. Metanooliga valmistatud küüslaugupulbri ekstrakt toimis antimikroobselt mitmetele mikroorganismidele, mõju ei täheldatud mikroobidel *Staphylococcus aureus* ja *Candida albicans*. Küüslaugupulbriga valmistatud heksaanilahus, kloroformi lahus ja etüülatsetaadi lahus ei mõjunud katses olnud mikroobidele.

Ka Denloye (2010) on uurinud küüslauguekstraktide toimet erinevate lahuste koostoimel ja mõju poilaste sugukonda kuuluvale herne ja oa kahjurile *Callosobruchus maculatus* F. Tema võrdles ka küüslaugupreparaadi ja talisibula preparaadi mõju sellele kahjurile. Pulbri kujul ekstrakte katsetades oli küüslaugupreparaat mürgisuse näitajate poolest tugevam, kui talisibula sarnaselt valmistatud lahus. Värske taimeekstrakti lahus oli koostoimel veega tõhusam, kui etanooliga ja küüslaugu ekstraktide toime oli talisibula ekstraktidest madalam.

Küüslaugupreparaat, kui odav ja lihtsalt valmistatav kahjuritõrjevahend, sobib tänu nimetatud omadustele kasutamiseks ka arengumaades, nagu on soovitanud uurijad Nwachukwu ja Asawalam (2014), kes tõrjusid värskelt pressitud küüslaugumahlaga edukalt maisikahjurit *S. zeamais*.

Seega on harilik küüslauk mitmekülgsede kasutusvõimalustega taim, taimekaitseski on katsetatud biotehnoloogilisi võtteid, kasutatud teda seltsilistaimena, valmistatud mitmesuguseid ekstrakte jne. Küüslaugu toimetehhanismide uurimine ja koduaedades kasutamise propageerimine annaks pikemas perspektiivis keskkonnasäästlikke tulemusi.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Hariliku küüslaugu ekstraktid

2015. aasta põldkatse variandid:

1. küüslaugupulbri 2 % vesilahus;
2. värske küüslaugu 2 % vesilahus;
3. kontroll (vesi).

2016. aasta põldkatse variandid:

1. küüslaugupulbri 4 % vesilahus;
2. värske küüslaugu 4 % vesilahus;
3. kontroll (vesi).

Küüslaugupulber saadi Kadastiku Küüslauguköögist (www.kadastiku.ee). Värske küüslaugu ekstrakti valmistamiseks kasutati küüslaugusorti 'Zemjai'. Kleepuvuse tõstmiseks lisati kõikides variantides 5 ml rohelist seepi/1 liitrile veele.

2.2. Katse korraldus

Põldkatsed viidi läbi 2015. ja 2016. aastal Tartus Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Katsepõld koosnes 4 katsevariandist 3 korduses. Katselapi suurus oli 2x1m, kokku oli 12 katselappi.

Katsetaimed kasvatati ette laboris. Katses oli kasutusel naerisort 'Goldana'. Ettekasvatatud kolme pärislehe faasis naeritaimed istutati põllule koos mullapalliga. Taimede vahekaugus istutamisel oli 8 cm.

2015. aastal kestis katseperiood 11. maist kuni 13. juulini, 2016. aastal 12. maist kuni 14. juulini. Taimi pritsiti töötluslahustega 10 päevaste vahedega, esimene kord toimus see istutuspäeval. Istutuspäeval varustati katselapid ka putukate püüdmiseks kasutatavate kollaste kahepoolsete liimipüünistega (*Insect control Catch-It Yellow*, 20x25 cm), mida vahetati iga 7 päeva järel.

Liimipüüniste paigaldamise ja vahetamise kuupäevad

2015. aastal: 12. mai, 18. mai, 25. mai, 1. juuni, 8. juuni, 15. juuni, 22. juuni, 29. juuni, 6. juuli, katse lõpp 13. juuli.

2016. aastal: 13. mai, 19. mai, 26. mai, 02. juuni, 10. juuni, 16. juuni, 22. juuni, 30. juuni, 07. juuli, katse lõpp 14. juuli.

2.3. Maakirpude määramine

Mõlemal katseaastal (2015, 2016) vahetati kogu katseperioodi vältel kollased liimipüünised kord nädalas, kuivatati ja säilitati laboris. Maakirpude liigiline ja arvuline koosseis määrati laboris, kasutades mikroskoopi Olympus SZ-CTV (Olympus Optical Co. Ltd, Japan). Määramisel kasutati vastavat teatmekirjandust (Haberman 1962; Konstantinov *et al.* 2011) ning taimekaitse osakonna referentskogu. Vaatlusperioodidel kogutud andmetest moodustati andmebaas.

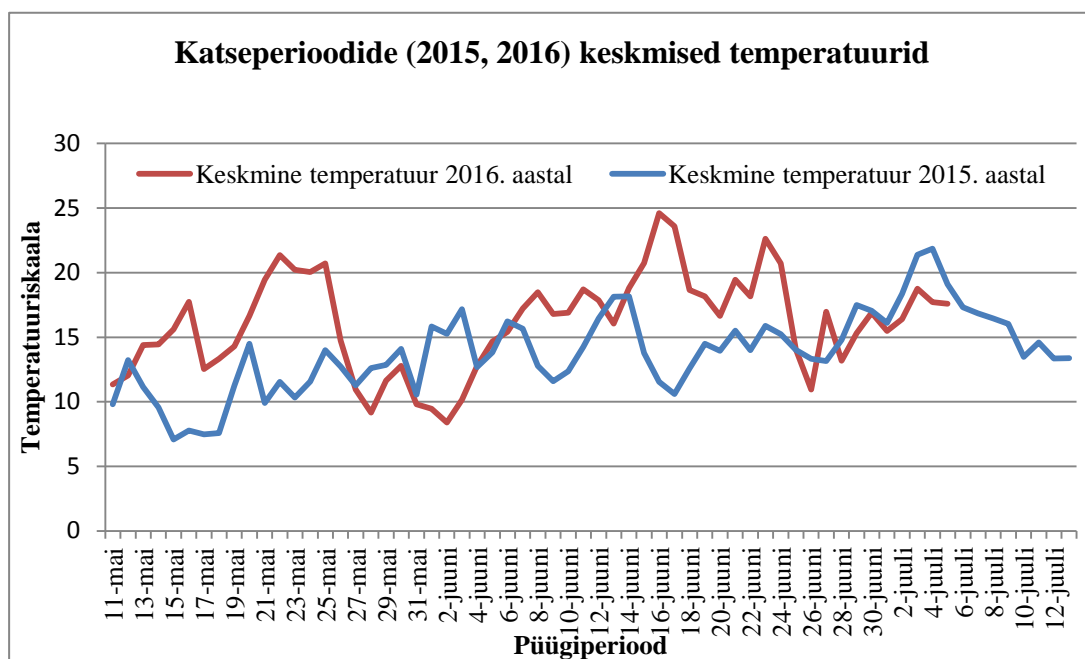
2.4. Andmetöötlus ja statistiline analüüs

Andmebaaside moodustamisel kasutati arvutiprogrammi Microsoft Excel 2013. Statistiline analüüs teostati programmiga Statistica 13. Erinevused katsevariantide maakirpude arvukuses leiti ühe ja mitmefaktorilise ANOVA abil, variantide võrdluses kasutati Fisher LSD post-hoc testi ($p = 0,05$).

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1 Ilmastik katseaastatel

2015. aasta maikuu keskmine temperatuur Eestis oli 0,6 °C normist madalam. Eesti keskmine sajuhulk oli 94 % normist, päikesepaiste 89 % normist. Eriti jahe oli maikuu keskel ning soojemaks läksid ilmad juunis, kuid juunikuu keskmine temperatuur oli samuti madalam paljuaastasest keskmisest 0,5 °C, keskmine sajuhulk oli 65 % normist, päikesepaiste 104 % normist. Juulikuu keskmine õhutemperatuur oli 1,3 °C normist madalam ja Eesti keskmine sajuhulk oli 112 % normist ning päikesepaiste 85 % normist.



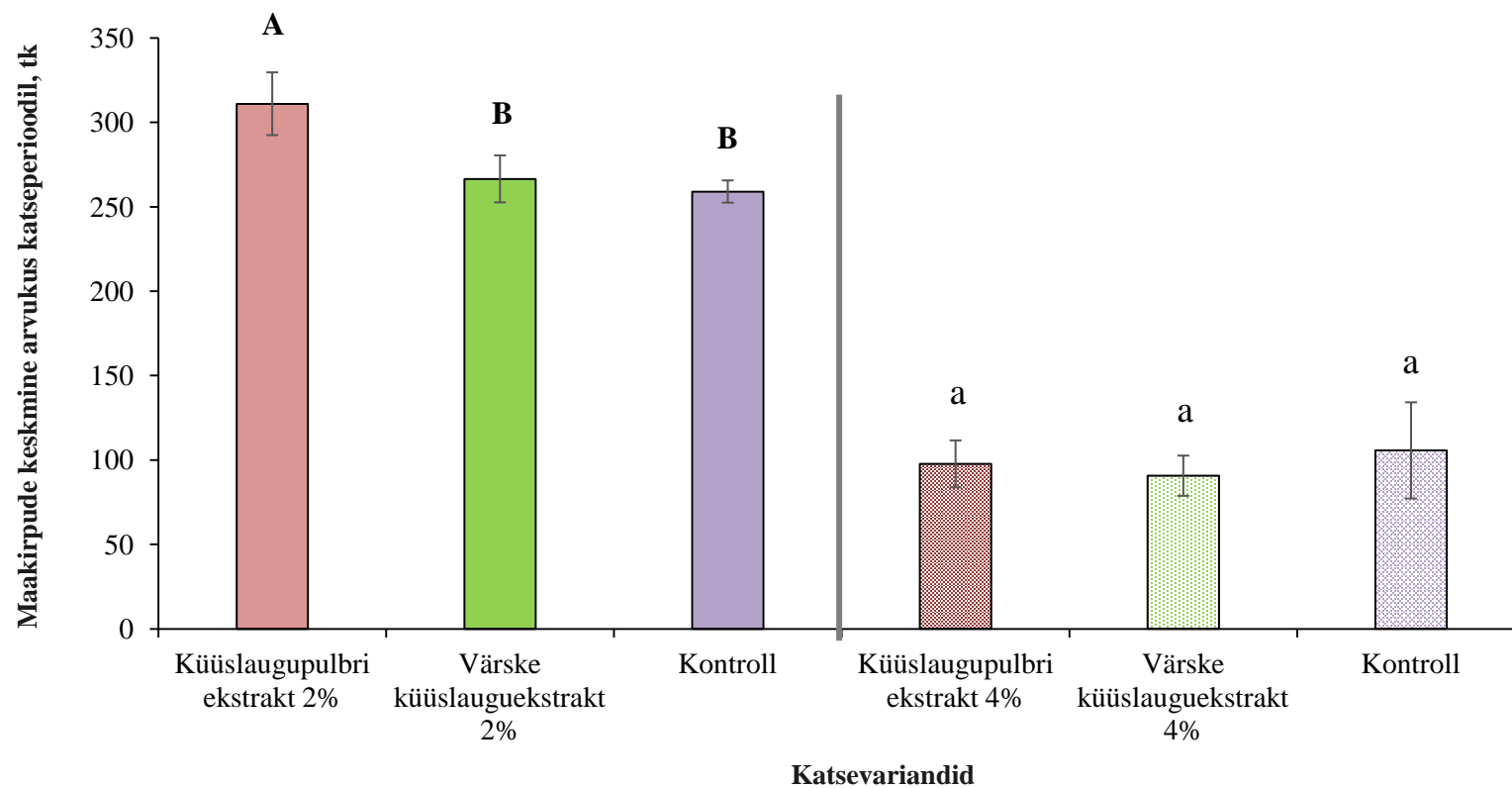
Joonis 2. Katseperioodide ööpäevased keskmised temperatuurid

2016. aasta maikuus oli Eesti keskmine õhutemperatuur 2,7 °C normist kõrgem. Mai alguses olid soojemad ilmad, kuid kuu lõpus langes temperatuur peaaegu nädalaks väga madalale. Eesti keskmine sajuhulk oli 41 % normist, päikesepaiste 136 % normist. Juunikuus oli Eesti keskmine õhutemperatuur 1,1 °C normist kõrgem ja sajuhulk oli 155 % normist. Juuni alguse jahedatele ilmadele järgnes soe periood, mis kestis juuni viimase nädalani. Siis langes temperatuur madalale ning mõni päev oli keskmine õhutemperatuur vaid 10 °C piires. Juulikuus Eesti keskmine õhutemperatuur oli 0,4 °C normist kõrgem. Eesti keskmine sajuhulk oli juulis 108 % normist, päikesepaiste 105 % normist. Eesti päikesepaiste tundide keskmine oli 86 % normist (Ilmateenistus 2017).

Kokkuvõtteks võib öelda, et võrreldes kahe katseaasta ilmastikku ja maakirpude arvukust, on näha mardikate temperatuuritundlikkust. 2016. aastal esines katseperioodil temperatuuri kõikumisi kuni väga madalate kraadideni (joonis 2). 10 °C piires oleva temperatuuri korral on maakirpude aktiivsus väga madal. Päikesepaistelisi ilmasid esines teisel katseaastal Eesti keskmisest vähem. Arvestades ka eelnenud talvise külma ja lumeta perioodi mõju, ei olnud teine katseaasta maakirpude elutegevust soosiva mõjuga.

3.2. Maakirpude keskmine arvukus erinevates katsevariantides

Maakirbuliikidest arvukamad 2015. aasta katses olid harilik maakirp (*Ph. undulata*), moodustades kõikidest püütud maakirpudest 77 %, sellele liigile järgnes arvukuselt must maakirp (*Ph. atra*) (19 %). Väiksema osakaaluga olid esindatud kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata*), suur maakirp (*Ph. nemorum*), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes*) ja mädarõika maakirp (*Ph. armoraciae*).



Joonis 3. Keskmine maakirpude hulk erinevates katsevariantides 2015. ja 2016. aastal.

Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$).

Vurrud joonisel näitavad standardviga.

Kahel katseaastal kogu katsealalt püütud maakirpude arvukus oli erinevatel aastatel statistiliselt usaldusväärset erinev (mitmefaktoriline ANOVA; $F_{1,5}=86,54$; $p=0,001$), kusjuures just 2015. aastal oli maakirpe kollastel liimipüünistel oluliselt rohkem, kui järgmisel aastal (joonis 3). Maakirpude vähese arvukuse põhjused 2016. aastal võisid olla erinevad. Maakirpude edukas talvitumine on kevadise arvukusega tihedalt seotud. Analüüsid 2015-2016 aasta talviseid temperatuure võime järeldada, et madala arvukuse üheks põhjuseks oli kindlasti äärmiselt ebasoodsad talvitustingimused.

Maakirbud talvituvad valmikuna põllu äärealade rohustus, põõsastike all kõdus, rohumaade kamaras (Ulmer, Dossall 2006). Kuna nad ei kaevu talvitumiseks mulda, elavad nad talve üle vaid neile talvitumiseks soodsatel temperatuuridel ning meie aladel on see vägagi sõltuv lumikatte paksusest (Hiisaar *et al.* 2009). Teatavasti läbivad maakirbud madalate talviste temperatuuride üleelamiseks sügistalvisel külmal perioodil karastusprotsessi. Meil oli aga 2015. aastal sellel perioodil erakordselt soe ning külmakraade praktiliselt ei esinenudki. Nii näiteks oli veel 20. detsembril sooja $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maakirpudel polnud vajadust ega võimalustki külmakarastamiseks. Seejärel aga külmenes ilm järsult, praktiliselt paari päevaga langes temperatuur sügavatesse miinustesse ning 28. detsembrist kuini 23. jaanuarini püsisid väga külmad ilmad, temperatuur langes sellel perioodil kohati isegi -30°C juurde. Kaitsvat lumikatet polnud üldse või oli see väga väike. Maakirbud võivad küll üle elada lühiajalisi madalaid temperatuure, kuid antud juhul nii pika külmaperioodi ning kaitsva lumikatte puudumise tõttu hukkus nähtavasti palju maakirpe. See ongi ilmselt üheks põhjuseks, miks katsealalt püüti 2016. aastal sedavõrd vähe maakirpe.

Analüüsid pitsimistega saadud erinevate aastate tulemusi selgus, et esimesel, 2015. aastal oli küüslauguekstrakt maakirpude arvukuse erinevuses statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=4,46$; $p=0,045$). Variantide omavaheline võrdlus sellel katseaastal näitas, et küüslaugupulbri variandi kollastelt liimipüünistelt saadi katseperioodi jooksul kokku usutavalt rohkem maakirpe, kui värskel küüslaugu variandist (Fisher LSD test, $p=0,025$) või kontrollvariandist (Fisher LSD test, $p=0,01$). Värskel küüslaugu variandi ning kontrolli omavahelisel võrdlusel maakirpude arvukuses usaldusväärne erinevus puudus (Fisher LSD test, $p=0,6$).

Teisel katseaastal olid tulemused teistsugused. Siin ei olnud töötlus maakirpude arvukuses usaldusväärne faktor (ANOVA; $F_{2,6}=0,39$; $p=0,76$). Sellest tulenevalt puudus ka variantide

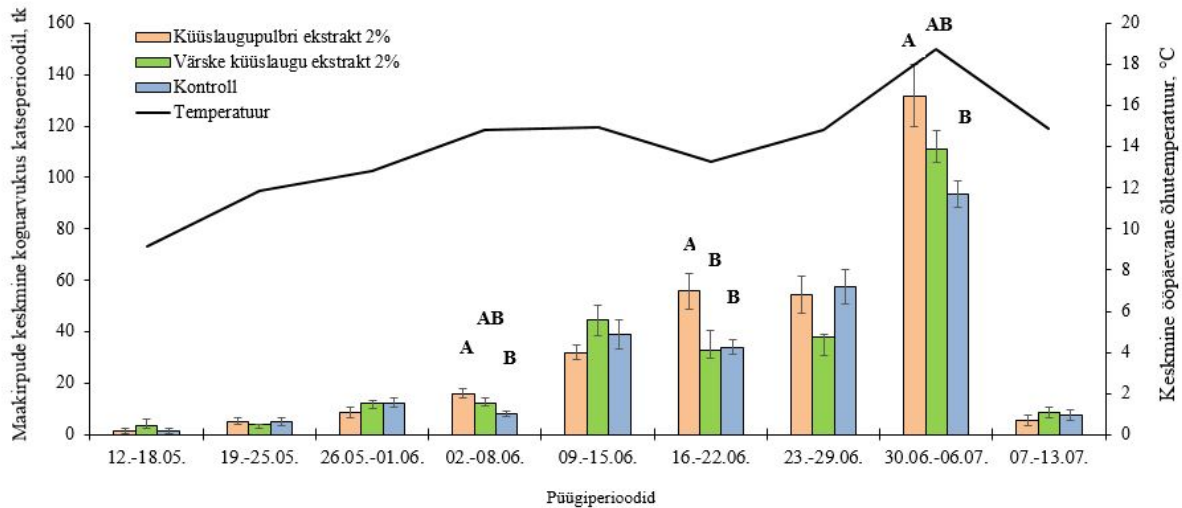
omavahelisel võrdlusel maakirpude arvukuses usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p > 0,05$).

Küüslaugu kasvavatel taimedel teatakse olevat kahjuritele põhiliselt repellentne toime ning seetõttu on ta laialt kasutusel köögiviljapõldudel või -aedades seltsilistaimena. Näiteks vähendas kapsaridade vahel kasvav küüslauk kurmtriibulise maakirbu (*Ph. striolata*) kahjustusi. Küüslaugu vesiekstraktid teatakse samuti olevat putukaile peamiselt repellentsed ja deterrentsed, kuid mõningatel juhtudel ka insektsiidid. Küüslaugus sisalduv allitsiin arvatakse olevat üks peamistest putukaid peletavatest ühenditest (Yang *et al.* 2011).

Kõige tõenäolisem oli võimalus, et repellentsete ekstraktidega pritsimine peletas maakirbud naeritaimedelt lendu ning nad kogunesid kollastele liimipüünistele. Mida vastumeelsem oli preparaadis sisalduvate toimeainete lõhn, seda enam lahkus maakirpe lapilt ning maandus püünistele. Antud juhul sisaldas selliseid aineid nähtavasti küüslaugupulber, sest selle variandi püünistel oli teiste variantidega võrreldes rohkem maakirpe. Järgneval katseaastal olid kasutusel poole võrra kangemad ekstraktid. Siin võis lisaks eelnevale moodustuda pritsimisjärgselt mõneks ajaks repellentne foon, mis võis mõjutada ka kahjurite rännet naerile. Kuna preparaatide lõhna võis tunda katsealal veel paar päeva pärast pritsimisi, võis see mõjutada mingil määral kogu katsealal liikuvate maakirpude käitumist. Seda võimalikku mõju on kindlasti vaja edaspidi uurida.

3.3. Maakirpude arvukuse dünaamika ja seda mõjutavad tegurid

2015. katseaasta



Joonis 4. Maakirpude arvukuse dünaamika erinevates katsevariantides ning ööpäevased keskmised temperatuurid 2015. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standardviga.

Maakirpe tuli esimese katsenäda (12.05-18.05) jooksul kollastele liimipüünistele väga vähe ning nende arvukuse võrdluses ei olnud töötlus oluline faktor (ANOVA $F_{2,9} = 0,48$; $p = 0,63$). Variantide omavahelisel võrdlusel puudus usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p > 0,05$). Põhjuseid analüüsid tuleb märkida, et esimesel nädalal olid temperatuurid väga madalad, mõnel ööl langes temperatuur isegi miinuspoolele. Selline ilmastik ei soosi maakirpude väljumist talvituspaikadest ning liikumist põldudel.

Ka järgmise katsenäda (19.05-25.05) kokkuvõttes oli maakirpude arvukus püünistel väga madal ning töötlus ei olnud endiselt arvukuses oluline faktor (ANOVA, $F_{2,9}=0,31$; $p=0,74$). Variantide omavahelises võrdluses puudus usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test), kõikides võrdlustes $p > 0,05$). Arvukus oli siiski esimese perioodiga võrreldes vähesel määral tõusnud, mis oli korrelatsioonis mõnevõrra tõusnud keskmiste õhutemperatuuridega.

Kolmanda perioodi (26.05–01.06) tulemused olid analoogsed eelnevatega, kuigi nii maakirpude arvukus kõikides variantides, kui ka keskmised temperatuurid oli tõusuteel.

Sellelgi perioodil polnud töötlus maakirpude arvukuses oluline faktor (ANOVA $F_{2,9}=1,49$; $p=0,28$). Variantide omavahelises võrdluses puudus arvukuses usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Neljandal vaatlusnädalal (02.06–08.06) oli pilt muutumas. Maakirpude keskmise arvukuse hindamisel oli töötlus oluline faktor (ANOVA $F_{2,9}=5,55$, $p=0,03$). Variantide omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) selgus, et küüslaugupulbri variandist saadi maakirpe usaldusväärsest rohkem, kui kontrollvariandis ($p=0,008$). Erinevate küüslauguekstrakti variantide omavahelisel võrdluses puudus arvukuse erinevuses usaldusväärsus ($p=0,141$), erinevus puudus ka värske küüslaugu ja kontrolli võrdluses ($p=0,119$).

Viiendal vaatlusnädalal (09.06-15.06) olid tulemused sarnased katseperioodi algusega. Töötlus ei olnud oluline faktor (ANOVA, $F_{2,9}=1,56$, $p=0,26$). Variantide omavahelisel võrdluses puudusid olulised erinevused (Fisher LSD test, kõigil võrdlustel $p>0,05$).

Kuuendal (16.06–22.06) vaatlusel oli maakirpude arvukus enam-vähem samal tasemel, kui oli olnud eelneval vaatlusel. Nüüd aga olid ekstraktid olulised (ANOVA, $F_{2,9}=4,33$, $p=0,05$). Võrreldes variante omavahel Fisher LSD testiga selgus, et usaldusväärsest erinesid maakirpude arvud küüslaugupulbri ja värske küüslaugu variantides ($p=0,035$) ning küüslaugupulbri ja kontrollvariandi võrdluses ($p=0,890$). Erinevust ei olnud värske küüslaugu ja kontrolli võrdluses ($p=0,890$).

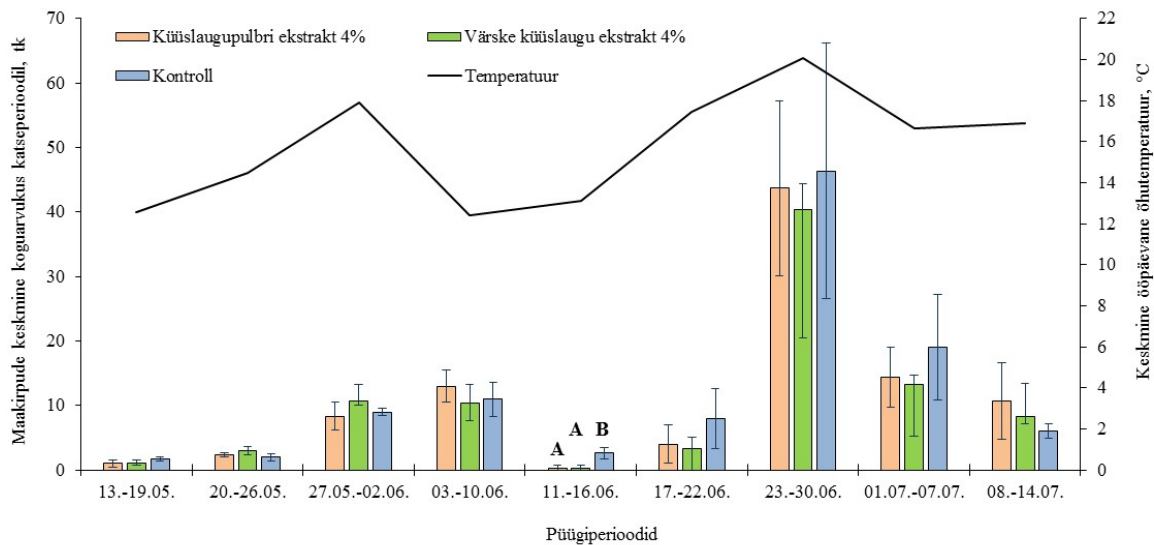
Seitsmenda (23.06-29.06) vaatlusnädala jooksul oli kahjurite arvukus enam-vähem samal tasemel, kui oli olnud kahel eelneval perioodil. Sellel perioodil ei olnud töötlus arvukuses oluline faktor (ANOVA, $F_{2,9}=3,39$, $p=0,079$). Fisher LSD testiga läbi viidud variantide vahelistel võrdlustel ei leitud usutavaid erinevusi (kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Järgmisel vaatlusnädalal (30.06-06.07) oli maakirpe kogu katseperioodiga võrreldes kõige enam liikumas ning siin oli töötlus arvukuse võrdluses statistiliselt oluline faktor (ANOVA, $F_{2,9}=5,32$; $p=0,03$). Variantide omavaheline analüüs (Fisher LSD test) näitas, et usaldusväärsest rohkem oli maakirpe kontrolliga võrreldes küüslaugupulbri variandis ($p=0,01$). Küüslaugupulbri ja värske küüslaugu variantide võrdluses puudus maakirpude arvus usaldusväärne erinevus ($p=0,08$), sama oli ka värske küüslaugu ja kontrollvariandi võrdluses ($p=0,236$).

Viimase vaatlusnädala (07.07–13.07) materjalide analüüs näitas maakirpude arvukuse järsku langust. Kuigi ka ilmad olid sellel nädalal eelmisega võrreldes jahedamad, ei ole selline

arvukuse vähenemine seotud siiski enam ilmastikuga, see on seotud kevadise (st. talvitunud) põlvkonna hääbumisega. Töötlus ei olnud siin oluline faktor (ANOVA, $F_{2,9}=0,552$; $p=0,593$). Variantide omavahelises võrdluses puudusid usaldusväärsed erinevused (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

2016. katseaasta



Joonis 5. Maakirpude arvukuse dünaamika erinevates katsevariantides ning ööpäevased keskmised temperatuurid 2016. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standardviga. RS – roheline seep.

2016. aasta esimese katsenäpala (13.05–19.05) püügis oli sellel katseaastal vaid üksikuid maakirpe ning töötlus ei olnud oluline faktor (ANOVA $F_{2,6}=0,33$; $p=0,80$). Variantide omavahelisel võrdlusel puudus usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Ka järgmise katsenäpala (20.05–26.05) analüüs näitas, et maakirpude arvukus oli endiselt väga väike, töötlus ei olnud arvukuses oluline faktor (ANOVA, $F_{2,6}=1,41$; $p=0,388$). Variantide omavahelises võrdluses puudus usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$). Arvukus oli esimese perioodiga võrreldes veidi tõusnud, samuti oli ilm muutunud eelneva perioodiga võrreldes veidi soojemaks.

Kolmanda perioodi (27.05–02.06) jooksul kogunes nüüd püünistesse eelnevaga võrreldes tunduvalt rohkem maakirpe. Sellel perioodil oli ka märgatav temperatuuri tõus. Siiski polnud töötlus oluline faktor (ANOVA $F_{2,9}=1,05$; $p=0,421$). Variantide omavahelises võrdluses puudus arvukuses usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Neljandal vaatlusnädalal (03.06–10.06) oli maakirpude arvukus püünistel enam-vähem samal tasemel, kui oli olnud eelmisel korral. Ka siis avaldas mõju sellel ajal püsinud soe ilm. Maakirpude keskmise arvukuse hindamisel ei olnud töötlus oluline faktor (ANOVA $F_{2,6}=0,14$; $p=0,933$). Variantide omavahelisel võrdlusel puudus arvukuses usaldusväärne erinevus (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Viiendal vaatlusnädalal (11.06–16.06) langes maakirpude arvukus madalseisu ning püünistel olid üksikud maakirbud. Sellele ajale langes ka ilma järsk jahenemine. Analüüs näitas, et töötlus oli oluline faktor (ANOVA, $F_{2,6}=4,2$; $p=0,046$). Variantide omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) selgus, et nii küüslaugupulbri variandis ($p=0,047$), kui ka värskel küüslaugu variandis ($p=0,047$) oli oluliselt vähem maakirpe kui kontrollis.

Kuuendal (17.06–22.06) vaatlusel oli maakirpude arvukus jällegi tõusuteel ning ka variantides olid tendentsid samad, mis eelmisel korral, kuid töötlus ei olnud usaldusväärne faktor (ANOVA, $F_{2,6}=0,67$; $p=0,589$). Võrreldes variante omavahel Fisher LSD testiga selgus, et kõikides võrdlustes puudus usaldusväärne erinevus ($p>0,05$).

Seitsmendal (23.06–30.06) vaatlusnädalal oli sellel katseperioodil kõige soojem ilm ning ka maakirpude arvukus tõusis kõrgele. Samal ajal ei olnud töötlus oluline faktor (ANOVA, $F_{2,6}=0,12$; $p=0,945$). Fisher LSD testiga läbi viidud variantide vahelistel võrdlustel ei leitud usutavaid erinevusi (kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Järgmisel vaatlusnädalal (01.07–07.07) oli maakirpude arvukus langustrendis ning töötlus ei olnud oluline faktor (ANOVA, $F_{2,6}=0,33$; $p=0,799$). Fisher LSD testiga läbi viidud variantide vahelistel võrdlustel ei leitud usutavaid erinevusi (kõikides võrdlustes $p>0,05$).

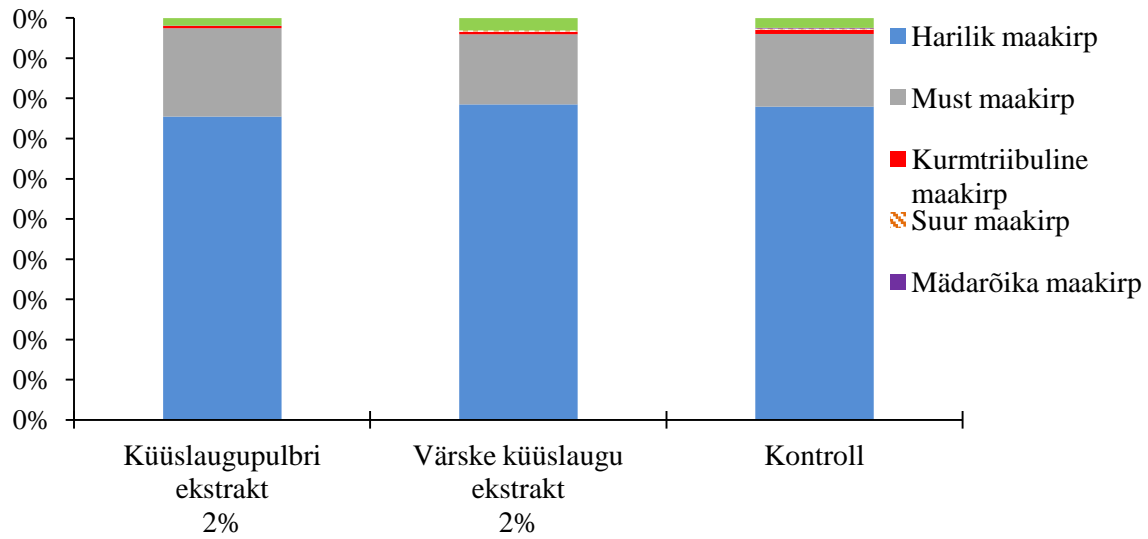
Viimase vaatlusnädala (08.07–14.07) analüüs näitas maakirpude arvukuse jätkuvat langust. Kuigi ka ilmad olid sellel nädalal eelmisega võrreldes jahedamad, ei ole selline arvukuse vähenemine seotud siiski enam ilmastikuga, see on seotud kevadise (st talvitunud) põlvkonna hääbumisega. Töötlus ei olnud siin oluline faktor (ANOVA, $F_{2,6}=0,56$; $p=0,651$). Variantide omavahelises võrdluses puudusid usaldusväärsed erinevused (Fisher LSD test, kõikides võrdlustes $p>0,05$).

Seega võib arvukuse dünaamika uuringuist järeldada, et maakirpude madal arvukus katseperioodide alguses mõlemal katseaastal tulenes peamiselt ebasoodsatest ilmastikutingimustest (2015, joonis 4; 2016, joonis 5). Maakirbud lahkuvad talvituskohtadest siis, kui temperatuur tõuseb 10 °C piiresse ja hakkavad aktiivselt toitu otsima 12 °C juures (Shi-Tong *et al.* 2008). Meil olid nii 2015. kui 2016. aastal katse alguses madalad õhutemperatuurid ning maakirbud püsisid talvituspaikades, vaid vähesed neist olid liikvel. Kuigi maakirpude ilmumine võib kevadel kesta kuni kolm nädalat (Reddy 2015), siis nende põhimass ilmub soodsate tingimuste korral mai lõpus või juunis. Selline käitumismuster võimaldab populatsioonil kui tervikul hajutada riske, mis on seotud võimalike ebasoodsate ilmastikuoludega ning laseb paremini kasutada toiduressursse ja paljunemispotentsiaali (Ulmer, Dossdall 2006).

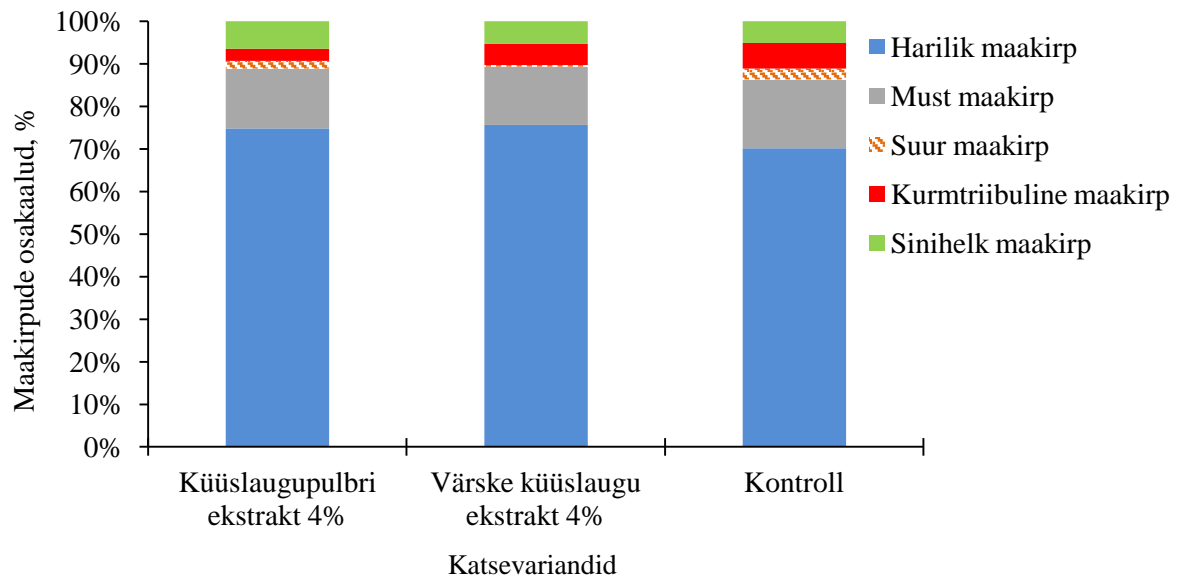
Meil ilmus aga maakirpude põhimass mõlemal aastal alles juuni lõpus. Juuli alguseks on aga oluline osa maakirpudest tavaliselt oma paljunemispotentsiaali realiseerinud ning nad hukuvad. Meie katseis vähenes maakirpude arvukus juuli alguses ning juuli keskpaigaks oli see väga madalal tasemel, millest järeldub, et kevadine põlvkond selleks ajaks hääbus.

Arvukuse dünaamika analüüs erinevate katsevariantide võrdluses näitas, et esimesel katseaastal oli enamuse ajast maakirpe arvukamalt just nendel püünistel, mis asusid küüslaugupulbriga töödeldud katselappidel. Järeldub, et küüslaugupulbri 2% vesiekstrakt oli maakirpudele nähtavasti repellentsem, kui toorest küüslaugust valmistatud ekstrakt ning see sundis maakirpe lahkuma just pulbriekstraktidega töödeldud lappidelt kollastele liimipüünistele. Järgmisel aastal selline erinevus siiski nii selgelt välja ei tulnud, enamikel juhtudel puudus analüüsil arvukuses usaldusväärne erinevus. Siiski võis märgata ka nüüd mõnevõrra rohkem maakirpe küüslaugupulbriga töödeldud katselappide püünistel kui toore küüslauguekstraktiga töötlemisel. Tuleb märkida, et kuna teisel katseaastal olid kasutuses 4% vesiekstraktid, siis võisid need avaldada repellentset mõju juba distantsilt ning maakirpe liikus seetõttu katsealal vähem kui esimesel katseaastal.

3.4. Maakirpude liigiline jaotumus erinevates katsevariantides



Joonis 6. Maakirbuliikide osakaalud erinevates katsevariantides 2015. aastal



Joonis 7. Maakirbuliikide osakaalud erinevates katsevariantides 2016. aastal

Erinevatel katsevariantidel esinenud maakirpude liigilise jaotumuse analüüsides selgus, et mõlemal katseaastal oli kõikides variantides valdavaks liigiks harilik maakirp. Esimesel katseaastal moodustas see kõikides variantides 75–79 % leitud maakirbuliikidest (joonised 6 ja 7). Järgneval katseaastal olid hariliku maakirbu osakaalud samas suurusjärgus, moodustades 70 kuni 76% kõikidest maakirbu liikidest.

See maakirbu liik ongi kõige levinum ristöieliste kevadkahjustaja nii meil (Hiiesaar *et al.* 2003; Metspalu *et al.* 2014) kui enamuses põhjapoolsetes piirkondades. Nad talvituvad varisenud lehtede all ja kõdus, kus tavaliselt miinimumtemperatuurid on kõrgemad, kui nende külmakindlus ning seepärast külma tõttu hukkub neid harva, mis viitab sellele, et see kahjuriliik on kohastunud meie kliima tingimustele (Hiiesaar *et al.* 2009). Populatsiooni kasvu on soodustanud nähtavasti ka rapsi ja rüpsi kasvupindade väga ulatuslik kasv viimastel aastakümnetel (Veromann *et al.* 2012; Kiis 2016). Katsetest selgus, et katsevariantide võrdluses ei olnud arvukuse osakaaludes statistiliselt usaldusväärseid erinevusi.

Arvukuselt järgmine liik oli must maakirp, kes moodustas 2015. aasta küüslaugupulbri variandis 22 % kõikidest püütud mardikatest, värske küüslaugu variandis oli neid mõnevõrra vähem – 17 % ning see oli peaaegu võrdne kontrolliga (18 %). Teisel katseaastal oli musta maakirbu arvukus kõikides katsevariantides enam-vähem võrdne, moodustades kõikidest püütud maakirpudest 14–16 %. Mustal maakirbul teatakse olevat küllalt lai peremeeste ring (Cagan *et al.* 2000). Varasemad uuringud olid näidanud, et näiteks ristöielistel õlikultuuridel jääb nende arvukus tagasihoidlikuks (Hiiesaar *et al.* 2003; Metspalu *et al.* 2014). Kiisi (2016) tööst selgus, et must maakirp oli arvukas enamusel tema katses olnud ristöielistel köögiviljakultuuridel. Uudsenäidati, et nende arvukus oli eriti kõrge suvise, talvituma mineva põlvkonna puhul. Ka antud töös oli musta maakirpu suhteliselt palju. Katsevariantide võrdluses siiski usaldusväärset erinevaid tulemusi ei saadud (Fisher LSD test, $p > 0,05$).

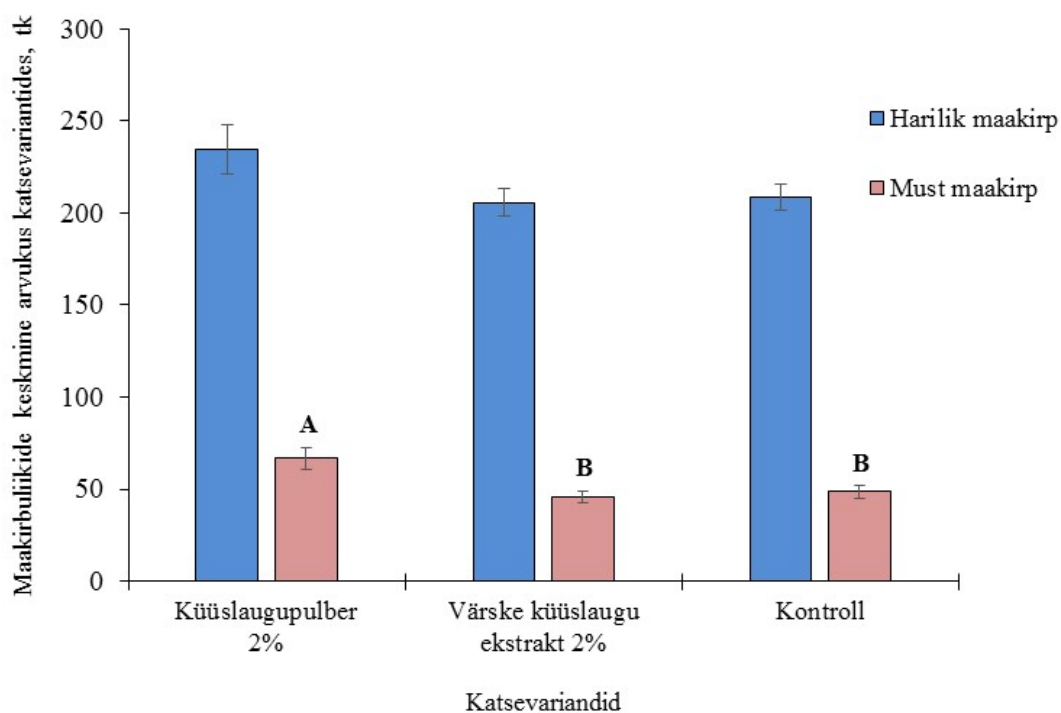
Kollastelt püüenistelt saadi veel teisigi maakirbu liike, kuid nende arvukus oli suhteliselt madal. Nii moodustas sinihelk maakirp 2015. aastal 2–3 % kõikidest püütud maakirpudest ning see oli kõikides variantides ühesugune. Järgneval katseaastal oli neid mõnevõrra küll rohkem, kui eelmisel aastal, moodustades siiski vaid 5–6 % püütud maakirpude hulgast. Teatavasti on sinihelk maakirbul toidutaimede nimistu palju laiem kui harilikul või mustal maakirbul ning nad ise on vähemvalivad toidu suhtes (Habermann 1962), seega võisid nad leida toidutaimi põllu lähikonnas. See võiski piirata sinihelk maakirbu arvukust meie katsealal. Kurmtriibulist maakirpu oli samuti vähe ning esimesel katseaastal oli neid kõikides

katsevariantides vaid 1 %. Järgmisel katseaastal oli neid veidi rohkem ning nende arvukus oli 3–6 % püütud mardikatest. Teisel katseaastal esines ka suurt maakirpu, seda siiski vaid küüslaugupulbri variandis (2 %) ja kontrollis (3 %).

Katsest järeldub, et töötlus ei mõjutanud oluliselt liikide koosseisu ega liikide arvukuse omavahelist suhet. Kummalgi katseaastal oli domineerivaks liigiks harilik maakirp, kellele järgnesid must maakirp ning vähem teisi ristõielistel tavalisi maakirbuliike.

3.5. Hariliku ja musta maakirbu keskmine arvukus erinevates katsevariantides

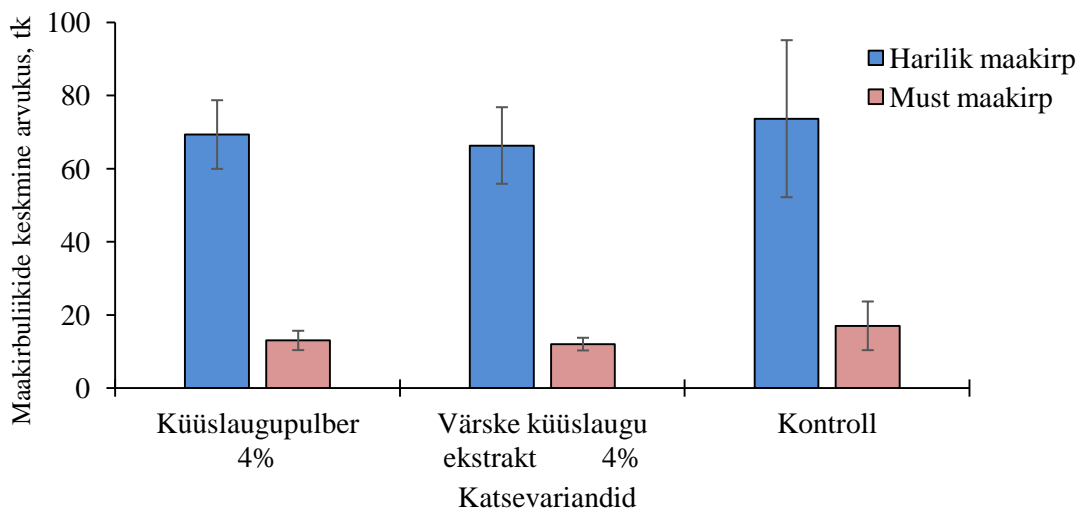
Järgnevalt analüüsitakse kahe enamesinenud maakirbu liigi esinemissagedust erinevates katsevariantides.



Joonis 8. Hariliku ja musta maakirbu keskmine arvukus erinevates katsevariantides 2015. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standarddviiga.

Hariliku maakirbu arvukuses ei olnud 2015. aastal töötlus oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=2,66$; $p=0,123$) ning seega puudus ka variantide omavahelisel võrdlusel statistiliselt usaldusväärne erinevus (joonis 8). Katseperioodil kokku kogutud maakirpude keskmisi püünise kohta omavahel võrreldes leiti, et pisut rohkem maakirpe oli küüslaugupulbri variandis olevatel kollastel liimpüünistel (püüniselt keskmiselt 234 isendit) võrreldes värsket küüslaugu variandi (keskmiselt 205 isendit) või kontrolliga (208 isendit).

Musta maakirbu puhul oli arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=6,97$; $p=0,02$). Variante omavahel võrreldes (Fisher LSD) selgus, et võrreldes kontrolliga (Fisher LSD test, $p=0,015$) ning värsket küüslaugu ekstraktiga, saadi musta maakirpu usaldusväärselt rohkem küüslaugupulbri variandist (joonis 8). Kontrolli ning värsket küüslaugu variantidest saadud maakirpude arvukuses puudus usaldusväärne erinevus ($p=0,663$). Küüslaugupulbri variandis püüti katseperioodil korduste keskmisena 66, värsket küüslaugu variandist 45 ning kontrollist 48 musta maakirpu.



Joonis 9. Hariliku ja musta maakirbu keskmine arvukus erinevates katsevariantides 2016. aastal. Vurrud joonisel näitavad standardviga.

Hariliku maakirbuga saadi eelmise katseaastaga võrreldes analoogseid tulemusi (joonis 9). Ka siis ei olnud arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,6}=0,06$; $p=0,94$) ning seega puudus ka variantide omavahelisel võrdlusel statistiliselt usaldusväärne erinevus. Maakirpe saadi enam-vähem ühepalju kõikidelt variantidelt – küüslaugupulbri

variandist korduste keskmisena 69, värske küüslauguekstrakti variandist 66 ning kontrollist 73 maakirpu.

Ka musta maakirbu puhul ei olnud 2016. aastal arvukuse võrdluses (joonis 9) töötlus statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,6}=0,38$; $p=0,69$). Katseperioodil koguti korduste keskmisena küüslaugupulbri variandist 13, värske küüslaugu ekstrakti variandist 12 ning kontrollist 17 musta maakirpu.

3.6. Hariliku maakirbu arvukuse dünaamika

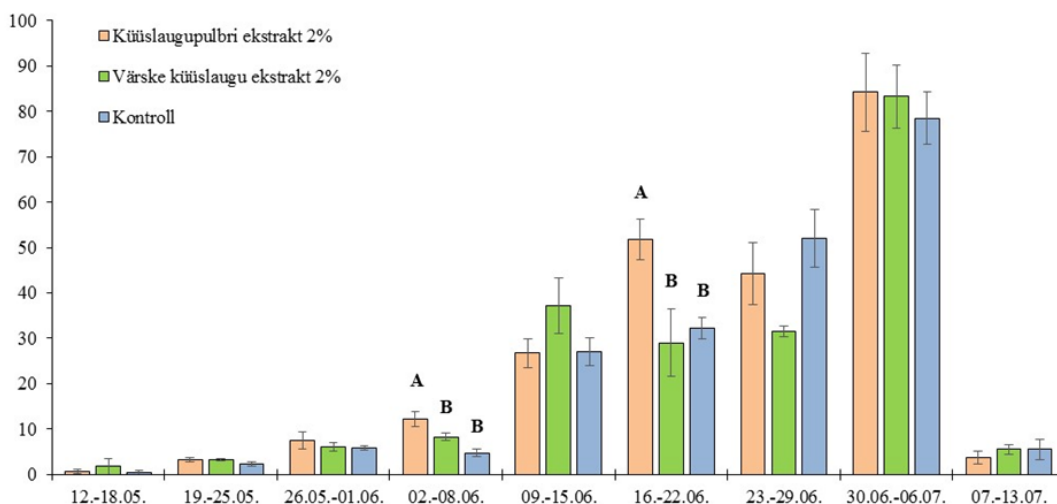
Esimesel, 2015. aastal (joonis 10) oli katseperioodi alguses harilikku maakirpu püünistes väga vähe ning esimese vaatlusperioodi (12.05–18.05) kokkuvõtteks ei olnud arvukuse võrdluses töötlusvariant oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=0,37$; $p=0,7$).

Teisel vaatlusperioodil (19.05–25.05) oli arvukus veidi tõusnud, kuid jäi kõikides katsevariantides enam-vähem samale tasemele ning samuti polnud arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=1,92$; $p=0,202$).

Ka kolmandal vaatlusperioodil tõusis hariliku maakirbu arvukus eelneva perioodiga võrreldes mõningal määral, kuid variantide vahel erinevus puudus ning arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=0,55$; $p=0,59$). Siiski võis märgata, et mingil määral oli rohkem maakirpe küüslaugupulbri variandis.

Neljandal vaatlusperioodil (02.06–08.06) oli töötlus maakirpude arvukuse võrdluses oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=10,09$; $p=0,005$). Variantide omavahelises võrdluses (Fisher LSD test) oli usutavalt rohkem harilikku maakirpu küüslaugupulbri variandis võrreldes värske küüslauguga ($p=0,040$) või kontrolliga ($p=0,0015$). Värske küüslaugu variandi ja kontrolli võrdluses hariliku maakirbu arvukuses usaldusväärne erinevus puudus ($p=0,065$).

Viiendal vaatlusperioodil (09.06-15.06) oli hariliku maakirbu arvukus kogu katsealal märgatavalt tõusnud, kuid arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=1,85$; $p=0,211$).



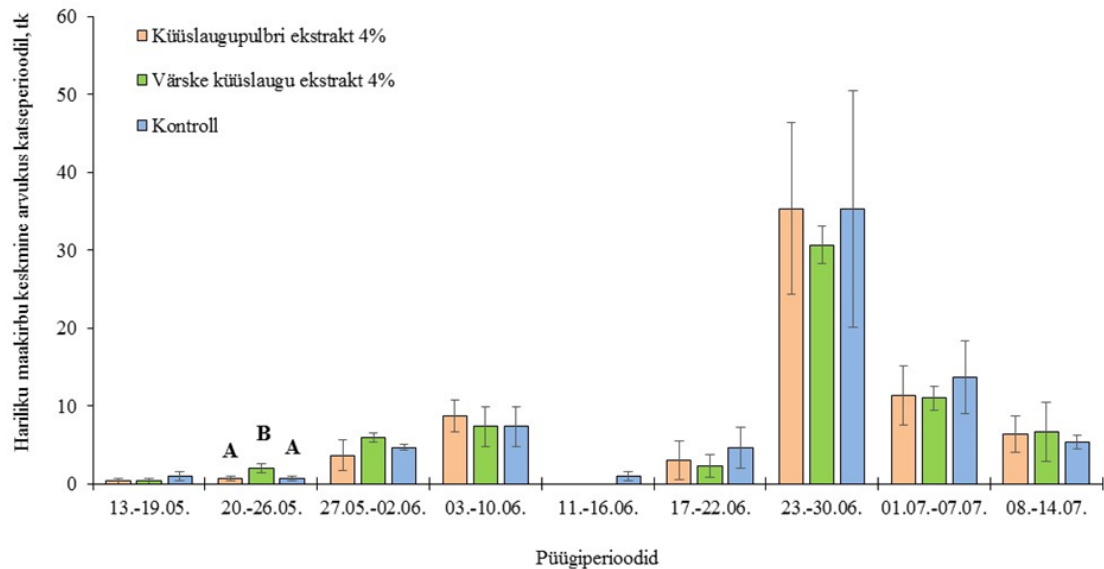
Joonis 10. Hariliku maakirbu arvukuse dünaamika erinevates katsevariantides 2015. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standarddviiga.

Kuuendal vaatlusperioodil (16.06–22.06) oli arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=5,63$; $p=0,03$). Variantide omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) oli küüslaugupulbri variandi püünistes oluliselt rohkem harilikku maakirpu, kui värske küüslaugu variandi püünistes ($p=0,012$) või kontrollis ($p=0,026$). Värske küüslaugu variandi ja kontrolli vahel puudus usaldusväärne erinevus ($p=0,668$).

Järgmisel katseperioodil (23.06–29.06) kahjurite arvukus oluliselt ei muutunud. Veidi vähenes küüslaugupulbri variandis ja tõusis kontrollis, kuid arvukuse võrdluses ei olnud töötlus sellel perioodil statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=3,55$; $p=0,072$).

Järgneval perioodil (30.06–06.07) tõusis hariliku maakirbu arvukus selle katseaasta kõrgeimale tasemele, kuid variantide võrdluses usaldusväärne erinevus puudus ning töötlus ei olnud arvukuse võrdluses statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=0,18$; $p=0,836$).

Viimasel vaatlusnädalal (07.07–13.07) langes hariliku maakirbu arvukus väga madalale tasemele, ka sel korral ei olnud arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=0,36$; $p=0,704$) ning variantide vahel puudus usaldusväärne erinevus.



Joonis 11. Hariliku maakirbu arvukuse dünaamika erinevates katsevariantides 2016. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standarddviaga.

Harilikku maakirpu oli 2016. aastal (joonis 11) eelmise katseaastaga võrreldes kogu vaatlusperioodi jooksul märgatavalt vähem. Esimesel vaatlusperioodil (13.05–19.05) leiti kõikide variantide püünistest üksikuid maakirpe ning arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt usaldusväärne tunnus (ANOVA; $F_{2,6}=0,61$; $p=0,626$).

Väga madalal tasemel oli hariliku maakirbu arvukus ka järgmisel vaatlusperioodil (20.05–26.05), kuid sellel vaatlusel oli arvukuse võrdluses töötlus oluline faktor (ANOVA; $F_{2,6}=3,28$; $p=0,08$). Sellel vaatlusel oli usaldusväärsest rohkem (Fisher LSD test) maakirpe värske küüslaugu ekstrakti variandi püünistel võrreldes küüslaugupulbri variandi ($p=0,049$) või kontrolliga ($p=0,049$). Küüslaugupulbri ja kontrolli võrdluses puudus usaldusväärne erinevus ($p=1,000$).

Järgnevatel vaatlusperioodidel (27.05–02.06 ja 03.06–10.06) hariliku maakirbu arvukus küll kasvas, kuid vaatlusperioodidel ei olnud töötlus arvukuse võrdluses statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,6}=1,07$; $p=0,412$ ja $F_{2,6}=0,05$; $p=0,981$) ning variantide võrdlusel ei olnud usaldusväärseid erinevusi.

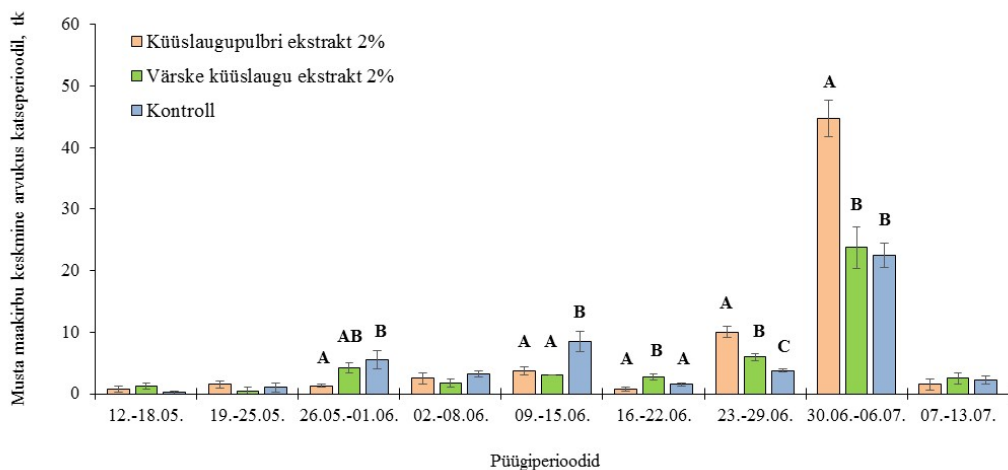
Järgnes periood (11.06–16.06), kus harilikku maakirpu oli väga vähe ning mõnes variandis ei olnudki (ANOVA; $F_{2,6}=2,75$; $p=0,011$). Edasi hakkas maakirpude arvukus uuesti tõusma, kuid ühelgi edaspidisel vaatlusperioodil polnud variantide vahel usaldusväärseid erinevusi. Perioodil (17.06.–22.06) ei olnud maakirpude arvukus üldiselt suur, kontrollvariandis leidis putukaid kõige enam (ANOVA; $F_{2,6}=0,36$; $p=0,782$).

Järgneval perioodil (23.06–30.06) tõusis hariliku maakirbu arvukus selle katseperioodi kõrgeimale tasemele, kuid ka nüüd polnud arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,6}=0,23$; $p=0,872$).

Järgneval perioodil (01.07–07.07) hakkas hariliku maakirbu arvukus kogu katsealal langema, kuid arvukuse võrdluses ei olnud variant oluline faktor (ANOVA; $F_{2,6}=0,15$; $p=0,923$).

Viimasel vaatlusel (08.07–14.07) oli hariliku maakirbu arvukus veelgi langenud, arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,6}=0,46$; $p=0,711$).

3.7. Musta maakirbu arvukuse dünaamika



Joonis 12. Musta maakirbu arvukuse dünaamika katsevariantides 2015. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standardviga.

Esimesel katseaastal oli musta maakirbu arvukus esimesel (12.05–18.05) ja teisel (19.05–25.05) vaatlusnädalal väga madalal tasemel (joonis 12). Neil püüginädalatel ei olnud arvukuse

võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=1,44$; $p=0,286$ ja ANOVA; $F_{2,9}=0,75$; $p=0,499$).

Mõnevõrra oli arvukus kasvanud kolmandal vaatlusnädalal (26.05–01.06) ning siis oli arvukuse võrdluses töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=4,98$; $p=0,04$). Variantide võrdlus (Fisher LSD test) näitas, et musta maakirpu oli küüslaugupulbri variandi püünistel usaldusväärset vähem, kui kontrollis ($p=0,013$) või värske küüslaugu variandis ($p=0,05$). Erinevust ei olnud värske küüslaugu ja kontrollvariandi võrdluses ($p=0,390$).

Neljandal vaatlusel (02.06–08.06) oli musta maakirbu arvukus endiselt madal ning arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=1,22$, $p=0,337$).

Järgmisel vaatlusel (09.06–15.06) oli arvukus mõnevõrra kasvanud just kontrollvariandis, küüslauguvariantides jäänud endiselt madalale tasemele. Analüüsidest arvukust, selgus, et töötlus oli statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=8,48$; $p=0,003$). Variantide võrdlus (Fisher LSD test) näitas, et kontrollis oli usaldusväärset rohkem maakirpe kui küüslaugupulbri ($p=0,003$) või värke küüslaugu variandis ($p=0,033$). Küüslauguekstraktide omavahelisel võrdlusel usaldusväärne erinevus puudus ($p=0,167$).

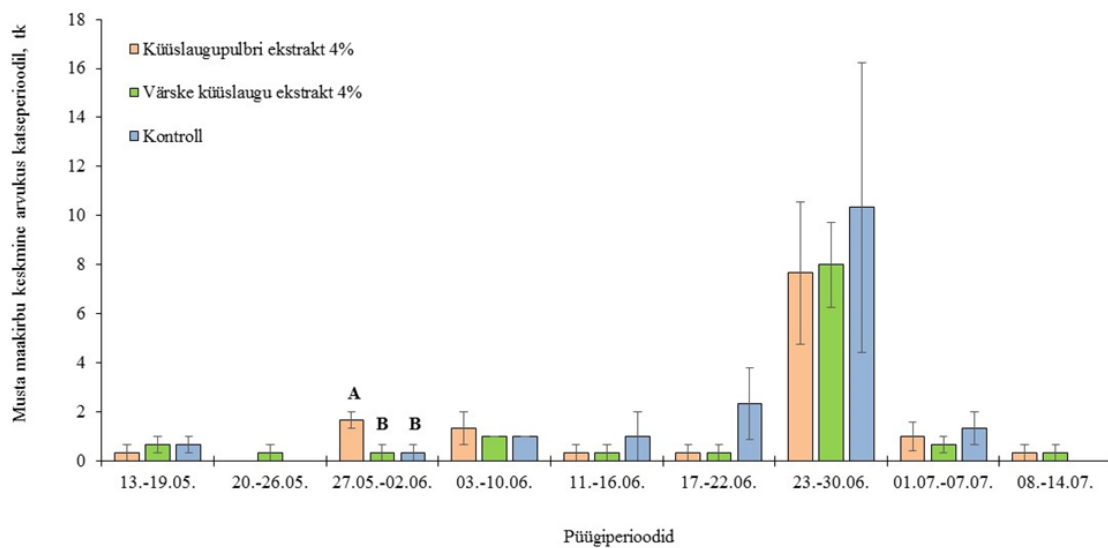
Juuni lõpupoole (16.06–22.06) oli musta maakirbu arvukus ikka väga madal, kuid arvukuse võrdlusel oli töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA $F_{2,9}=8,17$; $p=0,009$). Usutavalt rohkem oli musta maakirpu värske küüslaugu ekstrakti variandis võrreldes kontrolli ($p=0,004$) või küüslaugupulbri variandiga ($p=0,001$).

Juuni lõpus (23.06–29.06) oli musta maakirbu arvukus tõusnud just küüslaugupulbri variandi püünistel ning arvukuse võrdluses oli töötlus statistiliselt oluline faktor (ANOVA; $F_{2,9}=24,46$; $p=0,0002$). Variantide omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) oli küüslaugupulbri variandis usutavalt rohkem maakirpu, kui värske küüslaugu variandis ($p=0,001$) või kontrollis ($p=0,001$). Kontrolliga võrreldes oli rohkem musta maakirpu ka värske küüslaugu variandis ($p=0,034$).

Musta maakirbu maksimum saabus juuli alguses (30.06–06.07) ning arvukuse võrdluses oli töötlus oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=19,77$; $p=0,0005$). Variantide omavahelisel võrdlusel (Fisher LSD test) oli küüslaugupulbri variandis usutavalt rohkem maakirpu kui kontrollis ($p=0,0003$) või värske küüslaugu variandis ($p=0,0005$). Värske küüslaugu ja kontrolli võrdluses usaldusväärset erinevust ei olnud ($p=0,760$).

Viimasel vaatlusel (07.07–13.07) oli musta maakirbu arvukus langenud kõikides variantides väga madalale tasemele ning variantide puhul arvukuse võrdluses ei olnud töötlus statistiliselt oluline tunnus (ANOVA; $F_{2,9}=0,39$; $p=0,760$).

Selle katse puhul tulid selged erinevused esile siis, kui kahjuri arvukus oli kõrgem. Siis ilmnas, et ka selle kahjuriliigi puhul kogunes neid rohkem küüslaugupulbri variandi liimipüünistele. Tuleb märkida, et väga vähese kirpude arvukuse puhul võib tekkida võrdluses juhuslikkuse momente.



Joonis 13. Musta maakirbu arvukuse dünaamika erinevates katsevariantides 2016. aastal. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Fisher LSD test, $p < 0,05$). Vurrud joonisel näitavad standardviga.

Musta maakirbu arvukus oli 2016. aasta katseperioodi jooksul katse algusest mais kuni juuni lõpuni väga madal, kuigi mingil määral oli neid püünistes igal vaatlusperioodil (joonis 13). Variantide vahel usaldusväärset erinevust oli vaid ühel perioodil (27.05–02.06), kus usutavalt rohkem maakirpe oli küüslaugupulbri variandi püünistes (Fisher LSD test) võrreldes värske küüslaugu variandiga ($p=0,033$) ja kontrolliga ($p=0,022$).

Teisel vaatlusaastal oli musta maakirbu arvukuse maksimum nädala võrra varem, kui oli olnud eelneval, 2015. aastal. Arvukuse graafikute kujud olid kahel katseaastal sarnased.

Musta maakirbu hulk liimipüünistel näitas, et nende arvukus oli väga madal 2015. aastal pea maikuu lõpuni, teisel aastal aga pea kogu katseperioodi vältel.

Üheks madala arvukuse põhjuseks 2015. aastal olid ebasoodsad ilmastikutingimused mai teisel poolel. Pilvise ja jaheda ilmaga mardikad ei liigugi ringi või läbivad väga lühikesi vahemaid väikeste madalate hüpetega (Lamb 1983) ning seetõttu ei pruugi nad maapinnast kõrgemal olevatesse liimipüünistesse üldse sattuda.

KOKKUVÕTE

Eestis esinevad ristõielistele spetsialiseerunud maakirbud tarvitavad toiduks peamiselt noori kultuur- ja looduslikke taimi. Noores kasvujärgus kultuurtaimedele võib maakirpude rünne mõjuda hukatuslikult, seetõttu on levinud sünteetiliste insektitsiidide kasutamine. Selle tagajärjel on maakirbud muutunud resistentseks ning keskkond saastunud. Alternatiiviks oleks botaaniliste insektitsiidide laialdasem kasutamine taimekaitses. Valikute tegemisele peavad eelnema väikesemahulised põldkatsed.

Magistritöö eesmärgiks oli uurida kahel järjestikusel katseaastal kollaste liimipüüniste abil naeril, kui maakirbutundlikul kultuuril küüslaugu pulbri ja toore küüslaugu vesiekstraktide mõju. Hindamise kriteeriumid: maakirpude arvukus, liigiline koosseis.

Kahe katseaasta tulemuste omavahelisest võrdlusest selgus, et püünistelt saadud maakirpude koguarv oli oluliselt erinev, kusjuures teisel aastal saadi maakirpe kogu katseperioodi jooksul kokku pea kolm korda vähem kui esimesel katseaastal. Selle kõige tõenäolisemaks põhjuseks olid ekstreemsed talvitumistingimused 2015-2016 aastal. Väga soe sügis-talvine periood, millele järgnes pikk, väga madalate temperatuuridega lumeta periood, hukutas nähtavasti talvituvad maakirbud. Sellest tulenevalt tuleks edaspidi uurida põhjalikumalt talvitumise mõju maakirpude kevadisele arvukusele. See on oluline ka tõrje korraldamise seisukohalt.

Katseaastatel koguti kollaste liimipüünistega kuus erinevat maakirbu liiki: harilik maakirp (*Ph. undulata*), must maakirp (*Ph. atra*), suur maakirp (*Ph. nemorum*), sinihelk maakirp (*Ph. nigripes*), kurmtriibuline maakirp (*Ph. vittata*) ja mädarõika maakirp (*Ph. armoraciae*). Selline koosseis oli mõlemal katseaastal ühesugune ning analoogne Eestis varasematel aastatel saadud tulemustega. Sellest järeldub, et selline nähtavasti ongi maakirbu liikide tavakoosseis meie ristõielistel kultuuridel.

Katsetetulemuste analüüs näitas, et küüslauguekstraktidega töötlemine ei muutnud maakirpude liigilist koosseisu ega arvukuse omavahelisi osakaale. Seega ei leidnud hüpoteesi see osa kinnitust.

Mõlemal katseaastal ja kõigis katsevariantides oli kõige arvukamaks maakirbuliigiks harilik maakirp. Arvukuselt teine liik kordus ka kõigis katsevariantides ning selleks oli must maakirp. Teisi liike oli oluliselt vähem.

Maakirpude koguarvukuse ning enamesinenud liikide (must ja harilik maakirp) arvukuse dünaamika oli sünkroonis temperatuuride dünaamikaga, arenguks ning liikumiseks sobivate temperatuuride korral maakirpude arvukus püünistes suurenes, ilma jahenedes aga langes. Nende madala arvukuse põhjuseks liimipüünistel võis olla ka see, et kuna jaheda ilma korral liigutakse vaid väikeste madalate hüpetestega siis ei sattunudki nad püünistele. Analoogsetes katsetes tuleks edaspidi hinnata ka kahjurite arvukust taimedel. Arvukuse dünaamika graafiku kuju oli üldjoontes kõikides katsevariantides sarnane.

Magistritöös püstitatud hüpotees leidis osaliselt kinnitust – küüslaugupulbri variandis oli liimipüünistel usaldusväärset rohkem kahjureid kui kontrollis või toore küüslaugu ekstrakti variandis. Sellest järeldeb, et küüslaugupulber sisaldas nähtavasti rohkem maakirpe peletavaid aineid, mistõttu nad lahkusid pritsimise järel taimedelt ning sattusid püünistesse. Sellised tulemused olid hästi märgatavad esimesel katseaastal, kui maakirpude arvukus katsealal oli kõrge. Värske küüslauguekstrakti kasutamisel kummalgi katseaastal selliseid tulemusi ei saadud.

Küüslaugupreparaatide kontsentratsiooni kahekordistamise mõjude hindamine näitas, et kontsentratsiooni tõstmine ei toonud püünistes kaasa maakirpude arvukuse kasvu. Sellest järeldeb, et küüslauguekstraktidest on maakirpude püüdmiseks sobilikum küüslaugu pulber ning selleks piisab 2 %-lisest kontsentratsioonist.

Kuivõrd antud katses kasutati maakirpude arvukuse hindamisel vaid kollaseid liimipüüniseid, tasub kaaluda kahjurite püügimeetodite mitmekesisemaks muutmist, et kahjurite arvukust veelgi täpsemini hinnata.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Antwi, F. B., Olson, D. L., Knodel, J. J.** (2007). Comparative evaluation and economic potential of ecorational versus chemical insecticides for crucifer flea beetle (*Coleoptera: chrysomelidae*) Management in Canola. - *J. Econ. Entomol.* Vol. 100, No. 3, pp. 710-716.
2. **Arannilewa, S. T., Ekrakene, T., Akinneye, J. O.** (2006). Laboratory evaluation of four medicinal plants as protectants against the maize Eevil, *Sitophilus zeamais* (Mots). *African Journal of Biotechnology.* Vol. 5, No. 21, pp. 2032-2036.
3. **Arthurs, S. P., Lacey, L. A.** (2004). Field evaluation of commercial formulations of the codling moth granulosis virus: persistence of activity and success of seasonal applications against natural infestations of codling moth in Pacific Northwest apple orchards. - *Biol. Control.* Vol. 31 No. 3, pp. 388–397.
4. **Benelli G.** (2015). Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review. - *Parasitology Research,* Vol. 114, pp. 3201–3212.
5. **Björkman, M., Klingen, I., Birch, A., Bones, A.M., Bruce, T., Johansen, T., Meadow, R., Mølmann, J., Seljåsen, R., Smart, L., Steward, D.** (2011). Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health – influences of climate, environment and agronomic practice. - *Phytochem.* No. 72, pp. 538–556.
6. **Bohinc, T., Trdan, S.** (2013). Sowing mixtures of *Brassica* trap crops is recommended to reduce *Phyllotreta* beetles injury to cabbage. - *Acta Agriculturae Scandinavica.* Vol. 63, No. 4, pp. 297-303.
7. **Buczacki, S., Harris, K.** (2010). Taimekahjurite ja –haiguste käsiraamat. Tallinn: Varrak. 478 lk.
8. **Bukejs, A.** (2011). A new record of *Phyllotreta astrachanica* Lopatin, 1977 (*Coleoptera: Chrysomelidae*) from Latvia: A flea beetle new to the Eastern Baltic Region. - *J. Entomol. Res. Soc.* Vol. 13, No. 1, pp. 103-106.
9. **Denloye, A. A.** (2010). Bioactivity of Powder and Extracts from Garlic, *Allium sativum* L. (*Alliaceae*) and Spring Onion, *Allium fistulosum* L. (*Alliaceae*) against *Callosobruchus maculatus* F. (*Coleoptera: Bruchidae*) on Cowpea, *Vigna unguiculata* . - *Psyche.* Vol. 958348. Doi: 10.1155/2010/958348
10. **Dostall, L. M., Mason, P. G.** (2010). Key pests and parasitoids of oilseed rape or canola in North America and the importance of parasitoids in integrated management. In: Williams I.H., editor. Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests. Dordrecht: Springer, pp. 167–213.
11. **Dutta, I., Saha, P., Majumder, P., Sarkar, A., Chakraborti, D., Banerjeet, S., Das, S.** (2005). The efficacy of a novel insecticidal proteiin, *Allium sativum* leaf lectin (ASAL),

- against homopteran insects monitored in transgenic tobacco. - *Plant Biotechnology Journal* Vol. 2205, No. 3, pp. 601-611.
12. **Dwivedi, N.** (2008). Neem: present status and future prospects. - *Plant Archives*. –Vol. 8, pp. 17–22.
 13. **El-Wakeil, N. E.** (2013). Botanical Pesticides and Their Mode of Action. - *Gesunde Pflanzen*. Vol. 6, pp. 125-149.
 14. **Geyter, E. D., Lambert, E., Geelen, D., Smaghe, G.** (2007). Novel advances with plant saponins as natural insecticides to control pest insects. - *Pest Technology*. Vol. 1, No. 2, pp. 96-105.
 15. **Haberman, H.** (1962). Die Halticiden Estlands. Tartu: Acad Sci ESSR; p. 220.
 16. **Hiisaar, K., Metspalu, L., Jõudu, J., Jõgar, K.** (2006). Over-wintering of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in field conditions and factors affecting its population density in Estonia. - *Agronomy Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 21–30.
 17. **Hiisaar, K., Metspalu, L., Kuusik, A.** (1999). Azadirachtini toimest suur-kapsaliblikale. - *Teaduselt põllule ja aeda*. Tartu: TÜ Kirjastus, lk 211-217.
 18. **Hiisaar, K., Williams, I. H., Luik, A., Metspalu, L., Muljar, R., Jõgar, K., Karise, R., Mänd, M., Svilponis, E., Ploomi, A.** (2009). Factors affecting cold hardiness in the small striped flea beetle, *Phyllotreta undulata*. - *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 131, pp. 278–285.
 19. **Hincapié L. C. A., López, P. G. E., Torres, C. H. R.** (2008). Comparison and characterization of garlic (*Allium sativum* L.) bulbs extracts and their effect on mortality and repellency of *Tetranychus urticae* Koch (*Acari: Tetranychidae*). - *Chilean Journal of Agricultural Research*. Vol. 68, No. 4, pp. 317-327.
 20. **Hillep, E.** (2010). Ohtlikud taimekaitsevahendid ei tohi turule jõuda. - *Maamajandus*. Veebruar, lk 8-11.
 21. **Hooks, C. R. R., Johnson, M. W.** (2003). Review: Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. - *Crop Protection*. Vol. 22, pp. 223-238.
 22. **Hopkins, R. J., van Dam, N. M., van Loon, J.J.A.** (2009). Role of glucosinolates in insect-plant relationship and multitrophic interactions. - *Ann Rev Entomol*. Vol. 54, pp. 57–83.
 23. **Horowitz, A. R., Ishaaya, I.** (2004). Biorational insecticides – mechanisms, selectivity and importance in pest management. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 344.
 24. **Issako, L.** (1986). Kõõgiviljad ja maitsetaimed. Tallinn: Valgus. 156 lk.
 25. **Kiik, H.** (1986). Maailma viljad III-IV. Tallinn: Valgus. 303 lk.
 26. **Kiis, K.** (2016) Maakirbud ristõielistel kõõgiviljakultuuridel. Magistritöö. Tartu. 50 lk.
 27. **Koha, T.** (2013). Aiakahjurid. Kutsumata külalised aias. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda. 127 lk.

28. **Kokassaar, U.** (2006). Nurmennukk, kaunis ja söödav. - *Eesti Loodus*. Nr. 5. [e-ajakiri] http://www.eestiloodus.ee/artikkel1496_1476.html (10.03.2017).
29. **Konstantinov A.S., Baselga, A., Grebennikov, V. V., Prena, J., Lingafelter, S. W.** (2011). Revision of the Palearctic *Chaetocnema* species (*Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini*). Sofia, Moscow: Pensoft. 363 p.
30. **Kurg, A.** (1996). Käärde ja tangidega DNA kallal 2. Putukas, bakter ja kibe taim. - *Eesti Loodus*. Nr 10. [e-ajakiri] http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/EL/vanaweb/9609/dna.html (20.04.2017).
31. **Kuusik, A., Metspalu, L., Hiisaar, K.** (1995). Insektitsiidide toimemehhanismide uurimine putukatel. Tartu: EPMÜ Kirjastusgrupp. 292 lk.
32. **Kuusksalu, R., Kõverjalg, E., Leivategija, L., Paide, T., Randalu, I., Tammaru, I.** (1982). Taimekaitse. Tallinn: Valgus. 279 lk.
33. **Lai, R., You, M., Jiang, L., Lai, B., Chen, S., Zeng, W., Jiang, D.** (2011). Evaluation of garlic intercropping for enhancing the biological control of *Ralstonia solanacearum* in flue-cure tobacco fields. - *Biocontrol Science and Technology*. Vol. 21, No. 7, pp. 755–764.
34. **Lamb, R. J.** (1983). Phenology of flea beetle (*Coleoptera: Chrysomelidae*) flight in relation to their invasion of canola fields in Manitoba. - *Can. Entomol.* Vol. 115, pp. 1493–1502.
35. **Luca, R., Alberto, S., Ignazio, F.** (2013). Emerging entomopathogenic bacteria for insect pest management. - *Bulletin of Insectology*. Vol. 66, No. 2, pp. 181- 186.
36. **Luik, A.** (1997). Taimed putukate mõjutajaina. Tartu: AS Tartumaa. 86 lk.
37. **Luik, A., Veromann, E., Merivee, E.** 2007. Loodushoidlik taimekaitse. Tartu: Eesti Loodusfoto. 3 lk.
38. **Luik, A.** (2012). Looduslikud vahendid mahepõllumajanduslikus taimekaitses. Tartu: Ecoprint, 19 lk.
39. **Luik, A., Mikk, M., Vetemaa, A.** (2008). Mahepõllumajanduse alused. EV Põllumajandusministeerium: AS Folger Art, 174 lk.
40. Maheklubi. (2017). Prantsusmaa piirab jõuliselt taimekaitsevahendite kasutamist. [on-line] <http://www.maheklubi.ee/uudised/uudis/prantsusmaa-piirab-jouuliselt-taimekaitsevahendite-kasutamist/> (30.03.2017).
41. **Matt, D., Pehme, S., Peetsmann, E., Luik, A.** Taimekaitsevahendite jäägid Eesti kohalikus ja imporditud toidus 2008-2011. [on-line] <http://roheline24.ee/et/pestitsiidijaagid> (24.04.2017).
42. **Metspalu, L.** (2017). Taimedega kahjurite vastu. Tallinn: Hea lugu. 192 lk.
43. **Metspalu, L., Hiisaar, K.** (2002). Ristõieliste kultuuride kahjurid. Tartu: Bookmill Trükikoda. 102 lk.
44. **Metspalu, L., Hiisaar, K., Kuusik, A.** (1999). Segaviljelusega kapsakahjurite vastu. - *Teaduselt põllule ja aeda*. Tartu: TÜ Kirjastus, lk 205-210.

45. **Metspalu, L., Hiiesaar, K., Kuusik, A.** (2003). Factors influencing the population number of Large White Butterfly *Pieris brassicae* L. Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture, Horticulture and Vegetable Growing. Vol. 22, No. 3, pp. 179–185.
46. **Metspalu, L., Kiis, K., Jõgar, K., Ploomi, A., Hiiesaar, K.** (2016). Ristõieliste maakirbud valivad peremeestaimi. - *Eesti taimekaitse 95*. Tartu: Eesti Maaülikool, lk 15-18.
47. **Metspalu, L., Loorits, L., Jõgar, K., Hiiesaar, K.** (2007). Taimse insektitsiidi Neem-Azal T/S toimest kapsakoile (*Plutella Xylostella* L.). - *Agronoomia 2007*. Lk 129-132.
48. **Metspalu, L., Ploomi, A., Hiiesaar, K., Jõgar, K.** (2014). Neemipreparaadid vähendavad lehetäide arvukust. - *Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi toimetised 2014*. Lk 60-63.
49. **Meriga, B., Mopuri, R., Murali Krishna, T.** (2012). Insecticidal, antimicrobial and antioxidant activities of bulb extracts of *Allium sativum*. - *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. pp. 391-395.
50. **Mikenda, P., Mwanauta, R., Stevenson, P.C., Ndakidemi, P., Mtei, K., Belmain, S.R.** (2015). Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. - *PLoS ONE*, 10: e0143530. doi:10.1371/journal.pone.0143530.
51. **Muljar, R., Hiiesaar, K., Metspalu, L., Luik, A., Jõgar, K.** (2007). Hariliku maakirbu (*Phyllotreta undulata* Kutsh.) (*Coleoptera: Chrysomelidae*) mardikate külmataluvus lühiajalise ekspositsiooni korral. - *Agronoomia 2007*. Lk 133-136.
52. **Nwachukwu, I. D., Asawalam, E. F.** (2014). Evaluation of freshly prepared juice from garlic (*Allium sativum* L.) as a biopesticide against the maize weevil, (*Sitophilus zeamais* Motsch.) (*Coleoptera: Curculionidae*). - *Journal of Plant Protection Research*. Vol. 54, No. 2. pp. 132-138.
53. **Pallum, V.** (2007). Suur taimekaitseraamat. Tallinn: Tallinna Raamatutrükikoda, 528 lk.
54. **Pavela, R.** (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a review. - *Plant Protect. Sci.* Vol. 52, pp. 1–13.
55. **Ploomi, A., Metspalu, L., Luik, A., Jõgar, K., Hiiesaar, K.** (2015). Roheline seep tugevdab taimsete tõmmiste toimet. - *Agronoomia 2015*. Lk 151-154.
56. **Ploomi, A., Metspalu, L., Luik, A., Jõgar, K., Kivimägi, I., Sibul, I.** (2014). Põldosi tõrjub suur-kapsaliblika röövikuid. - *Teaduselt mahepõllumajandusele. Konverentsi toimetised 2014*. Tartu: AS Ecoprint, lk 76-79.
57. **Ploomi, A., Sibul, I., Aru, K., Jõgar, K.** (2016). Mõne insektitsiidse preparaadi toime suursüsijooksiku (*Pterostichus Niger*) suremusele. - *Eesti taimekaitse 95*. Lk 41-46.
58. Põllumajandusamet: (2016). Taimekaitsevahendid ja kasvuregulaatorid kasutamiseks Eesti Vabariigis. [on-line] <http://www.pma.agri.ee/docs/pics/Ecoprint%20I%20variant.pdf> (20.05.2017).

59. **Raal, A.** (2010). Maailma ravimtaimede entsüklopeedia. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus. 1007 lk.
60. **Rattan R. S.** (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin.- *Crop Protection*. Vol. 29, pp. 913–920.
61. **Sarwar, M.** (2015). Microbial insecticides - an ecofriendly effective line of attack for insect pests management. - *International Journal of Engineering and Advanced Research Technology*. Vol. 1, No. 2, pp. 4–9.
62. **Soroka, J. J, Elliott B.** (2011). Innovative methods for managing flea beetles in canola. - *Prairie Soils Crop*. Vol. 4, pp. 1–7.
63. Taimekahjustajate resistentsusest taimekaitsevahendite suhtes. (2015). [on-line] <http://www.pollumajandus.ee/uudised/2015/05/27/taimekahjustajate-resistentsusest-taimekaitsevahendite-suhtes> (30.03.2017).
64. „Taimekaitsevahendite säästva kasutamise tegevuskava 2013-2017“ vahearuanne 2013-2015. (2016). Maaeluministeerium. <https://www.agri.ee/sites/default/files/content/arengukavad/tegevuskava-taimekaitsevahendid-2013-aruanne-2015-a.pdf> (17.04.2017).
65. **Tooming, E., Must, A., Merivee, E.** (2016). Põhikäitumised kui tähtsad ja tundlikud ökotoksikoloogilised biomarkerid agroökosüsteemi kasulike röövlüljalgsede keemilise stressi hindamisel. - *Eesti taimekaitse* 95. Lk 51-54.
66. **Trdan, S., Valic, N., Žnidarcic, D., Vidrih, M., Bergant, K., Zlatic, E., Milevoj, L.** (2005). The role of Chinese cabbage as trap crop for flea beetles (*Coleoptera: Chrysomelidae*) in production of white cabbage. - *Sci Horticult*. Vol. 106, pp. 12–24.
67. **Ulmer, B.J., Dossall, L.M.** (2006). Emergence of overwintered and new generation adults of the crucifer flea beetle, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze) (*Coleoptera: Chrysomelidae*). - *Crop Protection*. No. 25, pp. 23–30.
68. **Vabar, M.** Küüslauk koduaias ja –köögis. Aabitsakukk. 41 lk.
69. **Valantin-Morison, M., Meynard, J.-M., Dore, T.** (2006). Effects of crop management and surrounding field environment on insect incidence in organic winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). - *Crop Prot*. Vol. 26, pp. 1108–1120.
70. **Veser, J.** (2013). Taimekahjustajad. Diagnoos ja tõrjemeetodid. Tallinn: Varrak. 189 lk.
71. **Özdikmen, H., Sahin, D. C.** (2017). A new species, *Phyllotreta Bilgeae* Sp. nov., from Turkey (*Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini*). - *Mun. Ent. Zool*. Vol. 12, No .1, pp. 175-179.
72. **Özdikmen, H., Sahin, D.C., Bal, N.** (2017). A new species of *Phyllotreta Chevrolat* from Turkey (*Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini*). - *Mun. Ent. Zool*. Vol. 12, No.1.
73. **Yang, F-L., Zhu, F., Lei, C-L.** (2012). Insecticidal activities of garlic substances against adults of grain moth, *Sitotroga cerealella* (*Lepidoptera: Gelechiidae*). - *Insect Science*. No. 19, pp. 205–212.

GARLIC EXTRACTS INFLUENCE ON FLEA BEETLES DISTRIBUTION AND ABUNDANCE

The flea beetles in Estonian, which have specialised in cruciferous plants, mainly eat young cultured and natural plants. The attack of flea beetles on young developing cultured plants may damage the crop and due to that synthetic insecticides have been applied. As the result the flea beetles have developed resistance and the environment is polluted. The alternative would be a wider application of botanical insecticides in plant protection. Before making a choice, small-scale field testing has to be carried out.

The aim of the Master's thesis is to study during two consecutive years the impact of the garlic power and the fresh garlic water extract in yellow glue traps on the turnip, which is sensitive to the flea beetle. Evaluation criteria: the abundance of flea beetles, the content of the species.

The comparison of two testing years shows that the total number of flea beetles is different whereby during the second year the number of flea beetles counted was three times less than during the first testing year. The most evident reason for that may be extreme winter conditions in 2015-2016. The autumn-winter period was very warm, followed by a very long snowless period of very low temperatures, which evidently destroyed the population of flea beetles. Therefore, further on the impact of hibernation on the abundance of flea beetles in spring has to be studied more thoroughly. It is important also from the point of view of organising protective measures.

During the testing years the yellow glue traps caught six different species of flea beetles: *Ph. undulata*, *Ph. atra*, *Ph. nemorum*, *Ph. nigripes*, *Ph. Vittata* and *Ph. armoraciae*. The species were the same in both testing years and analogical with the results obtained in Estonia earlier. Due to that we may conclude that this kind of species form the typical composition of flea beetle species on our cruciferous plants.

The analysis of test results shows that processing with garlic extracts did not change the content of species of the flea beetles or the proportion of the abundance of the population. Hence, the hypothesis is not confirmed.

During both testing years and in all testing variants the most abundant species of the flea beetle was the common flea beetle. The second abundant species also recurrent in other test variants is the black flea beetle. The other species observed are significantly less abundant.

The dynamics of the total abundance of flea beetles and the most widely-spread species (the black and the common flea beetle) is synchronised with the dynamics of temperatures: with temperatures suitable for the movement of flea beetles their number in traps increased and when temperatures dropped the number also dropped. The reason for low abundance in glue traps may be the fact that when the weather is cool they do not move that much and make small low leaps, so they are not caught in the traps. In analogical experiments the abundance of pests on plants should be assessed in future. The shape of the trend of the abundance dynamics was generally the same in all test variants.

The hypothesis established in the Master's thesis is partly confirmed – the glue trap with garlic powder has significantly more pests than the control trap. It may be concluded that the garlic powder evidently contained more repelling substances to the flea beetle, due to which they left the plants after spraying and were caught in the traps. Such results were well observed during the first testing year, when the abundance of flea beetles in the research area was high. The usage of garlic extract did not give such results during either testing year.

The assessment of the impact in case of double concentration of the garlic preparations shows that increasing the concentration did not increase the abundance of flea beetles in the traps. Hence – it may be concluded that garlic powder is more effective than garlic extract in catching flea beetles and 2 % concentration is adequately effective.

As only yellow glue traps were used for the assessment of the abundance of flea beetles, making the catching methods more varied might be considered in order to estimate the abundance of pests more precisely.

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Kadri Laugen,
Sünniaeg, 01.06.1976

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Küüslauguekstraktide mõju maakirpude arvukusele ja liigilisele koosseisule,

mille juhendajad on vanemteadur Luule Metspalu PhD, teadur Angela Ploomi PhD, dotsent Katrin Jõgar, PhD

- 1.1.salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2.digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3.veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
allkiri

Tartu, 29.05.2017

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)