

EESTI TAIMEKAITSE

95

*Käesolev artiklite kogumik ilmub teaduslik-praktilise konverentsi
“Eesti taimekaitse 95” raames ning selles tutvustatakse tulemusi
ning uusi trende loodushoidlikus taimekaitses.*



Teaduslik-praktiline konverents „Eesti taimekaitse 95“, 20. oktoobril 2016. a. Tartus

Toimkond: *Luule Metspalu, Katrin Jõgar, Eve Veromann, Marika Mänd*
Kaanefoto: *Enno Merivee*
Kujundus: *Eesti Loodusfoto*

Väljaandja: Eesti Maaülikool, 2016
ISBN 978-9949-569-37-3

Raamat ilmub PRIA toetusel



Maaelu Arengu Euroopa
Põllumajandusfondi
Euroopa investeringud
maapiirkondadesse

EESTI
TAIMEKAITSE

95

Konverentsi toimetised

Eesti Maaülikool
Tartu, 2016

SISUKORD

PAHALASED AIAS, PÕLLUL JA METSAS	7
7 Kartulimardika alternatiivsed toidutaimed <i>Küllli Hiiesaar</i>	
11 Sõstra-pahklesta parasitoidi <i>Aprostocetus eriophyes</i> (Taylor, 1909) (Hymenoptera: Eulophidae) leiud Eestis <i>Eha Kruus, Eve Veromann, Märt Kruus</i>	
15 Ristõieliste maakirbud valivad peremeestaimi <i>Luule Metspalu, Kert Kiis, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Külli Hiiesaar</i>	
19 Kaitsevaha mõju hariliku männikärsaka (<i>Hylobius abietis</i>) (Coleoptera: Curculionidae) toitumiskäitumisele laboritingimustes <i>Ivar Sibul, Angela Ploomi</i>	
25 Seltsilistaimede mõju kapsakoi (<i>Plutella xylostella</i>) arvukusele ja parasiteerituse tasemele valgel peakapsal <i>Eve Veromann, Kätlin Rannamäe, Riina Kaasik, Gabriella Kovacs, Luule Metspalu</i>	
31 Hobukastani-keerukoi (<i>Cameraria ohridella</i>) lendluse dünaamika ja voltinism Eestis <i>Kaljo Voolma</i>	
KASURID JA NEID MÕJUTAVAD TEGURID	35
35 Kuidas kasutada kimalasi taimekaitses? <i>Marika Mänd, Reet Karise, Riin Muljar, Gerit Dreyersdorff, Risto Raimets</i>	
41 Mõne insektitsiidse preparaadi toime suur-süsijooksiku (<i>Pterostichus niger</i>) suremusele <i>Angela Ploomi, Ivar Sibul, Kristiina Aru, Katrin Jõgar</i>	
47 Lühiülevaade pestitsiidide mõjust mesilasemadele <i>Risto Raimets, Marika Mänd</i>	
51 Põhikäitumised kui tähtsad ja tundlikud ökotoksikoloogilised biomarkerid agroökosüsteemi kasulike röövliljalgsete keemilise stressi hindamisel <i>Ene Tooming, Anne Must, Enno Merivee</i>	

HAIGUSED AHISTAVAD KARTULIT JA TERAVILJA 55

- 55 *Fusarium* sp. esinemisega seotud taimehaiguste uurimisest
EMMTUI-s ja EMVI-s
Heino Lõiveke
- 61 Kartuli-lehemädanikutekitaja Eesti populatsioonid on geneetiliselt
väga mitmekesised
Eve Runno-Paurson, Riinu Kiiker
- 67 Haigustõrje mõju suvinisu saagile ja majanduslik tasuvus
Pille Sooväli, Mati Koppel
- 71 Eestis enamkasvatatavate kodu- ja välismaiste kartulisortide
lehemädanikukindlusest
Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv

PESTITSIIDID JA NENDE JÄÄGID 75

- 75 Akaritsiid tau-fluvlinaat mesilasvahas
Reet Karise, Risto Raimets, Marika Mänd
- 79 Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdrofüütilist aktiivsust
Helena Madsen, Liina Talgre, Viatcheslav Eremeev, Anne Luik
- 83 Taimekaitsevahendite jääkide esinemine õuntes
Krista Tiirmaa, Toivo Univer, Merike Toome

EMÜ TAIMEKAITSE OSAKONNA TEGEVUSEGA
SEOTUD RAHVAS AJAS JA PILDIS 87

PAHALASED AIAS, PÕLLUL JA METSAS

Kartulimardika alternatiivsed toidutaimed

Külli Hiiesaar

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ kylli.hiiesaar@emu.ee

■ Sissejuhatus

Kartulimardikas (*Leptinotarsa decemlineata* Say) on mitmetoiduline kahjur, kelle toidutaimede hulka kuuluvad üksnes maavitsaliste (Solanaceae) sugukonda ja valdavalt maavitsade perekonda (Solanum) kuuluvad taimed. Tema esmane toidutaim oli nokjas maavits (*Solanum rostratum*). Esmakordselt leiti mardikat harilikult kartulilt (*S. tuberosum*) 1859. aastal Nebraskas. Kartuliga kohanes kahjur kiiresti ja hakkas levima ning järgnevatel aastakümnetel jooksul saigi kartul mardika põhitoidutaimeks (Tower, 1906).

Kartulimardika toidutaimede valikut mõjutab selles sisalduvate signaalainete: glükoalkaloidide, aminohapete ja proteiinide koostis ja kogused. Kas taime hakatakse süüa või mitte, sõltub repellentide (pelatajad), deterrentide (söömapärssijad) ja fagostimulantide (toitumisstimulandid) vahekorra. Kui taim on piisavalt repellentne, ei lasku putukas sellele, kui taimes ei leidu toitumisstimulante või domineerivad deterrentid, ei hakka putukas süüa (Hsiao, 1976).

Kartulimardika potentsiaalsete toidutaimede nimekiri on pikk (Hare ja Andreadis, 1983; Hare, 1990). Vastsete arengut ja ellujäämist mõjutab taime liik ja kasvukoht. Erinevusi võib ette tulla mardika erinevate geograafiliste populatsioonide vahel, sõltuvalt sellest missuguste taimedega on nad eelnevalt kokku puutunud ja kohanenud (Brown jt, 1980). Näiteks Ameerikas läbiviidud katsete põhjal on harilik maavits ühe populatsiooni mardikatele sobiv toidutaim, teise omad aga väldivad seda sootuks (Hare ja Andreadis, 1983).

Eestis on kartulimardikal välja kujunenud püsipopulatsioon, kes suudab meil edukalt talvituda, kuid sageli jõuavad lõunapoolt siia ka tundmatu päritoluga mardikad. Nende saatus sõltub sellest, kas ja kui kiiresti need mardikad leiavad sobiva toidutaimede. Kui kartulit ei leita, siis selleks, et ellu jääda võivad mardikad leida tuge alternatiivsetest toidutaimedest. Sellest lähtuvalt seadsime käesoleva töö eesmärgiks uurida erinevate maavitsaliste taimede sobivust mardika toidutaimena. Laborikatsetes jälgisime, kas mardikad võtavad omaks neile võõrad taimed, kas munadest kooruvad tõugud suudavad lõpetada arengutsükli ja missuguse massi saavutavad mardikad.

■ Materjal ja meetodika

Mardikad koguti 2014. aastal septembris Eerika katsepõllult varajaselt kartulisordilt 'Maret'. Mardikad talvitusid külmkapis temperatuuril 5 ± 1 °C niiske mullaga täidetud plastkarpides. Katset alustati veebruaris, kui mardikate diapaus lõppes ja nad väljusid mullapinnale. Toidutaimedeks valisime maavitsaliste sugukonda kuuluvad taimed: harilik kartul (*S. tuberosum*), tomat (*S. lycopersicum*), baklažaan (*S. melongena*), paprika (*Capsicum annum*), harilik maavits (*S. dulcamara*), lilltubakas (*Nicotiana glauca*), harilik tubakas (*N. tabacum*) ja inglitrompet (*Brugmansia sanguinea*). Taimi kasvatati päevavalguslampide all 16 h päevapikkuse juures temperatuuril 22 ± 2 °C.

Igale isoleeritud taimele viidi 5 isast ja 5 emast mardikat. Pidevalt jälgiti mardika liikumist, toitumist, munemist, tõukude arengut. Arengutsükli läbinud mardikad loendati ja kaaluti. Katse oli kolmes korduses, igas korduses oli üks taim.

■ Tulemused

Andmetest nähtub, et mardikate käitumine ja areng sõltusid taime liigist (tabel 1).

Mardikad toitsid ja munesid kõige intensiivsemalt kartulil ning 96% mune- tud munadest lõpetas arengutsükli. Tomatil söid mardikad küll vähe, kuid 15,2% munadest lõpetas arengutsükli ja neist koorusid mardikad. Kolmas taim, millel arengutsükkel läbiti, oli lilltubakas, kuid seda söödi väga vähe ja tõukude suremus oli kõrge, valmikustaadiumini jõudis 5% munadest. Lilltubakal ja tomatil arene- sid välimuselt normaalsed, kuid tunduvalt väiksema kehakaaluga mardikad, kui kartulil. Baklažaani ja inglitrompetit mardikad toiduks ei kasutanud kuigi sinna muneti, neist koorunud vastsed hakkasid küll sööma, kuid hukkusid nooremates

Tabel 1. Kartulimardika areng erinevatel maavitsaliste sugukonda kuuluvatel taimedel

Taim	Mardikate käitumine	Munakogumi- kud (munade arv kokku)	Vastsete areng	Arengutsükli lõpetanud, arv (%)	Mardikate kaal (mg) ± hälve
Harilik kartul	Söövad, asuvad taimel	7 (250)	Valmik	240 (96)	156,4 ± 28,0
Baklažaan	Ei söö	2 (36)	Hukkunud III kasvujärgus	–	
Paprika	Väldivad taime	0	–	–	
Harilik maavits	Söövad vähe, asuvad taimel	0	–	–	
Inglitrompet	Ei söö	4 (51)	Hukkunud munast koorumisel	–	
Tomat	Söövad vähe, asuvad taimel	5 (158)	Valmik	24 (15,2)	86,7 ± 23,5
Lilltubakas	Söövad vähe, asuvad taimel	4 (120)	Valmik	6 (5)	67,8 ± 15,6
Tubakas	Väldivad taime	0	–		

kasvujärkudes. Harilikku maavitsa söid mardikad väga vähe, vaid lehe servadel olid toitumisjäljed, kuid taimele nad ei munenud. Tubakat ja paprikat mardikad vältisid, ei söönud ega munenud, valdavalt liikusid mööda isolaatori pinda.

■ Arutelu

Oligofaatsete putukate jaoks on palju potentsiaalseid toidutaimi, kuid nendega kohanemine võtab aega, kiiremini kohanetakse nende taimedega, mida on uues kasvukohas külluses. Uue taime omaksvõtt on järk-järguline (Hare ja Andreas, 1983).

Alternatiivsete toidutaimede sobivusest kartulimardikale on palju katseid on tehtud Põhja-Ameerikas, kartulimardika algkodumaal. Nii on leitud, et kartulimardikas oli paiguti belladonnal isegi arvukam kui kartulil, kuid geograafiliste populatsioonide vahel olid suured erinevused (Brown jt, 1980). Kartulimardika populatsioonide heterogeensust näitavad erinevates kohtades läbiviidud vaatlused. Näiteks oli Kanadas tomat mardikale potentsiaalselt sama sobiv peremeestaim kui kartul, suremus varieerus pigem aastate kui kultuuride lõikes (Harding jt, 2002). Siiski näitasid laborikatsed, et mardikas väärib paremini kartulit, viljakus on suurem ja areng on kiirem, pooled mardikatest keeldusid tomatit üldse söömast, mis näitab, et populatsioon ei ole homogeenne (Latheef ja Harcourt, 1972). Seevastu Inglismaal hukkusid tõugud tomatil juba nooremates kasvujärkudes (L. Blackbird, suulised andmed). Meie katsetes olnud taimedest läbis väike osa vastsetest arengutsükli tomatil ja lilltubakal, kuid formeerunud mardikad olid väga väikesed ja suremus kõrge.

Meie kohalikku populatsiooni täiendavad pidevalt lõunapoolsetest regioonidest tuultega sisse kandunud mardikad, kelle täpne päritolu ja eelnev arengulugu on meile teadmata. Sisserännanud mardikad on teistele maavitsalistele, nagu tomat, paprika ja baklažaan, paremini kohastunud, sest neid taimeliike kasvatatakse lõunas avamaal ja mardikas puutub nendega pidevalt kokku. Meil avamaal kasvatatavate maavitsaliste kultuurtaimede valik ei ole kuigi suur. Mitmed meie katses olnud maavitsalised ei peletanud mardikaid ega pärssinud ka toitumist – mardikad söid neid vähesel määral, munesid neile taimeliikidele ja tõugud hakkasid arenema. Sellest järeldub, et nendel taimedel on perspektiivi saada tulevikus kartulimardikale alternatiivseks toiduks. Eriti oluline on see suuremate sisserännete korral, kui juba eelnevalt mitme erineva taimeliigiga harjunud mardikad jõuavad siia, kuid ei leia kartulipõldu, küll aga teisi maavitsalisi. Kirjandusest on teada, et Põhja-Ameerikas umbrohuna kartulipõllul kasvavad metsikud maavitsad on ajapikku saanud mardikale tavapäraseks toidutaimeks (Hare ja Andreas, 1983). Seda võib juhtuda meilgi, kui lehemädanik hävitab kartulipealsed, kuid lähikonnas leidub teisi maavitsalisi, millel mardikas saab läbida talvituseelse küpsussööma. Meilgi võib üheks selliseks toidutaimeks saada harilik maavits, mis kasvab mererannas ja rohumaadel. Suuremate sisserännete korral oleme leidnud randades elusaid mardikaid, mis meri välja uhub. See võib mardikatele saada esimeseks toiduks, mis aitab nälga leevendada ja rännakuid jätkata. Kartulimardikas on äärmiselt kohanemisvõimeline putukas ja meie esialgsetest katsetest võib järeldada, et kohanemine teiste maavitsalistega on meilgi vaid aja küsimus.

Kasutatud kirjandus

- Brown, I.I., Jermy T., Butt, B. A. 1980. The influence of an alternative host plant on the fecundity of the Colorado potato beetle, (*Leptinotarsa decemlineata* Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annual Entomological Society*, 73, 97–99.
- Harding, C.L., Fleischer, S.J., Blom, P. 2002. Population dynamics of the colorado potato beetle in an agroecosystem with tomatoes and potatoes with management implications to processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 31, 1110–1118.
- Hare, J.D., Andreas, T.G. 1983. Variation in the susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) when reared on different host plants to the fungal pathogen, *Beauveria bassiana* in the field and laboratory. *Environmental Entomology*, 12, 1892–1897.
- Hsiao, T.H. 1976. Chemical and behavioral factors influencing food selection of *Leptinotarsa* beetles. *Symposium Biologica Hungarica*, 16, 95–99.
- Latheef, M.A., Harcourt, D.G. 1972. A quantitative study of food consumption, assimilation and growth in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera Chrysomelidae) on two host plants. *The Canadian Entomologist*, 104(8), 1271–1276.
- Tower, W.L. 1906. *An investigation of evolution in Chrysomelid beetles of the genus Leptinotarsa*. Washington, D.C. Carnegie Institution, 320 pp.

Sõstra-pahklesta parasitoidi *Aprostocetus eriophyes* (Taylor, 1909) (Hymenoptera: Eulophidae) leiud Eestis

Eha Kruus, Eve Veromann, Märt Kruus

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ eha.kruus@emu.ee

■ Sissejuhatus

Parasitoidid mõjutavad oluliselt paljude taimtoiduliste putukate, aga ka ämbliku- laadsete populatsioonide arvukust. Vaatamata nende suurele biomajanduslikule tähtsusele on Eesti parasitoidide faunat uuritud puudulikult. Kiresvampplasealaadseid (Chalcidoidea) võiks Eestis hinnanguliselt esineda umbkaudu vähemalt tuhat liiki (Maavara jt, 1961), kuid näiteks käesoleva hetkeni on sugukonna Eulophidae 102 perekonna esindajatena Eesti elurikkuse andmekogusse (eElurikkus) kantud 55 liiki ilma viiteta leidudele Eestis. Seega puudub meil terviklik ülevaade perekondade ja liikide esinemise kohta.

Sõstra-pahklesta (*Cecidophyopsis ribis* (Westwood, 1869), van. *Eriophyes ribis*) tuntakse aiakahjurina juba ammu (Taylor, 1909). Tema tegevuse tagajärjel mustsõstra pungad paisuvad ning ümarduvad, kuid ei avane ja hiljem kuivavad. Viirus- haiguse – mustsõstra-reversiooni ehk täidisõielisuse siirutamise tõttu on ta eriti ohtlik, aga ka sageli esinev kahjustaja. Kirjanduse andmetel iseloomustab pahklesta kiire paljunemine ja hea levimisvõime. Seetõttu tekkis küsimus, miks on kohati pahklesta populatsioon püsinud aastaid samadel põõsastel ega laiene naabruses kasvavatele peremeestaimedele. Jaanuaris 2016 avastasime sõstra-pahklesta kahjustusega pungi mikroskoopides, et nendes elutsesid kiletiivalise parasitoidi vastsed: diferentseerumata peaosa ja jalgadeta vaglad (Kruus, 2016). Vastsekambrid asusid punga tsesentris, meristeemkoe vahetus läheduses, kohas, mida teatakse ka pahklestade uut kolooniat rajavate isendite agregatsiooni paigana (Taylor, 1909). Käesoleva uurimistöo eesmärk oli välja selgitada, mis liigiga oli tegemist.

■ Materjal ja meetodika

Sõstra-pahklesta kahjustustega avanemata pungadega 12–15 cm pikkused oksad (n = 15) võeti 3. aprillil 2016 Tartumaalt, varem Sipe (Kambja v), nüüd Ignase (Haaslava v) külla kuuluva Hurda talu (58°15'5"N; 26°49'57"E) vanadelt, metsistunud mustsõstrapõõsastelt. Oksad asetati klaasalusele pandud veeanumasse ja kaeti läbipaistva klaaskupliga. Alates teisest nädalast kontrolliti iga päev koorumist. Koorunud valmikud püüti kinni etanooli kastetud pehme pintslil abil ja tõs- teti Eppendorfi tuubi säilituslahusesse. Katse lõppes 8. mail 2016, kui mitme päeva jooksul enam ühtegi putukat ei koorunud. Pungapahad lahati, et tuvastada sõstra- pahklesta parasiteerituse määr. Määratud materjal valmistatakse ette üleandmiseks EMÜ Põllumajandus- ja Keskkonnainstituudi entomoloogilisse kollektiooni.

■ Tulemused ja arutelu

Puhkestaadiumis okstelt leiti väljakasvatamise käigus nelja liiki lülilajgseid (tabel 1). Määrang põhines Eulophidae sugukonna parasitoidide määr ajal (Reina ja La Salle, 2003) ning Euroopa Tetrastichinae alamsugukonna reklassifikatsioonil (Graham, 1987). *Aprostocetus* on väga suur kosmopoliitse levikuga perekond: Tetrastichinae alamsugukonna suurima perekonnana on ta üks liigirikkamaid kiresvamplaste hulgas üldse (Noyes, 2001). Perekonna esindajaid iseloomustab emastel 3- ja isastel 4-lüliline tundlapiug (*funiikul*), täielikud *notaulused* (piklikud längus õnarad keskseljal (*mesoscutum*)), isastel on tundla tüvilüli (*scapus*) kõhtmine plaat ja eestiiva postmarginaalne soon redutseerunud. Kõige sagedamini aetakse *Aprostocetus* segi perekonnaga *Baryscapus*. Seetõttu tuleb nende eristamiseks vaadelda rindmikul mõhna (*callus*) kõrgeenenud serva, mis perekonnal *Aprostocetus* osaliselt katab hingamisava välispiiri ning harjaseid urujätketel (*cercus*), mis *Aprostocetus*’el ei ole ühepikkused, vaid millest üks on silmnähtavalt pikem ja lainjas. Taolised harjased on ka perekonna *Quadrastichus*’e esindajatel, kuid nende eestiiva submarginaalsel soonel esineb ainult üks harjas, samal ajal kui *Aprostocetus*’el on neid vähemalt kaks. Lisaks on sarnane perekond *Minotetrastichus*, mis erineb *Aprostocetus*’est selle poolest, et näokilbi (*clypeus*) piirjoon on nõrgalt sagaraline, lameda tipuga ning *propodeum*’i (rindmikuga kokku kasvanud tagakeha esimene segment) hingamisava on väike ümmargune ja asub *metanotum*’ist vähemalt oma diameetri võrra eemal. Veel on *Minotetrastichus*’ele iseloomulik *propodeum*’i hingamisava avatud äär terves ulatuses ning urujätete harjased, millest vähemalt kaks pikemat on enam-vähem ühepikkused ja sirged või pisut kaarjad (Graham, 1987).

A. eriophyes sarnaneb *A. pallipes*’ele, kuid morfoloogilised pisidetailid ja erinev peremeesorganism teevad liigi määratluse ilmeksimatuks (Graham, 1987). Ainuke parasitoid, mida kirjanduse andmeil pahklestaga seostatakse, on *Aprostocetus* (*Aprostocetus*) *erriophyes* (Taylor, 1909), sünonüüm *Tetrastichus eriophyes* Taylor, 1909. Fauna Europaea (2016) andmetel on seda liiki leitud Itaalias, Saksamaal, Poolas, Suurbritannias, Rootsis ja Soomes, mistõttu oli tema esinemine ka Eestis väga tõenäoline. Taylor (1909) nimetab seda üheks kõige tavalisemaks ja pahklesta arvukuse vähendamisel kasulikuumaks parasitoidiks. Leitud isenditest 16 olid emased, ühel on sugu määramata. Teise parasitoidi sugukonna Torymidae (Chalcidoidea) ainus isend oli manipuleerimise käigus kahjustada saanud ja ilma peata, mistõttu liigini määrata ei olnud võimalik. Tähelepanuväärne on leiu juures asjaolu, et senini ei ole seda sugukonda kunagi sõstra-pahklestaga seostatud. Seega on see täiesti uus teadmine ja vajab täpsustavat kontrollimist.

Pahklestade kahjustuse tagajärjel oli katsematerjali 84 pungast 82% muutunud pungapahkadeks ja 1/3 okstest oli kaotanud kõik kasvupungad. Pahklesta asurkond on antud kasvukohas mustsõstrapõõsastel olnud kauem, kui praegused elanikud mäletavad. Tegu on põlistaluga, mille maad olid kaardistatud Vana-Kuuste mõisamaadest lahus enne 19. sajandi keskpaika. Põõsaste asukoht üle poolteise sajandi vanuse ehitise lõunaküljel võib viidata sellele, et need saavad olla jäänukid talu algupärasest marjaaiast. Põõsaste kõrgele vanusele osundab ka see, et marjaistandikuna kultuuris hoitavatel põõsastel ja mujal lähikonnas metsistunud, spontaanselt

Tabel 1. Sõstra-pahklesta (*Cecidophyopsis ribis*) kahjustusega puhkestaadiumis mustsõstraokstelt väljakasvatatud lüljalgsed

Jrk nr	Koorumise aeg	Liik	Taksonoomiline kuuluvus	Hulk
1.	05.04.16	Kiresvamplane *	Hymenoptera, Chalcidoidea, Torymidae	1
2.	22.04 – 03.05.16	Kiresvamplane <i>Aprostocetus eriophyes</i>	Hymenoptera, Chalcidoidea, Tetrastichinae	17
3.	27.04.16	Lehetäi *	Aphididae	1
4.	29.04.16	Hooghännaline *	Collembola	1

* – liik määramata

levinud põõsastel ei ole pahklesti avastatud. Eeldatavalt oli juba enne nende kasvama hakkamist esialgses populatsioonis avaldunud tugev häiring, mis kahjuri arvukuse maha surub ja tema levimist pidurdab. Käesoleva töö tulemustest võime järeldada, et selleks on tõenäoliselt suurearvulise parasitoidipopulatsiooni mõju. Seevastu parasitoidide vähesust on seostatud peremeestaime kasvatamise lühikese ajalooga kohapeal (Veromann, 2007).

Pungapahkade lahkamise tulemusena leidsime, et kiresvamlase vastsekamber esineb igas pahklestakahjustusega tipupungas ja enamikus suurematest külgpungadest. Vastsekambrite hulgast ning koorunud valmikute arvust tulenes, et 90% parasitoididest elas vastsejärgu üle ning koorus edukalt valmikuks. Parasitoidide hulk ületas katseks kogutud okste arvu. Teisisõnu, praktiliselt iga sõstra-pahklesta kasvuk ja arenguks sobilikum pung osutus *A. eriophyes* poolt hõivatuks.

Sõstra-pahklestadel on teada hulgaliselt looduslikke vaenlasi: kiilassilmad, sirelased, lepatriinud, mitmed röövlestad (Taylor, 1909). Biotõrjes jäävad nad enamasti siiski väheoluliseks, kuna pääsevad ligi ainult migreeruvatele isenditele või poolavatud pungadele. Parasitoidid aga on oma ohvrile spetsialiseerunud sedavõrd, et nende vastsed sarnaselt tõeliste parasiitidega saavad vajamineva energia ja toitained peremehest toitumisel, sarnaselt kiskjatega aga põhjustavad hiljem tema hukkamise (Teder, 2001). Hiilamardika parasitoidide näitel on vaadeldud juhtumeid, kui parasitoidi fenoloogia sünkroniseerub peremehe arengutsükliga (Veromann, 2007). Vastse toitumise järgi eristatakse endo- ja ektoparasitoidide. Kumbagi rühma iseloomustavad mitmed ökoloogilised, morfoloogilised ja anatoomilised tunnused. *A. eriophyes* toitub väljaspool kahjuri keha, mistõttu teda tuleks liigitada ektoparasitoidiks. Ektoparasitoidid on sihikule võtnud vaid varjatud eluvii- siga peremehed, kes toituvad taimekudedes, puukoore all, kookonis vms. Üldiselt iseloomustab ektoparasitoidide kiire areng, mis kestab tavaliselt vaid mõne päeva. Seevastu *A. eriophyes* veedab pungas aktiivselt toituvat vastsetena peaaegu terve aasta (9 kuud), mil ta toitub eranditult ainult pahklestadest (Taylor, 1909). Selline elukoha jagamine ja pidev kisklus vähendavad oluliselt lestakoloonia arvukust. Kui võrd vastsed arenevad pungasoomuste vahel, kus ka toitu leidub enam kui süüa jõutakse, on *A. eriophyes* vastsed väheliikuvad. Toiduks tarvitavate pahklestade arv on samuti väike: vastne sööb ainult sedavõrd, kui on vaja, et kompenseerida kasvamiseks ja liigutamiseks kulunud energia kadu (Taylor, 1909).

■ Järeldused

Aprostocetus eriophyes võib Eestis parasiteerida sõstra-pahklestal. Parasitoidi arvukuse kasvu on soodustanud peremeestaime kõrvale jäämine aktiivsest kultiveerimisest. Peremeestaime, kahjuri ja parasitoidi vahel toimivad omavahelised otsesed ja kaudsed mõjutused näitavad, kui keerulised on protsessid ja nende tagajärjed looduslikes kooslustes. Vaatamata *A. eriophyes* heale potentsiaalile pahklesta arvukuse mahasurumisel vähem intensiivsetes viljelussüsteemides, pole ta biotõrjeagendina siiski majanduslikult piisavalt efektiivne: sõstra-pahklesta siirutatava mustsõstra-reversiooniviirusega nakatunud taimi terveks ravida pole praktiliselt võimalik.

Tänuavaldused

Autorid tänavad PKI vanemteadur Luule Metspalu suurepärase nõuannete eest. Uurimust toetas institutsionaalne uurimistoetus IUT36-2.

Kasutatud kirjandus

- Fauna Europaea www.fauna-eu.org (14.05.2016).
- Graham, M.W.R. de V. 1987. A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology Series*, 55, 392 pp.
- Kruus, E. 2016. Ohtlik kahjur – sõstra-pahklest. *Maakodu*, 3, 62–64.
- Maavara, V., Merihein, A., Parmas, H., Parmasto, E. 1961. *Metsakaitse*. Tallinn, Eesti Riiklik Kirjastus, 734 lk.
- Noyes, J.S. 2001. *Interactive Catalogue of World Chalcidoidea* (2001 – second edition). CD. Taxapad and The Natural History Museum, London.
- Reina, P., La Salle, J. 2003. Key to the World Genera of Eulophidae Parasitoids (Hymenoptera) of Leafmining Agromyzidae (Diptera). www.ento.csiro.au/science/eulophids.html (9.05.2016).
- Taylor, A.M. 1909. Descriptions and life-histories of two new parasites of the black currant mite, *Eriophyes ribis* (Nal.). *The Journal of Economic Biology*, 4 (1), 1–8.
- Teder, T. 2001. *Direct and indirect effects in host-parasitoid interactions: ecological and evolutionary consequences*. *Dissertationes Biologicae Universitatis Tartuensis* 68, Tartu. 122 pp.
- Veromann, E. 2007. *Oilseed rape pests and their parasitoids in Estonia*. A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Entomology. EMÜ, Tartu, 87 pp.

Ristõieliste maakirbud valivad peremeestaimi

Luule Metspalu, Kert Kiis, Katrin Jõgar, Angela Ploomi, Külli Hiiesaar
Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ Luule.Metspalu@emu.ee

■ Sissejuhatus

Maakirbud (Chrysomelidae: Alticinae) on ristõieliste köögiviljakultuuride ohtlikud kahjurid. Eriti kahjustatakse tõusmeid ja noori taimi, mis kahjuri suure arvukuse korral võivad hävida. Kui maakirpude ründed toimuvad 4–5 lehes olevatele taimedele, jäävad need üldjuhul ellu ja taastuvad, ehkki kasv pidurdub ning saak väheneb. Rohelistel lehtviljadel rikutakse nii välimuse kui saak (Cransahw, 2014). Kuigi peamiselt kahjustatakse kevadel, on mõnel aastal nende arvukus märkimisväärtne ka suvel, kui järglaskonna valmikud ilmuvad söömale. Suvine kahjustus on harva nimetamisväärtne, sest taimed on suured ning maakirbud toituvad enamasti vanemate lehtede äärtes. Enamus ristõielistele spetsialiseerunud maakirpudest valibki ainult sellesse sugukonda kuuluvaid taimeliike, kuid nende hulgas on ka liike, kelle elutsüklil kulgeb teistesegi seltsidesse ja sugukondadesse kuuluvatel taimedel (Bunn jt, 2015). Peamise kahju tekitavad valmikud. Enamikul liikidel elavad vastsed mullas, toitudes narmasjuurtest ning nende tekitatav kahju pole märkimisväärtne. Lisaks otseselt, taimede söömisega, tekitatavale kahjule on valmikud ka mitmete taimehaiguste siirutajad (Bunn jt, 2015). Kevadel, kui õhutemperatuur tõuseb 10–12 °C piiresse, väljutakse talvituspaikadest ning hakatakse toituma ristõielistel taimedel (Metspalu jt, 2014). Aina uute maakirpude ilmumine võib kesta kuni kolm nädalat (Reddy, 2015). Selline käitumismuster võimaldab populatsioonil kui tervikul hajutada riske, mis on seotud võimalike ebasoodsate ilmastikuoludega, kuid võimaldab ka paremini kasutada toiduressursse ning realiseerida täielikumalt paljunemispotentsiaali (Ulmer ja Dossdall, 2006). Eestis on maakirpudel üks põlvkond suve jooksul.

Maakirpude tõrjeks kasutatakse enamasti insektitsiididega granuleeritud seemneid või pritsitakse tõusmeid ja istikuid. Probleemiks on tõrjevahendite negatiivne mõju keskkonnale ning inimese tervisele, kuid võtmeprobleemiks on maakirpudel üha süvenev mürgiresistentsus. Kuna töötluste toime on lühiajaline, siis heade lendajatena asustavad maakirbud töödeldud alad kiiresti. Kõike seda arvestades püütakse kahjuri tõrjumiseks leida keskkonnasäästlikke ning resistentsuse süvenemist vältivaid/vähendavaid tõrjemeetodeid. Üheks sellise tõrjeviisi aluseks oleks manipuleerimine kahjurite käitumisega. Selle raames kasutatakse nii putuka taime-eelistusi, kuid ka taimede peletavaid omadusi. Võtmemõjuriks ongi praegu maailmas laialt arendatavas nn. peleta-meelita (*push-pull*) tõrjesüsteemis püünistaimed, kus põhikultuuri lähikonnas kasvatatakse vastavale kahjuriliigile atraktiivseid taimeliike ning nende ülesandeks on kahjuri ära tõmbamine põhikultuurilt.

Käesolevas töös hinnati kaheksa ristõielise köögiviljakultuuri liigi atraktiivsust maakirpudele, eesmärgiga leida nende hulgast taimeliike, mida võiks edaspidi rakendada põhikultuuride kaitsmiseks.

■ Materjal ja metoodika

Katse korraldati 2015 aastal Eesti Maaülikooli Eerika katsepõllul. Katses oli valge peakapsa sordid 'Parel' (varajane), 'Leopold' (keskvalmiv) ja 'Lennox' (hiline), kaalikas ('Kohalik sinine'), punane kapsas ('Mars'), hiina lehtkapsas ehk Paktsoi, naeris ('Goldana') ja nuikapsas ('Delikatess Weiss'). Kultuuride valikul lähtuti sellest, et need on meil kasvatatavad köögiviljad ning neil teatakse olevat maakirpudega positiivne seos.

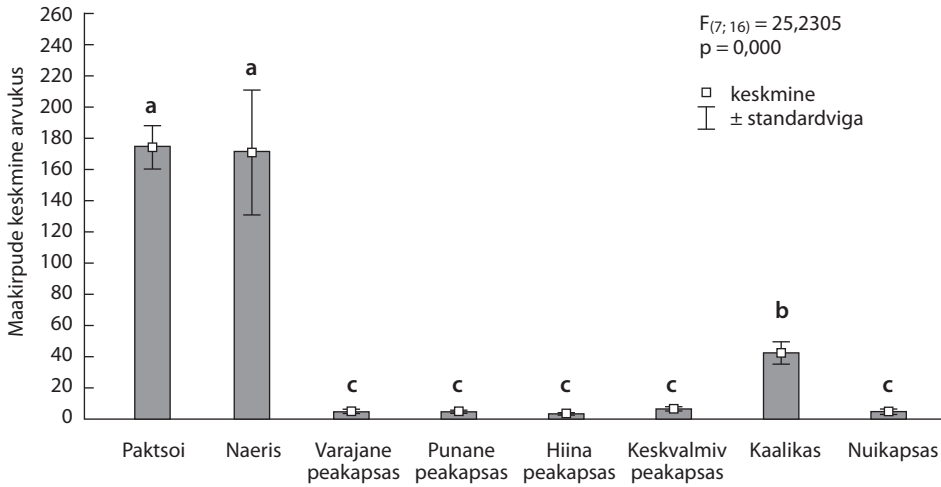
Katse oli kolmes korduses kokku 24 taimelappi, igaüks neist 4 m². Igale lapile istutati 7. mail üheksa kolmes pärislehes olevat vastava kultuuri istikut. Kõiki katse-lappe ning kogu katseala ümbritses 1 m laiune taimikuta kaitseriba. Maakirpe püüti aspiraatoriga kaks korda nädalas hommikutundidel kui valmikud olid vähem-aktiivsed. Igalt lapilt kogutud mardikad pandi eraldi topsidesse, markeeriti ning surmati sügavkülmikus, seejärel määrati liigid ja loendati.

Andmetöötluses kasutati programmi Statistica 13, andmed analüüsiti dispersioonanalüüsiga (ANOVA) ning taimede vahelisel võrdlusel rakendati Tukey HSD testi ($p < 0,05$) ning statistiliselt usaldusväärne erinevus tähistati erinevate tähtedega.

■ Tulemused ja arutelu

Katsest selgus, et maakirpude valikutest oli taimeliik oluline faktor (ANOVA, $F_{7,16} = 25,2$; $p < 0,000$; joonis 1). Kultuuride atraktiivsuse omavahelisel võrdlusel (Tukey HSD test) eristusid ülekaalukalt paktsoi ja naeris – neilt kultuuridelt püüti usaldusväärselt rohkem maakirpe kui ülejäänud kuuelt kultuurilt (kõikides võrdlustes $p < 0,05$). Paktsoilt ja naerilt püütud maakirpude arvukuse omavahelises võrdluses usaldusväärne erinevus puudub ($p = 0,87$). Maakirpude järgmine valik oli kaalikas, millelt koguti usaldusväärselt vähem maakirpe kui paktsoilt ($p = 0,000$) ja naerilt ($p = 0,000$), kuid usaldusväärselt rohkem kui kõikidel katses olnud kapsaerimitelt ($p = 0,000$). Viimaste omavahelisel võrdlusel usaldusväärsed erinevusi ei olnud ($p > 0,05$).

Ristõielistele maakirpudele, kes toituvad ja/või paljunevad piiratud hulgal taksonoomilises või keemilises suguluses olevatel taimeliikidel, on kõlblikkuse testimiseks esmatahtsad taimelõhnad. Need lõhnad koosnevad põhikomponentidest, millele lisanduvad igale taimeliigile omased spetsiifilised lõhnad. Sellised taimest erituvad keemilised signaaltunnused võivad mõjuda putukale meelitisena, jätta nad ükskõikseks või sootuks peletada. Andmeid selle kohta, et ristõielistele spetsialiseerunud maakirpudel on peremeestaimede valikul eelistusi, on leitud näiteks ristõieliste õlikultuuride ning maakirpude vaheliste suhete uuringutest (Bohinc ja Trdan, 2012; Metspalu jt, 2014). Atraktiivsete taimeliikide otsinguil on leitud, et lehtsinep meelitab mitmeid maakirbuliike ära valgelt peakapsalt (Grubinger, 2005).



Joonis 1. Talvitunud maakirpude keskmine arvukus katselapi kohta eri ristõielistel kõõgilja-kultuuridel kevadisel vaatlusperioodil. Erinevad tähed märgistavad kultuuride vahelist statistiliselt olulist erinevust.

Meie katsetest selgus, et maakirbud eelistasid valgele ja punasele peakapsale ning nuikapsale hoopis naerist, kaalikat ning hiina lehtkapsast (paktsoid). Katseaasta kevad oli maakirpudele ebasoodne. Mais-juunis püsinud paljude aastate keskmisest madalamad temperatuurid piirasid valmikute levikut ning nende arvukus oli katseaastal madal. Tulemuste analüüs näitas aga, et just maakirpude madala arvukus puhul tulevad väga selgelt esile nende eelistused. Suure arvukuse korral võib tekkida olukord, kus konkurentsi tõttu liigutakse üle kogu põlluala kõikidele seal leiduvatele peremeestaimedele ning eelistusi on raske märgata (Lucas jt, 1995).

■ Järeldused

Antud katseaasta tulemustest järeldub, et kapsaste kaitseks tulevad püünistaimedena kõne alla naeris ja hiina lehtkapsas (paktsoi) ning mõningal määral kaalikas. Kuivõrd naeril ja kaalikal arenevad noored lehed pidevalt, siis taime vanus ei saa maakirpudele takistavaks teguriks. Paktsoi sobib püünistaimeks vaid kevadisele põlvkonnale, kuna selle taimeliigi areng on kiire ja ta vananeb ruttu.

Tänuavaldused

Uurimustöö viidi läbi Eesti Teadusagentuuri grantide 9449 ja 9450 ning Eesti Haridus- ning Teadusministeeriumi granti nr IUT36-2 toel.

Kasutatud kirjandus

Bohinc, T., Trdan, S. 2012. Trap crops for reducing damage caused by cabbage stink bugs (*Eurydema* spp.) and flea beetles (*Phyllotreta* spp.) on white cabbage: Fact or fantasy? *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 1365–1370.

- Bunn, B., Alston, D., Murray, M., 2015. Flea Beetles on Vegetables <http://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/flea-beetles.pdf> (14.05.2016).
- Cranshaw, W.S. 2014. Flea Beetles. *Colorado State University Extension Fact Sheet No. 5.592*. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/insect/05592.html> (10.05.2016).
- Grubinger, V. 2005. Flea beetles management. University of Vermont Extension, Brattleboro, VT. <http://www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/fleabeetle.html> (05.05.2016).
- Lucas, E., de Oliveira, D., Houle, M.J. 1995. Intraspecific competition by the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on potato plants, *Solanum tuberosum*. *Environmental Entomology* 24, 576–580.
- Metspalu, L., Kruus, E., Ploomi, A., Williams, I.H., Hiisaar, K., Jõgar, K., Veromann, E., Mänd, M. 2014. Flea beetle (Chrysomelidae: Alticinae) species composition and abundance in different cruciferous oilseed crops and the potential for a trap crop system. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science* 64,7, 572–582.
- Reddy, G. V.P. 2015. Sustainable management strategies for control of flea beetles. *Montana IBM Bulletin* 1–2.
- Ulmer, B.J., Dossall L.M. 2006. Spring emergence biology of the cabbage seedpod weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of America* 99, 64–69.

Kaitsevaha mõju hariliku männikärsaka (*Hylobius abietis*) (Coleoptera: Curculionidae) toitumiskäitumisele laboritingimustes

Ivar Sibul¹, Angela Ploomi²

¹ Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut ▶ ivar.sibul@emu.ee

² Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond

■ Sissejuhatus

Noorte okaspuukultuuride kõige sagedasemad ja ohtlikumad kahjurid on männikärsakad (*Hylobius* spp.), kellest üheks olulisemaks kahjutekitajaks kogu Euraasias on harilik männikärsakas (*H. abietis* (L.)) (Långström ja Day, 2004).

Männikärsakad leiavad toidutaimede üles põhiliselt lõhna (Nordenhem ja Eidmann, 1991), lühidantsilt ka nägemise abil (Björklund jt, 2005). Kuigi putuka toidutaimede nimistu on pikk, haarates pea kõiki okaspuid (Wallertz jt, 2014), toimub mardikate munemiseelne ja -järgne küpsus- ja taastumissööm raiesmikele istutatud või seal kasvavate mõne aastaste kuuse- ja männitaimede koorel, mida näritakse laikudena (Hannerz jt, 2002). Kahjustatud taimed jäävad kiratsema, tugeva kahjustuse korral aga kuivavad, mistõttu osutub võimatuks istutada värsketele okaspuuraiestikele kuuse- või männitaimi, ilma neid kahjustuse eest kaitsmata (Petersson ja Örländer, 2003; Wallertz ja Petersson, 2011). Mardikate suure arvukuse korral võib hävineda kogu kevadsuvel istutatud metsakultuur.

Majandusanalüüsid on näidanud, et männikärsakate põhjustatud kahju metsamajandusele on väga oluline, näiteks Rootsis ulatub see ca 15–30 miljoni euronit aastas, Euroopas tervikuna küündib võimalik kahju ligi 140 miljoni euronit (Långström ja Day, 2004). Ka Eesti era- ja riigimetsades on männikärsakad ühed olulisemaid männi- ja kuuseistutuskultuuride kahjustajad. Eesti riigimetsas ulatub männikärsaka kahjustus männiistutuskultuurides kõigest kahjustatud aladest 63%-ni. Kuigi männikärsaka kahjustus kuusekultuurides on väiksem kui männikultuurides, ulatub see siiski riigimetsas kuni 37%-ni. Arvestades seda, et Eestis istutatakse igal aastal raiesmikele kuni 18 miljonit okaspuutaimet, millest veerand kuni kolmandik hukub männikärsakate kahjustuse tagajärjel, siis tekitatav potentsiaalne kahju täiendava istutusmaterjali ja tööjõukulu näol era- ja riigimetsades võib ulatuda kuni ühe miljoni euronit aastas (Sibul, 2014).

Männikärsakate tõrjeks on aegade jooksul kasutatud erinevaid sünteetilisi insektitsideid, alates ülimürgistest kloor- (DDT, heksaklooraan) ja fosfororgaanilistest (klorofoss, bensofosfaat) putukamürkidest kuni sünteetiliste püretroidide (Decis 2,5EC (toimeaine deltametriin), AlfaStop 50EC, Fastac 50EC, Kestac 50EC ja Sherpa 25EC (toimeained vastavalt alfa-tsüpermetriin ja tsüpermetriin) ja neoni-kotinoidpreparaatideni (Actara 25WG (toimeaine tiametoksaam)) (Sibul, 2006;

Õunap ja Hanso, 2016), millega töödeldakse kõiki istutatavad taimi juba taimlas. Kahjuks pole kasutatavad insektitsiidid olnud piisavalt efektiivsed vältimaks täielikult putukkahjustusi metsakultuurides. Lisaks sunnib metsades keemiliste pestitsiidide kasutamise piiramine või täielik keelustamine paljude Euroopa Liidu riikide poolt (Commission Decision..., 2000; Långström ja Day, 2004; Environmental Protection Agency, 2016), otsima efektiivseid ja samas loodussäästlikke integreeritud metsakaitse meetodeid uuendusraiate järgselt kultiveeritavate okaspuutaimede kaitsmiseks putukkahjurite eest (Regnault-Roger, 2005).

Üks võimalus metsauuendusega seotud putukkahjurite tõrjeks ja nende põhjustatud kahjustuste vähendamiseks on istikute tüvekesse katmine mingi kaitsekihiga või selle ümbritsemine mehaanilise kaitsebarjääriga, mis pidurdab putuka jõudmist taimeni ja ei võimalda mardikatel sellel toituda. Selliste mehaaniliste tõkete ning kaitsekate eeliseks sünteetiliste pestitsiidide ees on nende suurem ja püsivam kaitsevõime, suhteliselt väike või olematu keskkonna saastumise risk ja ohutus inimese tervisele.

Pestitsiidide vabad ehk füüsilis-mehaanilised kaitseabinõud puukeste kaitsmisel võivad olla oma olemuselt lihtsad, kuid samas üsna tõhusad. Põhjamaades on katsetatud taimede tüvekesse kaitsmiseks männikärsakate kahjustuste eest erinevaid tehismaterjalist kaitsevahendeid, milleks on olnud plastikust tüvekaitsetorbikud või -kraed, tehiskiust sukad või vatitaolised mähiseid, mis taimi ümber seotuna takistavad männikärsakate jõudmist toiduni (Lindström, 1986; Eidmann ja von Sydow, 1989; Eidmann, 1996). Kesk-Euroopas on paarkümmend aastat tagasi katsetatud raiesmikele istutatavate taimede tüvede katmist ka lateksiga (Zumr ja Sary, 1995). Ka on testitud parafiinil baseeruvaid vahataolisi määrdeid. Kahjuks on kõigi seesuguste kaitsevahendite metsakaitstes rakendamine osutunud üsna kalliks ja töömahukaks, eriti kui iga taim tuleb käsitsi üksikhaaval kaitsekihiga või -materjaliga katta. Seetõttu ongi sellised kaitseabinõud praktikas seni veel küllalt vähelevinud. Samas on juba väga häid tulemusi saadud puutaimede männikärsakate eest kaitsmisel kui taimede tüved kaeti mehhaniseeritud liimi ja liiva kaitsekihiga. Seda tuntakse Conniflex-meetodina (Nordlander jt, 2009). Põhjamaades on katsetanud raiesmikele istutatavate okaspuutaimede katmist erinevate kaitsevahadega. Taimede katmist poolsünteetiliste vahadega oli seni kasutatud vähesel määral ainult aianuduses, näiteks pookevahadena. Arendades ja modifitseerides vahade koostist, on tänaseks saadud rafineeritud looduslikest koostisosadest ja polümeeridest koosnev kaitsevaha (KVAAE Wax, tootja Norsk Wax AS, Norra) (Norsk Wax, 2016), mida on Põhjamaades üsna edukalt katsetatud männikärsakate tõrjel (Norsk Wax, 2010). Keskkonnasäästlik KVAAE vaha ei sisalda toksilisi aineid, kuid selle täpne koostis on siiski firmasaladus. Tootja andmetel on vaha koostis sarnane taimelehti katva kaitsevahaga. Teatavasti katab taimede lehti ja varsi kristalne vahakiht, mis täidab erinevaid funktsioone, vähendab veeaurumist, kaitseb taimi õhusaaste eest jne. Taimelehti kattev vaha moodustub rasvhapete sünteetilise ja sisaldab erinevaid koostisaineid (ketoonid, aldehüüdid, estrid, alkohol jms) (Dickison, 2000).

Eestis alustati 2013. aastal männikärsakate kahjustuste vältimiseks katsetusi metsataimede katmisel KVAAE vahaga. Iga uue tõrjemeetodi praktikasse juurutamine nõuab põhjalikke uuringuid selle mõjust putuka käitumisele kontrollitud

tingimustes. Käesoleva töö eesmärgiks oli laboritingimustes välja selgitada Norsk Wax poolt toodetud KVAAE vaha mõju hariliku männikärsaka eri soost valmikute põhilistele toitumistaksistele, hinnata kattevaha toksilisust ning söömapärssivat mõju katseputukatele.

■ Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi metsakasvatuse osakonna metsaentomoloogia laboris. Laboritöödeks vajaminevad hariliku männikärsaka valmikud koguti Põlvamaalt Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) Kiidjärve metskonna pohla metsakasvukohatüübi värskete okaspuuraiesmikule (kvartal KJ095_1; N6450329, E679421) kaevatud püünisaukudest 2013. a juunis. Katseputukatel määrati sugu ning erinevast soost putukaid hoiti katse eelselt niiske filterpaberiga vooderdatud 0,5 l plastkarpides, kus neil oli vaba juurdepääs toidule, milleks olid värsked männioksa lõigud. Karbid katseputukatega paigutati pimedasse ja jahedasse ($4 \pm 0,5$ °C) ruumi. Enne katse algust hoiti putukaid 24 tundi ilma toiduta niiske filterpaberiga varustatud klaasanumas. Katseteks vajaminev söötmaterjal – noore hariliku männi (*Pinus sylvestris* L.) okastega katmata oksad – varuti sama raiesmikuga piirnevast männi noorendikust.

Katses kasutati KVAAE vaha (Norsk Wax AS), mis kõigepealt sulatati (sulamis-temperatuur 80 ± 1 °C) ning mida seejärel kasutati männiokste töötlemiseks. Valiktootumise katses kasutati okasteta ja kahjustusteta 8,2 cm pikkuseid ja 0,8 cm läbimõõduga hariliku männi oksa, mis valiti ühelt puult, vältimaks toidutaimede biokeemilisest koostisest tulenevaid erinevusi. Oksad poolitati kaheks võrdseks osaks, millest pooled sukeldati kaitsevahas, teine pool okstest kasteti destilleeritud vette. Oksa hoiti destilleeritud vees või sulavahas nii, et see kataks kogu oksa ühtlase vahakihi. Iga vahaga töödeldud oksalõiku kattis pärast töötlust ühtlaselt 0,6 mm paksune vahakiht. Ühele oksale kanti 1,59 grammi vaha. Seejärel paigutati oksad ühekaupa viieks minutiks filterpaberile tahenema.

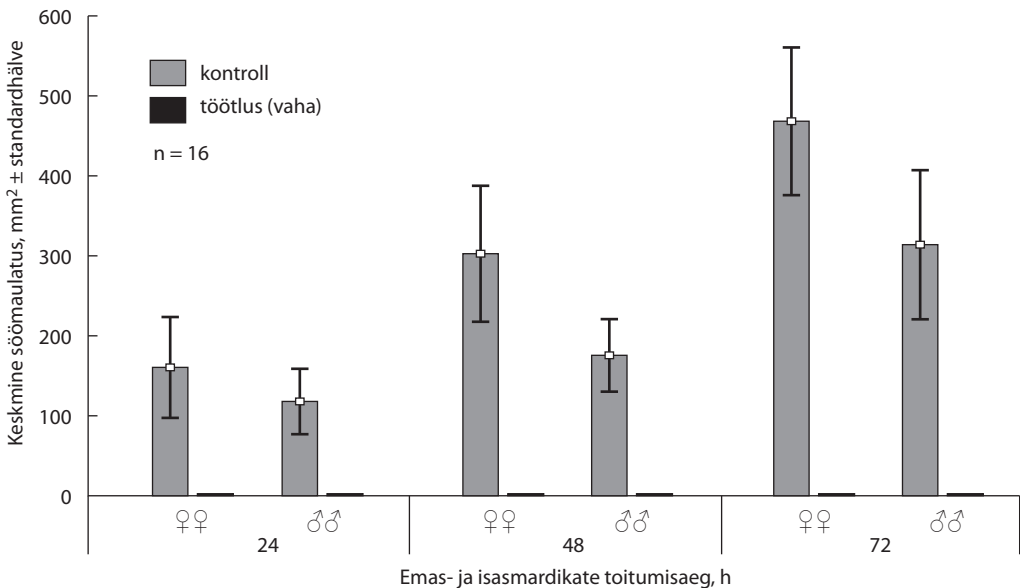
Valiktootumise katse areeniks kasutati Petri tassi, mille põhja paigutati niisutatud filterpaber, paberi keskosa oli eelnevalt üles murtud, et see eraldaks tassis oleva kontroll- ja vahaga kaetud männioksa üksteisest. Ühes katseseerias kasutati 16 putukat (8 emas- ja 8 isasmardikat). Putukad paigutati katse algul ühekaupa Petri tassis. Toitumiskäitumise hindamiseks määrati 24 h, 48 h ja 72 h möödudes millimeetripaberiga kõigi katses kasutatud okste koorel söömapinnad (mm^2). Katseruumi temperatuur katse ajal oli 22 ± 1 °C ja suhteline õhuniiskus 35%. Katseruum valgustamiseks kasutati päevavalguslampe, mille mõjul oli katseputukate kohal valgustihe-
dus 2000 luksit. Loomuliku valguse-pimeduse suhe katseperioodil oli 10P:14V.

Saadud arväärtustele leiti standardhälve ja antifidantsuse indeks (AFI). Antifidantsusindeks iseloomustab vaha (preparaadi) mõju putuka toitumisele ($\text{AFI} < 0$ – toitumisstimulant, $\text{AFI} = 0$ – mõju puudub, $\text{AFI} > 0$ – sööma pärssiv) ning arvutatakse järgneva valemi abil: $\text{AFI} = (C - T) / (C + T)$, kus C = söömapind kontrolloksal ja T = söömapind töödeldud oksal. Hariliku männikärsaka söömapindade statistilise erinevuse leidmiseks kasutati R-programmi Wilcoxon testi. Statistilist olulisust (olulisusnivoo $p \leq 0,05$) üksiktunnuste keskväärtuste osas kontrolliti t-testi abil.

■ Tulemused ja arutelu

Valiktoitumise katsest, kus hariliku männikärsaka eri soost valmikud said valida vahaga töödeldud ja töötlemata kontrolloksa vahel, selgus, et KVA AE vaha mõjus putukatele deterrenselt st pärssis mardikate sööma peaaegu täielikult (AFI = 0,95–1,0) ning mõlemast soost putukad söid vahaga töödeldud oksti oluliselt vähem, kui kontrolloksi ($p \leq 0,05$) (joonis 1). Esimese 24 tunni jooksul ei söönud isasmardikad üldse, 48 tunni möödumisel oli vahaga töödeldud okstel söömaulatus ainult 0,3 mm² (AFI = 1) ning 72 tunni möödudes ei toitunud isasmardikad KVA AE vahaga töödeldud okstel. Esimesel kahel ööpäeval toitusid emasputukad võrreldes isasmardikatega aga veidi enam kaitsevahaga töödeldud okstel. Ka oli emasmardikate toitumisaktiivsus kogu katseperioodi jooksul isasmardikatega võrreldes kõrgem.

KVA AE vahaga töödeldud toidu manustamine ega üldine keskkond mardikate suremust katse ajal, ega katsejärgselt esile ei kutsunud. Kindlasti vähendas toidu tarbimist substraati kattev kaitsekiht, mis segas putukal toidu haukamist. Teisalt kattis kasutatav vaha kinni ka toitumist stimuleerivad lenduvad ühendid. Kuivõrd varasemad uuringud on näidanud, et hariliku männikärsaka toidutaime valik võib raiesmikul toimuda ka visuaalselt (Björklund jt, 2005), saab oletada, nagu väidab ka vaha tootja Norsk Wax, et üheks peletavaks teguriks võib olla UV-kiirguse kindel ja päikesesoojuses mittesulava kattevaha valge värvus. Taolisi tulemusi on saadud ka Rootsis läbiviidud välikatsetes (Norsk Wax, 2010). Vahale sarnase konsistentsiga lateksiga männikärsaka toidusubstraati kattes on sedalaadi positiivseid tulemusi laboritingimustes saadud ka varem (Zumr ja Stray, 1995).



Joonis 1. Hariliku männikärsaka emas- (♀♀) ja isasmardikate (♂♂) ($n = 16$) keskmine söömaulatus ($\text{mm}^2 \pm$ standardhälve) KVA AE vaha töödeldud ja töötlemata männiokstel, fikseerituna 24, 48 ja 72 tunni möödumisel pärast valiktoitumise katse algust.

■ Järeldused

Saadud tulemustele toetudes võib väita, et KVA AE vahaga kaetud toidusubstraat mõjub hariliku männikärsaka mõlemast soost valmikutele labortingimustes deterentselt. Võib arvata, et kaitsevaha annab männikärsakate poolt põhjustatavate koorevigastuste eest piisava ja püsiva kaitse ka raiesmikele istutatavatele okaspuu- taimedele. Toetudes tootja infole ning saadud tulemustele, saab kinnitada, et KVA AE vaha ei sisalda putukatele toksilisi ühendeid ning seetõttu ei ole kaitsevaha ohtlik ka keskkonnale. Pärast välikatsete läbiviimist saab hinnata vaha kaitseoma- duste püsivust ning selle kaitsemeetodi rakendamise võimalikku sobivust Eesti metsades. Vahataimede kasutamine metsauuendamisel vähendaks oluliselt kesk- konnariske ning langetaks keemilise tõrje mõjust tulenevaid ohte meie metsade mitmekesisusele ja elurikkusele.

Tänuavaldused

Töö valmis RMK projekti 8-2/T12115MIMK (2012–2015) ja IUT36-2 uurimistoetuste baasil. Autorid on tänulikud Irja Kivimägi ja Kadi Kriisale abi eest laboritööde läbiviimisel.

Kasutatud kirjandus

- Björklund, N., Nordlander, G., Bylund, H. 2005. Olfactory and visual stimuli used in orienta- tion to conifer seedlings by the pine weevil, *Hylobius abietis*. *Physiological Entomology*, 30, 225–231.
- Commission Decision 2000/817/EC of 27th December 2000 concerning the non-inclusion of permethrin in Annex I to Council Directive 91/414/EEC and the withdrawal of authorisation for plant protection products containing this active substance. Official Journal of European Union OJ L Series 332 (28/12/2000), pp. 114–115.
- Dickison, W. 2000. *Intergrative plant anatomy*. Academic Press, San Diego. USA, 533 pp.
- Eidmann, H.H., von Sydow, F. 1989. Stockings for protection of containerized conifer seedlings against pine weevil (*Hylobius abietis* L.) damage. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 4, 537–547.
- Eidmann, H.H., Nordenhem, H., Weslien, J. 1996. Physical protection of conifer seedlings against pine weevil feeding. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 11, 68–75.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2016. Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA). [<http://www.epa.gov/agriculture/lfra.html>] (02.06.16)
- Hannerz, M., Thorsén, Å., Mattsson, S., Weslien, J. 2002. Pine weevil (*Hylobius abietis*) damage to cuttings and seedlings of Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 160, 11–17.
- Långström, B., Day, K.R. 2004. Damage, control and management of weevil pests, especially *Hylobius abietis*. In: *Bark and wood boring insects in living trees in Europe: A Synthesis*, (Lieutier, F., Day, K.R., Battisti, A., Grégoire, J.-C., Evans, H.F., eds), Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. pp. 415–444.
- Lindström, A., Hellqvist, C., Gyldberg, B., Långström, B., Mattson, A. 1986. Field perfor- mance of a protective collar against damage by *Hylobius abietis*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1, 3–15.
- Nordlander, G., Nordenhem, H., Hellqvist, C. 2008. A flexible sand coating (Conniflex) for the protection of conifer seedlings against damage by the pine weevil *Hylobius abietis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 91–100.
- Norsk Wax AS. 2010. Damages due to pine weevil after two growth seasons. [http://kvaee.no/wp-content/themes/kvaee/assets/pdf/results_eng.pdf] (01.06.16)
- Norsk Wax AS. 2016. What is KVA AE? [<http://www.kvaee.com>] (01.06.16)
- Petersson, M., Örlander, G. 2003. Effectiveness of combinations of shelterwood, scarification, and feeding barriers to reduce pine weevil damage. *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 64–73.

- Regnault-Roger, C. 2005. New insecticides of plant origin for the third millennium? In: *Biopesticides of plant origin*, (Regnault-Roger, C., Philogene, B.J.R., Vincent, C., eds), Lavoisier Publishing, Paris, pp. 17–35.
- Sibul, I. 2006. *Metsakahjustused ja nende ennetamine*. Eesti Maaülikool, 19 lk.
- Sibul, I. 2014. Männikärsakad – metsauuenduse olulisimad kahjurid. *Metsamajandus [ajalehe Äripäev lisa]*, 4 (8), 26–30.
- Sibul, I. 2015. Kaitsevahad männikärsaka vastu. *Eesti Mets*, 4, 38–43.
- Sibul, I. 2015. Keskkonnasäästlik biovaha kaitseb puid männikärsaka eest. *Metsamees [RMK ajakiri]*, 37–40.
- Wallertz, K., Petersson, M. 2011. Pine weevil damage to Norway spruce seedlings: effects of nutrient-loading, soil inversion and physical protection during seedling establishment. *Agricultural and Forest Entomology*, 13 (4), 413–421.
- Wallertz, K., Nordenhem, H., Nordlander, G. 2014. Damage by the pine weevil *Hylobius abietis* to seedlings of two native and five introduced tree species in Sweden. *Silva Fennica*, 48 (4), 1–14.
- Õunap, H., Hanso, M. 2016. *Olulisemad metsakahjustused ja nende vältimine*. SA Erametsakeskus, 40 lk.
- Zumr, V., Sary, P. 1995. Latex paint as an antifeedant against *Hylobius abietis* (L.) (Col., Curculionidae) on conifer seedlings. *Anzeiger fuer Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 68 (2), 42–43.

Seltsilistaimede mõju kapsakoi (*Plutella xylostella*) arvukusele ja parasiteerituse tasemele valgel peakapsal

Eve Veromann, Kätlin Rannamäe, Riina Kaasik, Gabriella Kovacs, Luule Metspalu
Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ eve.veromann@emu.ee

■ Sissejuhatus

Põllumajanduse intensiivistumine on päädinud põllumajandusmaastiku dramaatiliste muutumisega nii Euroopas kui ka Põhja-Ameerikas (Robinson ja Sutherland, 2002). Põllud on üha suuremad ja monokultuursemad, põllumajandusmaastik on lihtsustunud ja sisaldab vaid üksikuid looduslike elupaikade fragmente. Bioloogilise mitmekesisuse vähenemine lihtsustunud maastikes on viinud ökosüsteemi teenuste mandumiseni. Üheks ökosüsteemi teenuseks, mida seostatakse bioloogilise mitmekesisusega on kahjuritõrje (Bianchi jt, 2006; Ives jt, 2000).

Seltsilistaimede kasvatamine koos põhikultuuridega on üheks põllumajanduslike alade mitmekesistamise vahendiks, mille eesmärgiks on kahjurite looduslike vaenlaste arvukuse ja mitmekesisuse soodustamine põldudel (Gurr jt, 2003). Sellised taimed võivad pakkuda toitu, alternatiivseid peremehi, mikroelupaiku, varju jne röövtoiduliste lüljalgsetele, kes võivad olla tõhusad herbivoorsete putukate arvukuse reguleerijad. Dilemma seltsilistaimede kasutamisel on see, milliseid taimeliike valida põhikultuuride kaaslasteks, sest teada on, et taimestiku mitmekesistamisega ei pruugi kaasneda automaatselt bioloogilise tõrje tõhususe tõus ja kahjurite arvukuse vähenemine (Bianchi jt, 2006; Landis jt, 2000; Ratnadass jt, 2012). Arvestada tuleb ka seda, et lisatav taimeressurss võib parandada ka herbivooride toidubaasi ja sigimisedukust (Roschewitz jt, 2005). Seega on sobivate seltsilistaimede valimine otsustava tähtsusega, et luua selline kompleksne süsteem, mis parandaks kasulike organismide elupaikade kvaliteeti ja samal ajal ei suurendaks kahjurite populatsioone.

Seltsilistaimede toimemehhanismid põhinevad näiteks füüsilistel (barjääri tekitamine) ja/või bioloogilistel omadustel näit. erinevate lõhnaainete eritamine, mis võivad olla putukatele kas atraktiivsed või repellentsed; lehe- ja/või õienektari tootmine, millest putukad toituvad jne.

Valge peakapsas (*Brassica oleracea* var. *capitata* L. forma *alba*) on ristõieliste sugukonda kuuluv majanduslikult oluline kultuurtaim kogu maailmas, mille kasvupindala ulatus 2012. aastal 2,4 miljoni hektarini (FAO 2015). Ka Eestis oli valge peakapsas kasvatatavate avamaaköögiviljade seas esikohal nii kasvupinnalt (663 ha) kui ka kogutoodangult (25,3 tuhat tonni) (Valdmaa, 2014). Kapsa saaki ohustavad enamasti ristõieliste spetsialiseerunud putukad sh liblikaliste (Lepidoptera) seltsi esindajad. Neist üks olulisemaid on kapsakoi (*Plutella xylostella* L.), kelle esimese kasvujärgu vastsed kaevandavad lehe sammaskoes ja soontes, suurema kasvujärgu

röövikud toituvad lehe alumisel küljel, kuid kahjustatakse ka noori kapsapäid. Kapsakoil on Eestis suve jooksul kaks täispölvkonda, kusjuures esimese põlvkonna röövikud kahjustavad noorte kapsataimed lehti, samas kui teise põlvkonna vastsed tungivad ka kapsapeadesse, tekitades sellega suuremat majanduslikku kahju (Metspalu ja Hiiesaar, 2002). Kuigi liblika valmikud on kehva lennuvõimega, võivad nad tuule abil levida kaugete maade taha, isegi kuni 1000 km päevas (Talekar ja Shelton, 1993). Kuigi kapsakoid karmide talvede tõttu Eestis ei talvitu, tulevad nad peaaegu iga aasta kevadel siia soodsate tuulte abil. Kapsakoide tõrjeks kasutatakse ohtralt sünteetilisi insektitsiide, mis on surmavad ka koi looduslike vaenlastele, kes võiksid kahjuri populatsiooni kontrolli all hoida. Lisaks sellele saastavad taimekaitsevahendid keskkonda, võivad jätta jääke lõpp-produktidesse ja vähendavad majanduslikku konkurentsi. Kapsakoi oli üks esimestest põllumajanduskahjuritest, kellel kujunes välja resistentsus insektitsiidi DDT suhtes ja edaspidi ka kõigile teistele enamkasutatavatele insektitsiididele nagu püretroidid, spinosaadid, avermektiinid, neonikotinoidid, pürasoolid (Sarfraz jt, 2005). Seega on selle kahjuri ohjamiseks hädasti vaja leida alternatiivseid taimekaitsevõtteid, mille üheks komponendiks võiksidki olla seltsilistaimed ja seeläbi looduslike vaenlaste potentsiaali suurendamine.

Kapsakoi üheks tõhusamaks loodulikuks vaenlaseks on parasitoidid – putukad, kes munevad teiste putukate peale või sisse ja kelle vastne areneb sellest peremeesorganismist toitudes, mille tagajärjel viimane sureb. Nad kuuluvad enamasti kiletiivaliste (Hymenoptera) seltsi, munetiliste (Parasitica) alamseltsi. Kapsakoil on teada üle 90 parasitoidi liigi, kes ründavad erinevaid arengujärke (Talekar ja Shelton, 1993). Kõige olulisemad on perekondade *Microplitis*, *Cotesia* (Braconidae) ja *Diadegma* (Ichneumonidae) hulka kuuluvad vastseparasitoidid.

Antud töö eesmärgiks oli leida kas ja mil määral mõjutavad eri liiki seltsilistaimed kapsakoi arvukust ja tema parasiteerituse taset.

■ Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi EMÜ Röhu katsebaasi Eerika katsepõllul 14.05.–27.08.2013. aastal. Katseala asus põllumajandusmaa äärealal ja oli ümbritsetud ristikupõlluga, mida niideti kord katseperioodi vältel. Katse rajati neljas korduses, randomiseeritud katseedisainiga variantideks olid aedtill (*Anethum graveolens* L.), harilik tatar (*Fagopyrum esculentum* Moench) ja kontrollvariant ilma seltsilistaimeta. Kapsataimedega katselapi suurus oli 7×7 m, mille kahel küljel paiknes meetrilaiune riba seltsilistaimedega. Kontrollvariandis ümbritses kapsaid musta mullaga 1m laiune riba. Katsevariantide omavaheliste mõjutuste vähendamiseks jäeti iga katselapi vahele kahe meetri laiune musta mullaga riba, mille keskele oli külvatud kapsakoi peremeestaimede hulka mitte kuuluv harilik aeduba (*Phaseolus vulgaris* L.). Igale katselapile istutati 14.05.2013. a. 100 kapsataime, kümme taimet kümnes reas. Kogu katsealal oli seega 1200 kapsataime. Katsealale istutatud kapsaid katseperioodi jooksul ei kastetud, väetatud ega pritsitud taimekaitsevahenditega. Minimeerimaks taimedevahelist konkurentsi valguse ja toitainete suhtes, hoiti katse umbrohtudest puhas.

Valge peakapsa seltsilistaimedeks valiti aedtill ja harilik tatar, valiku kriteeriu-

mideks olid: majanduslik praktilisus (turustatav saak) ja agronoomilised aspektid (külvamise mugavus, vähene hooldusvajadus), samuti atraktiivsus parasitoididele või repellentsus kahjuritele. Kirjanduse andmetel sobivad mõlemad kultuurid parasitoididele nektariressursina soodustamata kahjureid (Geneau jt, 2012). Seltsilistaimed ning aeduba külvati 14.05.2013. a.

Alates 02.07.2013 kuni katseperioodi lõpuni 27.08.2013 loendati kord nädalas kapsakoide hulk igal katselapil 20 kapsal, kokku 240 kapsal. Esimesel loendusel valiti kapsad lapil juhuslikult ning märgistati siltidega, nii et edaspidi igal vaatluskorral kontrolliti samu taimi.

Kahjurite parasiteerituse taseme hindamiseks korjati parasitoidide väljakasvatamiseks kapsakoi nukud ja asetati läbipaistvatesse õhku läbilaskva riidega kaetud kasvukambritesse. Kasvukambrid markeeriti ja toimetati laborisse, kus neid hoiti kuni liblikate koorumiseni. Liblikad ja/või parasitoidid loendati.

Katseandmete statistiline analüüs viidi läbi programmidega STATISTICA 12 (StatSoft Inc. USA) ja MS Excel 2010. Seltsilistaimede mõju hindamiseks kasutati üldistatud lineaarseid mudeleid Poissoni jaotuse ja *log-link* funktsiooniga, kuna andmed ei olnud normaalselt jaotunud.

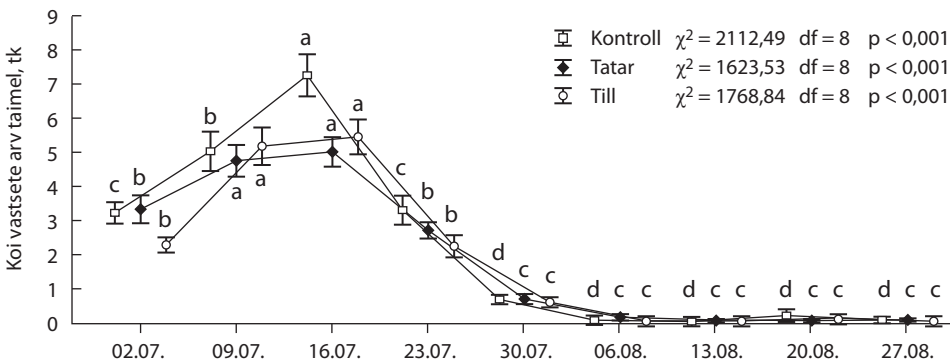
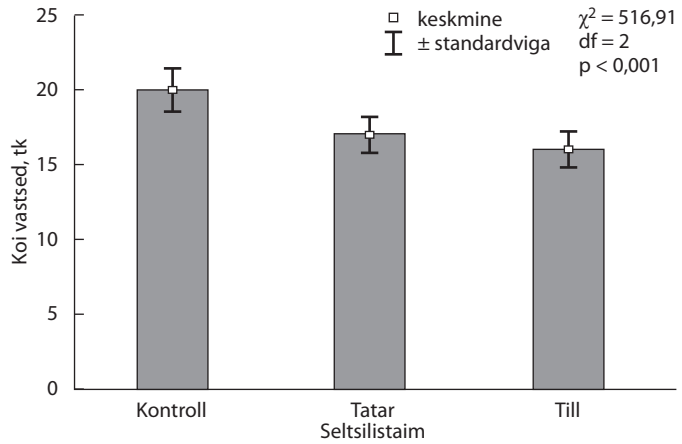
■ Tulemused ja arutelu

Kapsakoi oli katseaastal küllalt arvukas, kokku leiti 4266 isendit. Arvatakse, et Eesti tingimustes elab talve üle vaid väga väike osa kapsakoidest. Samas rändavad nad soojade õhumassidega meile sisse (Valdmaa, 2014). Kuivõrd 2013. aastal oli soe ning päikeseline kevad, siis soodustas see nii sisserännet kui ka immigrandite jõudsat paljunemist, millele viitab teise põlvkonna arvukus.

Arvestades kogu katseperioodi, näitasid tulemused, et seltsilistaimed vähendasid valgel peakapsal oluliselt kapsakoi vastsete arvukust ($\chi^2=516,91$; $df=2$; $p<0,001$; joonis 1). Võrreldes kontrollvariandiga leiti kummagi seltsilistaimede liigiga ümbritsetud lappide kapsastelt oluliselt vähem kapsakoi röövikuid ja nukke. Seega saame väita, et antud katses oli neil seltsilistaimede liikidel positiivne mõju ja nad aitasid vähendada kahjurite hulka kapsastel. Antud tulemused kinnitavad ka 2012. aastal Maaülikoolis läbi viidud seltsilistaimede väikesemahuliste katsete tulemusi, kus samuti leiti, et võrreldes kontrollvariandiga vähendas aedtil oluliselt kahjurite, seal hulgas ka kapsakoi, arvukust (Kovacs jt, 2013). Sellest võime järeldada, et peremeestaime otsingul lähtub kapsakoi eelkõige kapsataime poolt väljastatud lõhnaühenditest, eelistades puhtaid signaale.

Kapsakoi vastsete keskmine arvukus taimel sõltus kõikide katsevariantide puhul vaatlusajast (kontroll: $\chi^2=2112,49$; $df=8$; $p<0,001$; tatar: $\chi^2=1623,53$; $df=8$; $p<0,001$; till: $\chi^2=1768,84$; $df=8$; $p<0,001$; joonis 2). Kõikides katsevariantides saadi kõige rohkem röövikuid 9. ja 16. juulil. Kahjuri leviku ajalise dünaamika analüüsist järeldub, et kontrollvariandi kapsad meelitasid valmikud esmalt endale, kuid hiljem levisid nad ka teistele katsevariantidele. Broad jt (2008), kes uurisid liblikaliste otsimis- ja munemiskäitumist mitmekesisstatud brokkolipõllul leidsid, et kapsakoi mune, vastseid ning nukke oli vähem segus kasvaval brokkolil kui kontrollvariandis. Nad järeldasid, et seltsilistaimed tõenäoliselt häirisid kahjuril

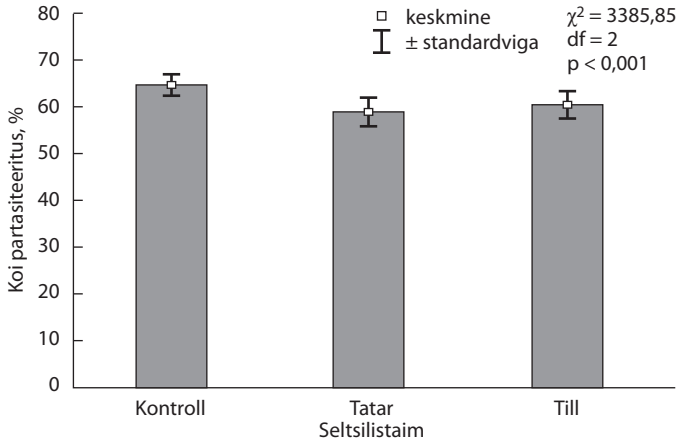
Joonis 1. Kapsakoi vastsete keskmine (\pm SE) arvukus valge peakapsa taime kohta erineva seltsilistaimega katsevariantidel katseperioodil kokku Eerika katsepõllul, 2013. aastal.



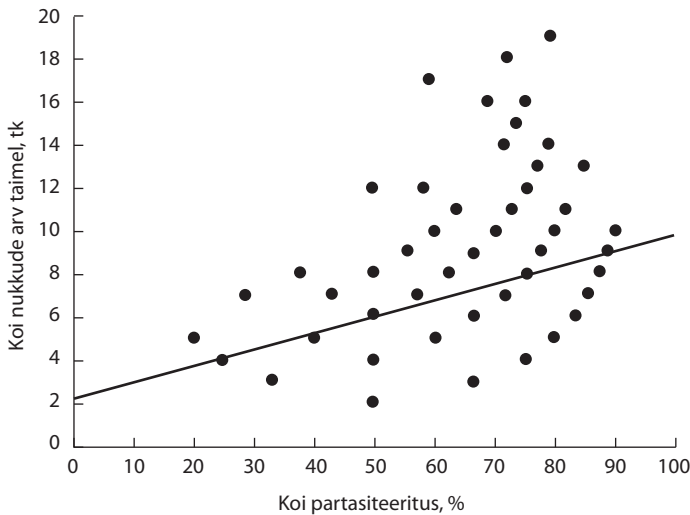
Joonis 2. Kapsakoi vastsete keskmine (\pm SE) arvukuse dünaamika erinevatel katsevariantidel katseperioodi vältel Eerika katsepõllul, 2013.aastal. Erinevad tähed joonisel tähistavad statistiliselt olulisi erinevusi katsevariandi piires eri vaatluskuupäevade vahel (Tukey test $p < 0,05$)

toidutaimede leidmis- ja munemisprotsesse. Meie tulemused on kooskõlas ka Lee ja Heimpele (2005) tulemustega, kus samuti leiti, et kapsakoi arvukus oli madalam kapsastel, mille seltsilistaimeks oli tatar.

Kõikides katsevariantides oli üle 60% kapsakoidest parasiteeritud. Seda saab lugeda väga kõrgeks parasiteerituse määraks. Seltsilistaimed mõjutasid ka kapsakoi parasiteerituse taset ($\chi^2 = 3385,85$; $df = 2$; $p < 0,05$; joonis 3). Kontrollialalt leiti küll rohkem parasiteeritud vastseid, kuid ka seltsilistaimedega ümbritsetud kapsastelt leitud röövikute parasiteerituse tase oli väga kõrge. Kirjanduse andmetele tuginedes eeldasime kontrolliga võrreldes siiski kõrgemat parasiteerituse taset katselappidel, mida ümbritsesid aedtill ja tatar. Labori- ja põldkatsed on näidanud nende taimede positiivset mõju parasitoidide elueale ja/või viljakusele (Winkler jt, 2005). Winkler jt (2010) uurimuse tulemusena leiti, et kapsakoi oli 65–80%-liselt parasiteeritud, kuid ka nende katses puudus erinevatel seltsilistaimedel oluline mõju parasiteerituse tasemele. Autorid oletasid, et parasitoidid võisid tarbida alterna-



Joonis 3. Kapsakoi keskmine (\pm SE) parasiteerituse tase erineva seltsilistaimega katsevariantidel, Eerika katsepõllul, 2013. aastal



Joonis 4. Kapsakoi parasiteerituse tase sõltuvalt nukkude arvust Eerika katsepõllul, 2013. aastal.

tiivseid toiduallikaid (nt mesineste), mida toodavad kapsa-tuhktäid (*Brevicoryne brassicae* L.: Homoptera: Aphididae). Ka meie katses esines massiliselt kapsa-tuhktäid ja seega on võimalik, et parasitoidid kasutasid mesinestet kergelt omastatava energia allikana ning puudus vajadus toitumiseks mujale liikuda.

Analüüsidest kapsakoi nukkude arvukuse ja nende parasiteerituse vahelisi seoseid, leiti keskmise tugevusega oluline positiivne seos ($r_s = 0,40$; $p < 0,05$), seega nukkude arvu suurenes suurenes ka nende parasiteerituse tase (joonis 4). Sellest järeldame, et kuigi parasitoidid orienteeruvad nii kapsataimede kui ka kapsakoi poolt eritatavatele signaalidele, eelistatakse nähtavasti tugevamaid signaale. Kuna kontrollilal oli kapsakoide arvukus oluliselt suurem, siis nähtavasti said määravaks kapsakoi poolt eritatud signaalid, mis mõjutasid parasitoidide munemiskäitumist ning seetõttu liikusid nad suurema kahjuritihedusega alale. Järelikult oli kahjuritiheduse erinevus kontrollis ja seltsilistaimede variandis määravaks teguriks, mis määras ka parasiteerituse taseme.

Tänuavaldused

Uurimust toetas institutsionaalne uurimistoetus IUT36-2.

Kasutatud kirjandus

- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tscharrntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of Royal Society of London B Biological Sciences* 273, 1715–1727.
- Broad, S. T., Schellhorn, N. A., Lisson, S., Mendham, N. J., 2008. Host location and oviposition of lepidopteran herbivores in diversified broccoli cropping systems. *Agricultural and Forest Entomology*, 10(2), 157–165.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D., Luna, J.M., 2003. Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* 4, 107–116.
- Ives, A. r., Klug, J. I., Gross, K., 2000. Stability and species richness in complex communities. *Ecology Letters* 3, 399–411.
- Kovacs, G., Kaasik, R., Veromann, E., 2013. The impact of companion planting on the abundance of Lepidopteran pests on white cabbage. In: Future IPM in Europe, Riva del Garda, Italy
- Landis, D.A., Wratten, S.D., Gurr, G.M., 2000. Habitat Management to Conserve Natural Enemies of Arthropod Pests in Agriculture. *Annual Review of Entomology* 45, 175–201.
- Lee, J.C., Heimpel, G.E., 2005. Impact of flowering buckwheat on Lepidopteran cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales. Working at the interface of art and science: how best to select an agent for classical biological control? *Biological Control*, 34, 290–301.
- Metspalu, L., Hiiesaar, K., 2002. *Ristõieliste kultuuride kahjurid*. Tartu, 2002, 102 lk
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J., Habib, R., 2012. Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 273–303.
- Robinson, R.A., Sutherland, W.J., 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology*, 39, 157–176.
- Roschewitz, I., Hücker, M., Tscharrntke, T., Thies, C., 2005. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. Agri-Environmental Schemes as Landscape Experiments Agri-Environmental Schemes as Landscape Experiments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108, 218–227.
- Sarfraz, M., Keddie, A.B., Dossall, L.M., 2005. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review. *Biocontrol Science and Technology*, Technol. 15, 763–789.
- Talekar, N. S., Shelton, A. M., 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual Review of Entomology*, 38(1), 275–301.
- Valdmaa, U., 2014. *Põllumajandussektori 2013. aasta ülevaade*. Põllumajandusministeerium, Tallinn. Internetist: <http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TOIDUAINETOOSTUS/2013/pollumajandussektor-ylevaade-2013-04.pdf> (02.05.2016)
- Winkler, K., Wäckers, F.L., Stingli, A., Van Lenteren, J.C., 2005. *Plutella xylostella* (diamondback moth) and its parasitoid *Diadegma semiclausum* show different gustatory and longevity responses to a range of nectar and honeydew sugars. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 187–192.
- Winkler, K., Wäckers, F.L., Termorshuizen, A.J., Lenteren, J.C. van, 2010. Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. *BioControl*, 55, 719–727.

Hobukastani-keerukoi (*Cameraria ohridella*) lendluse dünaamika ja voltinism Eestis

Kaljo Voolma

Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut ▶ kaljo.voolma@emu.ee

■ Sissejuhatus

Hobukastani-keerukoi (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lepidoptera: Gracillariidae)) on üks kiiremini levivaid invasiivseid võõrliike meie pargipuudel. Tema röövikud kaevandavad hobukastani (*Aesculus hippocastanum*) lehtedes tekitades lehtedele algul valkjaid, hiljem pruunistuvad laigud. Massilise kahjustuse korral lehed kuivavad juba südasuvel ja varisevad.

Lehekahjustusi hobukastanil täheldati esmakordselt Lõuna-Euroopas 1984. aastal. Kaks aastat hiljem kirjeldati Makedoonias Ohridi järve piirkonnast püütud kahjustaja keerukoilaste (Gracillariidae) sugukonda kuuluva uue pisiliblikaliigina (Deschka ja Dimic, 1986). Hobukastani kahjustusi märgati Austrias 1989. aastal (Pschorn-Walcher, 1994; Tomiczek, 1997) ning edasi algas selle liigi kiire levik järjest põhja poole, aga ka itta ja läände (Tomiczek ja Krehan, 1998; Sengonca jt, 2002; Gilbert jt, 2005; Ivinskis ja Rimšaite, 2006; Snieškiene jt, 2011a, 2011b; Metla jt, 2013; Акимов и др., 2003; Голосова и др., 2008; Раков, 2011). Tänapäevaks on ta hõivanud kogu Lõuna- ja Kesk-Euroopa ja jõudnud ka Põhja-Euroopasse (Aarvik jt, 2014) ning levib seega pea kõikjal, kus kasvab hobukastan.

Eestis püüti esimesed hobukastani-keerukoi liblikad 2007. aasta augustis Pärnust (Jürivete, 2009). Röövikute tekitatud kaevandeid lehtedes märgati samal aastal veel Tartus, Tõrvas, Virtsus ja Saaremaal Tagamõisas (Jürivete ja Öunap, 2008; Jürivete, 2009; Švilponis, 2009; Švilponis jt, 2009). Järgnevatel aastatel on kahjustusi märgatud paljudes paikades üle Eesti, sealjuures sagedamini linnades, vähemal määral suurtest teedest eemal paiknevates maapiirkondades.

Hobukastani-keerukoi, nagu paljude teistegi kahjurputukate lendluse jälgimiseks on kasutusel feromoonpüünised (Kindl jt, 2002; Kalinova jt, 2003; Avtzis ja Avtzis, 2006; Augustin jt, 2009; Svatoš jt, 2009; Fora jt, 2010; Акимов и др., 2006; Гниненко и др., 2011). Nende abil on võimalik uurida putuka lendluse dünaamikat ja selgitada regionaalseid bioloogilisi erisusi, sealhulgas näiteks aastas esinevat põlvkondade arvu (voltinismi). Käesolevas artiklis esitatakse hobukastani-keerukoi feromoonpüünistega läbiviidud pilootuuringu esimesed tulemused.

■ Materjal ja meetodika

Hobukastani-keerukoi lendluse uurimine feromoonpüüniste abil viidi läbi Tartus Eesti Maaülikooli pargis aastail 2013–2015. Hobukastani okstele, maapinnast umbes

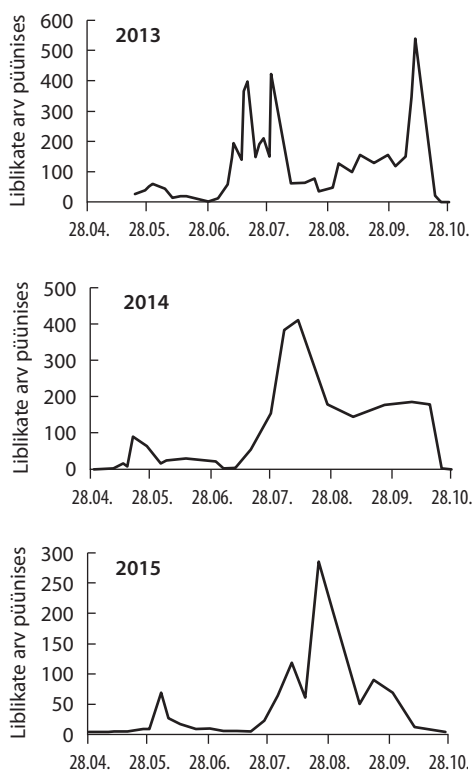
2 meetri kõrgusele riputati kaks delta-tüüpi liimpüünist: suurem plastikust püünis 19×19 cm suuruse liimiplaadiga ja väiksem kartongist püünis 10×15 cm suuruse liimiplaadiga. Püünised paigutati 2013. aastal välja 15. mail, hobukastani õitsemise algul, kuid kuna selgus, et liblikate lendlus oli siis juba alanud, paigutati järgmistel aastatel püünised välja varem, 15. aprillil. Liblikad loendati püünises enamasti kord nädalas ning liblikaid täis liimiplaat asendati uuega. Feromoondispenser asendati nelja nädala möödudes uuega.

■ Tulemused ja arutelu

Kolme aasta jooksul püüti kahe püünisega kokku 53 800 hobukastani-keerukoi liblikat. Joonisel 1 on esitatud suurema liimpüünise püügitulmused: 2013. aastal püüti kokku 15 018 liblikat, 2014. a. – 20 720 ja 2015. a. – 7846 liblikat. Lendluse dünaamikat jälgides eristub kõigi kolme aasta puhul kolm lendluse kulminatsiooni: väikesearvuline esimene nukust väljunud põlvkond lendleb mais – juuni algul, teine arvukas põlvkond lendleb massiliselt juuli teises pooles – augustis ning kolmas, hilissügisene põlvkond lendleb septembri lõpus – oktoobris.

Esimese põlvkonna tegevuse tulemusena ilmuvad lehtedele üksikud kaevandid, teine põlvkond põhjustab põhilise osa kahjustustest ning kolmas põlvkond lendleb soojade ilmade korral hilissügisel, isegi siis, kui lehed on puudelt juba varisenud.

Hobukastani-keerukoi talvitub tavaliselt nukuna varisenud lehtedes, kuid talve jooksul hukkub ligi 90% nukkudest (Girardo jt, 2007). Seetõttu ongi kevadine esimene põlvkond vähearvukas. Teise põlvkonna areng toimub reeglipäraselt munast nukkumiseni ja valmikuni. Osa nukke jääb ilmselt ka talvituma. Kolmanda põlvkonna saatus on siinsetes põhjamaistes oludes aga bioloogiliselt ebalooiline – munemiseks enam võimalust pole ning külmade saabudes varjuvad valmikud ilmselt koorepragudesse või lehevarisesse, kuid ületalve elamiseks on neil vähe lootust. 2014. aasta aprilli lõpus võis siiski püünises leida üksikuid kulunud tiibadega talvitunud liblikaid, kes olid välja lennanud esimeste soojade ilmadega juba enne hobukastani lehtimist. Uue põlvkonnale panevad aluse siiski kevadel nukust väljunud liblikad, kes munevad noortele lehtedele.



Joonis 1. Hobukastani-keerukoi lendluse dünaamika Tartus 2013–2015 (liblikate arv püünises keskmiselt päevas).

Kasutatud kirjandus

- Aarvik, L., Boumans, L., Sørlibråten, O. 2014. The horse chestnut leaf-miner, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986, (Lepidoptera, Gracillariidae) established in Norway. *Norwegian Journal of Entomology*, 61 (1), 8–10.
- Augustin, S., Guichard, S., Svatoš, A., Gilbert, M. 2009. Monitoring the regional spread of the invasive leafminer *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) by damage assessment and pheromone trapping. *Environmental Entomology*, 33 (6), 1584–1592.
- Avtzis, N., Avtzis, D. 2006. Zusammenfassende Betrachtung über die Verbreitung und die Biologie von *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic (Lep., Gracillariidae) in Griechenland. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 15, 177–182.
- Deschka, G., Dimic, N. 1986. *Cameraria ohridella* n. sp. aus Mazedonien, Jugoslawien (Lepidoptera, Lithocolletidae). *Acta Entomologica Jugoslaviae*, 22 (1-2), 11–23.
- Fora, C.G., Lauer, K.F., Fora, A., Damianov, S., Moatar, M. 2010. The flight of the *Cameraria ohridella* population in the city of Timisoara, Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 14 (1), 197–201.
- Gilbert, M., Guichard, S., Freise, J., Gregoire, J.-C., Heitland, W., Straw, N., Tilbury, C., Augustin, S. 2005. Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: from validation to prediction. *Journal of Applied Ecology*, 42 (5), 805–813.
- Girardoz, S., Quicke, D.L.J., Kenis, M. 2007. Factors favouring the development and maintenance of outbreaks in an invasive leaf miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae): a life table study. *Agricultural and Forest Entomology*, 9 (2), 141–158.
- Ivinskis, P., Rimšaite, J. 2006. The horse-chestnut leafminer (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic 1986) Lepidoptera, Gracillariidae in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 16 (4), 323–327.
- Jürivete, U. 2009. Eesti faunale uued pisiliblikad (Microlepidoptera) aastail 2006–2007. *Lepinfo*, 18, 16–31.
- Jürivete, U., Õunap, E. 2008. *Eesti liblikad. Kataloog*. Eesti Lepidopteroloogide Selts, Tallinn, 175 lk.
- Kalinova, B., Svatoš, A., Kindl, J., Hovorka, O., Hrdy, I., Kuldova, J., Hoskovec, M. 2003. Sex pheromone of horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* and its use in a pheromone-based monitoring system. *Journal of Chemical Ecology*, 29 (2), 387–404.
- Kindl, J., Kalinova, B., Freise, J., Heitland, W., Augustin, S., Guichard, S., Avtzis, N., Svatoš, A. 2002. Monitoring the population dynamics of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* with a synthetic pheromone in Europe. *Plant Protection Science*, 38 (4), 131–138.
- Metla, Z., Voitkane, S., Seškene, R., Petrova, V., Jankevica, L. 2013. Presence of entomopathogenic fungi and bacteria in Latvian population of horse-chestnut leaf miner *Cameraria ohridella*. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 13 (1), 69–76.
- Pschorn-Walcher, H. 1994. Freiland-Biologie der eingeschleppten Roßkastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lep., Gracillariidae) im Wienerwald. *Linzer biologische Beiträge*, 26 (2), 633–642.
- Pschorn-Walcher, H. 1997. Zur Biologie und Populationsentwicklung der eingeschleppten Roßkastanien-Miniermotte, *Cameraria ohridella*. *Forstschutz Aktuell*, 21, 7–10.
- Sengonca, C., Arnold, C., Blaeser, P. 2002. Befall, Ausbreitung und Generationenzahl der Rosskastanien-Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic im Bonner Raum. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 121 (4), 171–178.
- Snieškiene, V., Balezentiene, L., Stankeviciene, A. 2011a. State of horse-chestnut, *Aesculus hippocastanum* L., in Lithuania: diseases and pest damages. *Ekologija*, 57 (2), 62–69.
- Snieškiene, V., Stankeviciene, A., Zeimavicius, K., Balezentiene, L. 2011b. *Aesculus hippocastanum* L. state changes in Lithuania. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20 (4), 1029–1035.
- Svatoš, A., Kalinova, B., Hrdy, I. 2009. *Cameraria ohridella*: 10 years of sex pheromone and kairomone research. *Journal of Applied Entomology*, 133 (5), 319–327.
- Švilponis, E. 2009. Keerukoi on jõudnud Eestisse. *Targu Talita: Maalehe nõuandelisa*, 33, 534–535.
- Švilponis, E., Mänd, M., Veromann, E. 2009. Hobukastani-keerukoi: uus invasiivne taimekahjur Eestis. *Eesti Loodus*, 8, 19–23.
- Tomiczek, C. 1997. Verbreitung der Roßkastanienminiermotte in Österreich. *Forstschutz Aktuell*, 21, 2.

- Tomiczek, C., Krehan, H. 1998. The horsechestnut leafmining moth (*Cameraria ohridella*): a new pest in Central Europe. *Journal of Arboriculture*, 24 (3), 144–148.
- Акимов И.А., Зерова М.Д., Гершензон З.С., Нарольский Н.Б., Коханец А.М., Свиридов С.В. 2003. Первое сообщение о появлении в Украине каштановой минирующей моли, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) на конском каштане обыкновенном *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae). *Вестник зоологии*, 37 (1), 3–12.
- Акимов И.А., Зерова М.Д., Нарольский Н.Б., Никитенко Г.Н., Свиридов С.В., Коханец А.М., Бабидорич М.М. 2006. Биология каштановой минирующей моли, *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae), в Украине: Сообщение 2. *Вестник зоологии*, 40 (4), 321–332.
- Гниненко Ю.И., Раков А.Г., Ковалев Б.Г. 2011. Испытание феромонных ловушек для мониторинга охридского минера. *Болезни и вредители в лесах России: век XXI. Материалы Всероссийской конференции с международным участием и V ежегодных чтений памяти О.А. Катаева*. Екатеринбург, 20-25 сентября 2011 г. Красноярск: ИЛ СО РАН, с. 147–148.
- Голосова М.А., Гниненко Ю.И., Голосова Е.И. 2008. Каштановый минер *Cameraria ohridella* – опасный карантинный вредитель на объектах городского озеленения. ВПРС МОББ, МГУЛ, ВНИИЛМ, Москва, 25 с.
- Раков А.Г. 2011. Охридский минер *Cameraria ohridella* в России. *Вестник МГУЛ – Лесной вестник*, 4 (80), 85–89.

KASURID JA NEID MÕJUTAVAD TEGURID

Kuidas kasutada kimalasi taimekaitstes?

Marika Mänd, Reet Karise, Riin Muljar, Gerit Dreyersdorff, Risto Raimets
Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ marika.mand@emu.ee

■ Sissejuhatus

Mitmete marjakultuuride üheks olulisemaks kahjustajaks maailmas on hahkhallitus, mille tekitajaks on patogeen *Botrytis cinerea* Pers. Sünteetiliste taimekaitsevahendite kõrval on viimasel ajal hakatud järjest enam tähelepanu pöörama biopreparaatide kasutamisele. Põhiline nakatumine hahkhallitusse toimub öitsemis-perioodil, mistõttu efektiivseks on osutunud otse õitele kantavad pulberpreparaadid. Uudse meetodina on kasutusel entomovektortehnoloogia, kus preparaate laialikandjateks on erinevad mesilaseliigid.

Kimalaste kasutamist taimekaitsevahendite laialikandjatena on katsetatud juba 1990-ndatest aastatest alates (Peng jt, 1992, Yu ja Sutton, 1997). Põhjus, miks üldse hakati mesilasi kasutama biotõrjes, tulenes nende morfoloogilistest ja käitumuslikest iseärasustest. Kimalaste keha on kaetud harunevate karvadega, mille külge haakuvat biopreparaadi pulbrit nad saavad sarnaselt õietolmuga kanda taimede õitele (Free ja Williams, 1972). Seoses kimalasperede (*Bombus terrestris* L.) tööstusliku tootmise arenguga Euroopas on laienenud võimalused kasutada neid lisaks tolmeldamisele ka haiguste ja kahjurite tõrjes. Enamik vastavatest uuringutest on senini läbi viidud labori- ja kasvuhuone tingimustes (Mommaerts jt, 2011), tunduvalt vähem on katseid tehtud avamaal. Käesolevas töös analüüsitakse, kuidas tõhustada kimalaste efektiivsust taimekaitsevahendite laialikandmisel avamaa tingimustes.

■ Kimalaste korjekäitumine

Kimalaste toidutaimede valik sõltub pesa ümbruses leiduvate taimede nektari ja õietolmu kvaliteedist ja kvantiteedist. Nektari produktsioon varieerub taime liigiti, sorditi (Bertazzini ja Forlani, 2016) ja ka vastavalt ilmastikule (Nicolson ja Nepi, 2005). Nii näiteks on niisketes ilmastiku tingimustes suhkru kontsentratsioon nektaris madal ja pere vajaduste rahuldamiseks on vaja tunduvalt rohkem nektarit koguda. See omakorda mõjutab toidutaimede valikuid.

Kimalaste korje-eelistused on seotud ka nende suiste pikkusega. Lühikese suis- tega liikidel on tavaliselt laiem dieet kui pikasuiselistel (Alford, 1975; Goulson jt, 2008). Tolmeldamiseks müügil olevad karukimalased (*Bombus terrestris*) on lühi- suiselised. Nad koguvad nektarit ja õietolmu nii looduslikelt kui ka massiliselt õits- vatelt kultuurtaimedelt, aga vajadusel ka taimedelt, mis ei kuulu nende loomulike eelistuste hulka. Nad on mitmetoidulised, kes külastavad ühe korjelennu jooksul 2–4 taime (Carvell jt, 2006; Somme jt, 2014). Kimalased eelistavad suuremaid õits- vaid alasid ja hoiduvad neist, mis ei paku piisavalt nektarit ja õietolmu (Makino jt, 2007). Eelnevalt rikkalikult toitu pakkunud alasid külastavad nad püsivalt kuni nende ammendumiseni (Makino ja Sakai, 2007).

Tolmeldamist vajava kultuuri puhul on väga tähtis, et korjekimalaste arvukus põllul oleks võimalikult suur. Kimalaste arvukus õitel sõltub pere suurusest ja korje- lendude ulatusest. Suured pered vajavad tunduvalt rohkem õietolmu ja nektarit kui väikesed. Kui enamikel kimalaseliikidel on peres 20 kuni 100 töolist, siis karukima- lasel on kuni 400 isendit (Benton, 2006).

Kimalased koguvad õietolmu ja nektarit oma pesa ümbrusest. Sõltuvalt seal leiduva toiduresursi hulgast varieerub korjelendude ulatus nii liigiti kui ka pereti. Siiski on kõige suurem korjeterritoorium karukimalasel, kelle töölisel võivad toitu koguda kuni 2,5 km kauguselt pesast (Westphal jt, 2006), samas väikesed pered toituvad pesast kuni 500 m kaugusel (Benton, 2006).

■ Kimalased taimekatsevahendite laialikandjatena

Eestist kogutud andmed näitavad, et kimalasi võib pidada biofungitsiidi laialikand- jatena hahkhallituse tõrjes edukateks aed-maasikal ka avamaastiku tingimustes. Alternatiivina keemilisele tõrjele on hahkhallituse tõrjumiseks võimalik kasutada erinevaid biopreparaate, mis sisaldavad haigustekitajale antagonistlikke seeneliike. Prestop Mix on biofungitsiid, mis sisaldab mullas leiduva seene *Gliocladium cate- nulatum* J.C. Gilman & E.V. Abbott eoseid (Verdera OY, Finland). See antagonist- lik seen pärsib hahkhallitust põhjustava seenpatogeeni *B. cinerea* arengut toimides kui parasit ja konkurent, kuid ei tooda ei toksine ega antibiootilisi aineid. Biofun- gitsiidi Prestop Mix toimel väheneb hahkhallitusega marjade osakaal aedmaasikal sõltuvalt aastast 1,5 kuni 3 korda (Karise jt, toimetamisel). Väga vihmaste ilmade korral, mil kimalased ei saa korjel käia, on selle tehnoloogia efektiivsus madal nii nagu ka sünteetiliste preparaatidel.

Efektiivse biotõrje tagamiseks peab preparaat olema jaotunud ühtlaselt üle kogu põllu. Katsed näitasid, et nii kimalased kui ka õitelt analüüsitud seene *G. cate- nulatum* eosed jaotusid aedmaasika põllul ühtlaselt 100 m raadiuses tarust (Karise jt, toimetamisel). Katses olnud aedmaasika põllud olid suhteliselt väikesed, mis- tõttu polnud võimalik kindlaks teha kimalaste ja biopreparaadi levimist kauge- male kui 100 m. Samas Wolf ja Moritz (2008) näitasid, et karukimalased kogusid nektarit ja õietolmu kuni 267 m kauguselt tarust, kusjuures 40% kimalaste korje jäi siiski 100 m raadiusesse. Seega peaks kimalasperede vaheline soovitatav kaugus suurematel põldudel olema umbes 200 m.

Kasvuhoone katsetest on selgunud, et peale tarust väljumist kaotavad kimalased esimese 60 sekundilise lennu jooksul ligikaudu 81% biotõrje vahendist Prestop Mix (Mommaerts jt, 2010). Sellest hoolimata oli preparaati meil tehtud katsetes jaotunud õitele ühtlaselt (Karise jt, toimetamisel). Erinevalt kasvuhoonest küllastavad avamaastikus õisi lisaks spetsiaalselt põllule viidud kimalastele ka mitmed teised putukad, kes aitavad kaasa preparaadi järkjärgulisele edasikandele järgnevatele õitele. Seda nähtust nimetatakse sekundaarseks edasikandeks (Nuclio jt, 1998).

Põhja regioonides õitsevad aedmaasikad ajal, mil looduslikud noored talvitunud emakimalased alles alustavad pesa rajamist ja seetõttu pole peredes veel töölisi. Samas võib põllul kohata teisi õisi küllastavaid putukaid, näiteks meemesilasi, erakmesilasi ja mitmesuguseid kahetiivalisi putukaid. Katsed Eestis näitasid, et sekundaarsete edasikandjate arvukus oli suhteliselt kõrge: kahetiivaliste putukate, sealhulgas sirelaste arvukus moodustas 49% kõigist aedmaasika küllastajatest, sellel järgnesid meemesilased (29%) ja erakmesilased (13%) (Karise jt, toimetamisel). Looduslike mesilaste koosluste uuringud aedmaasikal põhjast lõunasse kulgeval gradiendil alates Kesk-Norrast läbi Taani kuni Saksamaani välja näitasid, et mesilaste mitmekesisus aedmaasika põldudel on suurem lõunapoolsetes regioonides (Ahrenfeldt jt, 2015). Seega on ilmselt sekundaarse edasikande mõju biotõrje efektiivsusele suurem regioonides, kus on looduslike tolmeldajate arvukus ja liigirikkus suurem.

■ Tolmeldamisest tulenev lisaväärtus

Kimalaste kasutamine biopreparaadi laialikandjatena toob kaasa lisaväärtuse, nimelt suureneb ka tolmeldamise efektiivsus. Tolmeldamisega kaasnev otsene kasu sõltub aga kultuurtaime liigist ja sordist. Mitmed taimeliigid nagu näiteks mustikad, vaarikad, õuna-, kirsi- ja ploomipuud vajavad viljumiseks putuktolmlemist, mistõttu suurem tolmeldajate arvukus kindlustab ka suurema saagi. Samas aedmaasikad kuuluvad niisuguste kultuuride hulka, millel vaid osa sorte vajab putuktolmeldamist (Klatt jt, 2013, 2014, Tuohimetsä jt, 2014). Aedmaasika õies on rohkem kui 200 stigmat (emakasuet) ja kõrge kvaliteedilise marja saamiseks vajab igaüks neist tolmeldamist. Korralikult tolmeldatud õitest arenevad marjad on mitte ainult suuremad, vaid ka säilivad paremini ja nende müügihind on kõrgem (Klatt jt, 2013, 2014). Praegu Eestis enamasti kasutusel olev aedmaasika sort 'Sonata' on tuultolmlev ja putuktolmlemisest tulev tulu jääb madalaks, seevastu sordil 'Polka' on saagikuse tõus märgatav (Karise jt, 2014).

■ Kimalaste efektiivsuse suurendamine

Lisatolmeldajate, nii meemesilaste kui ka kimalaste, põllule toomisega kaasneb alati oht, et nad eelistavad kultuurtaimele teisi liike. Mesilaste **põllule suunamine** nõuab teadmisi konkreetse mesilaseliigi vajadustest ja korjekäitumisest. Enamikel juhtudel kasutatakse meemesilasi lisatolmeldajatena nende suurema arvu ja pikaajalise pere tõttu. Samas aga on kaubanduses pakutavad kimalasepered väga lihtsalt käsitletavad, tarud on väikesed ja pered lühiealised. Pealegi pole kimalased oma pere kaitsmisel nii agressiivsed kui meemesilased.

Kimalastaru käsitlemine on lihtne, kuna see on väike ja kompaktne. Avamaatingimustes kasutamiseks on pere paigutatud veekindlasse isoleeritud kasti. Kimalased saavad tarru siseneda ja väljuda suletavate avade kaudu. Lisaks tolmeldamistarudele on saadaval ka tarud biotõrje tarbeks. Nii näiteks firma BioPest müüb spetsiaalseid tarusid (*Flying Doctors Hive*), millel on bioloogiliste pulberpreparaatide tarbeks eraldi konteiner. Tarust väljumisel läbivad kimalased pulbriga kaetud konteineri, kimalaste jalgade ja keha külge jäävad preparaadi osakesed, mille nad kannavad laiali taimeõitele.

Kimalasperede kasutamine võimaldab **sünkroniseerida** kultuuri õitsemise tolmeldajate esinemisega põllul. Seda on oluline arvestada, kuna korjetöölistel kujuneb kiiresti välja tugev õiekonstantsus, ehk varem selgeks õpitud tasuvate õietüüpide eelistamine. Liiga vara põllule toodud kimalased võivad jääda külastama varem ümbrusest leitud taimeliike. Kimalaste pered tuleb paigutada aedmaasika põllule siis, kui 5–10% õitest on avatud. Juhul, kui on liiga vähe õisi, hakkavad nad otsima alternatiivseid toiduallikaid. Kimalaste toomisega aedmaasika õitele ei tohi aga ka hiljaks jääda, sest just esimesed õied annavad parima kvaliteediga marjad.

Õite atraktiivsus tolmeldajatele sõltub nii taimeliigist, sordist, aga ka sellest, missugused taimed antud hetkel kimalase korjealal õitsevad. Tagamaks võimalikult head kultuurtaimede tolmeldamist on otstarbekas kasvatada korraga mitut sorti, sest kimalaste toidutaimede eelistused varieeruvad aastati ja asukohati sõltuvalt sellest, missugused taimed läheduses õitsevad. Nii kogusid kimalased Eestis tehtud katsetes peale aedmaasika samaaegselt ka suure läätspuu, valge iminõgese ja mitmete roosõieliste taimede õietolmu (Dreyersdorff jt, 2014). Ka talirapsi peetakse kimalastele atraktiivseks toidutaimeks, kuid aedmaasika põldudel paiknenud perede korjetööliste poolt kogutud õietolmus oli talirapsi vaid 20-25% (Karise jt, toimetamisel). Keskkonnatingimused erinevates Euroopa piirkondades on väga erinevad ja seetõttu on eduka tolmeldamise tagamiseks oluline teada kimalaste regioonipõhiseid eelistusi.

Kaubanduses olevad kimalastarud on varustatud suhkrulahusega selleks, et tagada neile perede transportimise, aga ka hilisema hoiustamise ajaks toiduvarud. Kuidas käituda aga põllule viidud tarudega – kas suhkrulahus eemaldada või jätta alles? Eemaldamine sunnib kimalasi aktiivsemalt nektarit koguma. Samas lisatoit võib olla oluline, tagamaks pere toiduga varustus ka pikemate ebasobivate ilmade puhul, mil kimalased korjel käia ei saa. Seda, et kimalased suhkrulahuse alles jätmisel üldse korjele ei lähe, ei tarvitse karta, kuna varutoidus ei ole vastsete arenguks vajalikke valke, ning seetõttu on kimalastel vaja käia väljas korjel.

■ Kokkuvõtteks

Entomovektortehnoloogia on keskkonnasõbralik, loodusele ja inimestele kahjutu meetod hahkhallituse tõrjumiseks, mis on eelkõige sobilik väiksematele põldudele ning mahekasvatustes. Kui tunda põhilisi nippe, siis on kimalastega hakkama saamine lihtne ning odav, sest võrrelduna biopreparaadi pritsimisega, mida efektiivsuse saavutamiseks tuleks teha võimalikult sageli, otsivad kimalased iga päev vabatahtlikult just värskelt avanenud õisi. Samuti on preparaadi kulu kimalasi kasutades väga palju väiksem võrreldes pritsimisega vaja minevate kogustega.

Tänuavaldused

Uurimistööd toetas EV Maaeluministeerium, project BICO POLL (ERA-NET Core-organic), Haridus- ja Teadusministeerium (IUT36-2).

Kasutatud kirjandus

- Ahrenfeldt, E., Klatt, B., Arildsen, J., Trandem, N., Andersson, G., Tscharncke, T., Smith, H., Sigsgaard, L. 2015. Pollinator communities in strawberry crops-variation at multiple spatial scales. *Bulletin of Entomological Research*, 105, 497–506.
- Alford, D.V. 1975. *Bumblebees*. Davis-Poynter, London.
- Benton, T. 2006. *Bumblebees*. Collins New Naturalist Series, London.
- Bertazzini, M., Forlani, G. 2016. Intraspecific Variability of Floral Nectar Volume and Composition in Rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera*). *Frontiers in Plant Science*, 7, 288.
- Carvell, C., Westrich, P., Meek, W.R., Pywell, R.F., Nowakowski, M. 2006. Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis. *Apidologie*, 37, 326–340.
- Dreyersdorff, G., Karise, R., Mänd, M. 2014. Kimalaste efektiivsus biotõrjepreparaatide siirutamisel sõltub konkureerivatest toidutaimedest. In: *Teaduselt mahepõllumajandusele*, (Metspalu, L., Luik, A., eds). Tartu: Ecoprint.
- Free, J.B., Williams, I.H. 1972. Hoarding by honey bees (*Apis mellifera* L.). *Animal Behaviour*, 20, 327–334.
- Goulson, D., Lye, G.C., Darvill, B. 2008. Diet breadth, coexistence and rarity in bumblebees. *Biodiversity Conservation*, 17, 3269–3288.
- Karise, R., Dreyersdorff, G., Jahani, M., Veromann, E., Runno-Paurson, E., Kaart T, Smaghe, G., Mänd, M. 2016. Reliability of the entomovector technology using Prestop-Mix and *Bombus terrestris* L. as a fungal disease biocontrol method in open field conditions (Submitted in *Scientific Reports*)
- Karise, R., Muljar, R., Mänd, M. 2014. Entomovektortehnoloogias tuleneva lisatolmeldamise ja hahkhallituse tõrjumise efektiivsus aedmaasika sortidel 'Polka' ja 'Sonata'. In: *Teaduselt mahepõllumajandusele*, (Metspalu, L., Luik, A., eds). Tartu: Ecoprint.
- Klatt, B.K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., Tscharncke, T. 2014. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 281, 2013–2440.
- Klatt, B.K., Klaus, F., Westphal, C., Tscharncke, T. 2014. Enhancing crop shelf life with pollination. *Agriculture & Food Security*, 3, 1–7.
- Makino, T.T., Ohashi, K., Sakai, S. 2007. How do floral display size and density of surrounding flowers influence the likelihood of bumble bee revisitation to a plant? *Functional Ecology*, 21, 87–95.
- Makino, T.T., Sakai, S. 2007. Experience changes pollinator responses to floral display size: from size-based to reward-based foraging. *Functional Ecology*, 21, 854–863.
- Mommaerts, V., Put, K., Vandeven, J., Jans, K., Sterk, G., Hoffmann, L., Smaghe, G. 2010. Development of a new dispenser for microbiological control agents and evaluation of dissemination by bumblebees in greenhouse strawberries. *Pest Management Science*, 66, 1199–1207.
- Nicolson, S.W., Nepi, M. 2005. Dilute nectar in dry atmospheres: Nectar secretion patterns in *Aloe castanea* (Asphodelaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 166 (2), 227–233.
- Nucló, R.L., Johnson, K.B., Stockwell, V.O., Sugar, D. 1998. Secondary colonization of pear blossoms by two bacterial antagonists of the fire blight pathogen. *Plant Disease*, 82, 661–668.
- Peng, G., Sutton, J.C., Kevan, P.G. 1992. Effectiveness of Honey Bees for Applying the Biocontrol Agent *Gliocladium Roseum* to Strawberry Flowers to Suppress *Botrytis Cinerea*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 14, 117–129.
- Somme, L., Vanderplanck, M., Michez, D., Lombaerde, I., Moerman, R., Wathelet, B., Wattiez, R., Lognay, G., Jacquemart, A.-L. 2014. Pollen and nectar quality drive the major and minor floral choices of bumble bees. *Apidologie*, 46 (1), 92–106.
- Tuohimetsä, S., Hietaranta, T., Uosukainen, M., Kukkonen, S., Karhu, S. 2014. Fruit development in artificially self- and cross-pollinated strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*, 64, 408–415.

- Verdera: Safety Data. Available at: <http://verdera.fi/en/products/horticulture/prestop-mix/safety-data/> (07.12.2015)
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardt, T. 2006. Bumblebees experience landscapes at different spatial scales: possible implications for coexistence. *Oecologia*, 149, 289–300.
- Wolf, S., Moritz, R.F.A. 2008. Foraging distance in *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 39, 419–427.
- Yu, H., Sutton, J.C. 1997. Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculum of *Gliocladium roseum* to raspberry flowers to control *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, 10, 113–122.

Mõne insektitsiidse preparaadi toime suur-süsijooksiku (*Pterostichus niger*) suremusele

Angela Ploomi¹, Ivar Sibul², Kristiina Aru³, Katrin Jõgar¹

¹ Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ angela.ploomi@emu.ee

² Eesti Maaülikool, metsandus- ja maaehitusinstituut

³ Põllumajandusamet

■ Sissejuhatus

Jooksiklased (Coleoptera: Carabidae) on röövtoidu eelistusega kasulikud putkad, kelle toiduvalikusse kuuluvad ka taimekahjurid ja umbrohuseemned (Kromp, 1999; Honek jt, 2003; Labruyere jt, 2016). Kuna jooksiklased on tundlikud pestitsiididega saastunud mulla ja taimestiku suhtes, siis sellest tulenevalt käsitletakse neid kui keskkonna bioindikaatoreid (Rainio jt, 2003; Koivula, 2011; Trager jt, 2013).

Põllumajanduses kasutatav insektitsiidne preparaat, mis tabab nii kahjur- kui kasurputukaid ei pruugi neid kohe surmata, kuid võib hiljem siiski põhjustada putkapopulatsiooni osalise või täieliku hävimise. Katsed insektitsiidide surmavate kontsentratsioonidega ei anna nende mitmekülgsest mõjust täielikku ülevaadet ja seetõttu on preparaatide vähendatud kontsentratsioonide toime hindamine väga oluline (Desneux jt, 2007).

Neonikotinoidid kuuluvad maailmas väga laialdaselt kasutatava, süsteemselt toimiva insektitsiidide klassi (Jeschke jt, 2011), mis tähendab, et toimeaine transporditakse taime kõikide osade kudedesse, pakkudes sel viisil kaitset imevate ja haukavate kahjurputukate vastu (Nauen jt, 2003; Hopwood jt, 2012). Neonikotinoide peeti algselt keskkonnasõbralikeks, kuid kui selgus nende negatiivne mõju tolmeldajatele, on nende preparaatide toime keskkonnale muutunud suureks murettekitavaks küsimuseks (Goulson, 2013). Mitmete neonikotinoidsete toimeainete mõjusid on uuritud, kuid alates 1998. aastast turul oleva suhteliselt uue toimeaine tiametoksaami kohta on vähe andmeid, praktiliselt ei teata midagi tema toimest röövtoidulistele lüljalgsetele (Poletti jt, 2007; Rahmani ja Bandani, 2013).

Kahjuritõrjes püütakse üha enam sünteetiliste insektitsiidide kasutamist vähendada. Pidevalt kasvav mahetootmine on tekitanud samuti nõudluse tõrjevahendite suhtes, mis lisaks väiksemale resistentsuse tekkimise ohule, oleksid selektiivse toimega, laguneksid kiiresti ning mille kasutamisel oleks võimalikult väike risk keskkonnale ja inimesele (Metspalu jt, 2007). Selliste preparaatide hulka kuuluvad näiteks botaanilised insektitsiidid, mis on keskkonnasõbralikumad, sest püsides keskkonnas lühikest aega, on nende negatiivne mõju kasuritele ja teistele elusorganismidele, ka inimesele, väiksem (Isman, 2005; Gupta ja Dikshit, 2010).

Uurimistöo eesmärgiks oli hinnata botaaniliste insektitsiidide NeemAzal-T/S, neemi- ja karanjaõli (toimeained: azadiraktiin, karanjiin) ja neonikotinoidi

Actara 25 WG (toimeaine: tiametoksaam) võimalikke mõjusid suur-süsijooksiku (*Pterostichus niger* Schall.) valmikutele.

Actara 25 WG (Syngenta Crop Protection AG) on laia toimespektriga insektitsiid, mis mõjub kahjurputukatele kiiresti nii kontaktelt kui seedetrakti kaudu (Anikwe jt, 2009). Saksa firma Trifolio-M GmbH preparaat NeemAzal-T/S on toodetud neemipuu seemneekstrakti baasil ning sisaldab toimeainena limonoidset triterpenoidi azadiraktiini (1%) ja paljusid teisi bioloogilisel aktiivseid komponente – fenoole, kartinoide, steroide ja ketoone (Hummel jt, 2012). Neemiõli (Ozone Biotech, Faridabad, India) saadakse neemipuu seemnetest, mille peamine toimeaine on samuti azadiraktiin, millel on leitud mitmete kahjurite vastane toime (Dayan jt, 2009; Hummel jt, 2012). Karanjaõli (Ozone Biotech, Faridabad, India) saadakse külmpressimise teel vengepuu (*Millettia Wight et Arn.*) perekonda kuuluva karanjapuu (*M. pinnata* (L.) Panigrahi; sün. *Pongamia pinnata* (L.) Pierre, *P. glabra* Vent., *P. mitis* Kurz, *Derris indica* (Lam.) Bennet, *Robinia mitis* Lour. jt) seemnetest (toimeaine: karanjiin) (Kent, 2010, Csurhes ja Hankamer, 2010).

■ Materjal ja meetodika

Katsed viidi läbi Eesti Maaülikooli metsandus- ja maaehitusinstituudi metsakasvatuse osakonna metsaentomoloogia laboris.

Suur-süsijooksiku valmikud koguti pinnasepüünistega 2013. aasta augustis Tartumaalt Võnnu vallast (58°15'N, 27°4'E). Laboris määrati jooksiklaste liik ja sugu kasutades Habermani (1968) ning Merivee ja Remm (1973) määrajaid. Jooksiklasi hoiti enne katse algust 48 h toatemperatuuril (22 ± 1 °C) niiske filterpaberiga Petri tassides ilma toiduta. Katses kasutatud isendite arv oli 252 (n = 29–62). Igas katsevariandis oli võrdselt emaseid ja isaseid. Antud uurimistöös preparaatide toimet erinevatele sugudele välja ei toodud.

Laboritingimustes uuriti 10 päeva jooksul Actara 25 WG (vähendatud kontsentratsioonid), NeemAzal-T/S, neemiõli ja karanjaõli toidukaudset toimet suur-süsijooksikute valmikute suremusele.

Katses kasutati kuut töötluslahust:

1. Actara 25 WG (0,14%) – vähendatud kontsentratsioon, 1/5 lubatud doosist
2. Actara 25 WG (0,02%) – vähendatud kontsentratsioon, 1/10 lubatud doosist
3. NeemAzal-T/S (0,5%) – tootja poolt lubatud soovituslik kontsentratsioon
4. Neemiõli (10%) – tootja poolt lubatud soovituslik kontsentratsioon
5. Karanjaõli (10%) – tootja poolt lubatud soovituslik kontsentratsioon
6. Destilleeritud vesi – kontroll

Katsekorraldus:

1. Jooksiklastele anti toiduks 0,025 g jahumardika vastsete (*Tenebrio molitor* L.) purustatud vedelat kehamassi, millele lisati mikropipeti (Agilent Technologies, Austraalia) abil 5 µl insektitsiidi vesilahust või destilleeritud vett.
2. Ilma toiduta hoitud näljased jooksiklased söid toidu kohe ära. Üksikud isendid, kes toitu ei puutunud, eemaldati katsest.

3. Edaspidi toideti jooksiklasi kuni katse lõpuni elusate jahumardika vastsetega, Petri tasse puhastati ülepäeviti.
4. Suremus määrati 10 katsepäeva jooksul iga päev.

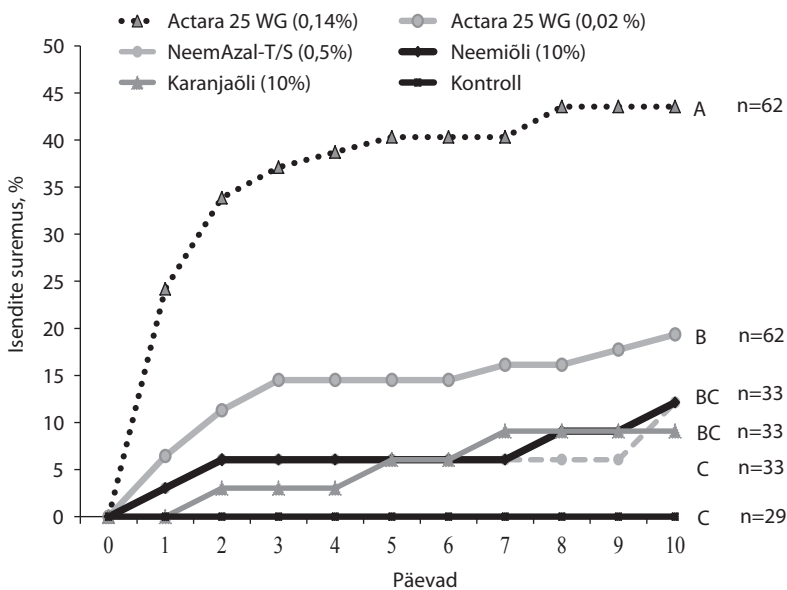
Töödeldud toiduks kasutatud jahumardika vastsetest valmistatud vedela kehamassi saamiseks kasutati külmutatud vastseid, mis peenestati uhmris. Vedelama konsistentsi saamiseks lisati peenestatud massile väike kogus destilleeritud vett ning eemaldati kitiinkestad. Jahumardikaid kasvatati laboris.

Statistiliste erinevuste leidmiseks rakendati t-testi ($p < 0,05$) kasutades andmetöötlus- ja statistikaprogrammi STATISTICA 12 (StatSoft, Inc., USA). Preparaatide kasutamisest põhjustatud suremuse analüüsimiseks kasutati ANOVA, Tukey HSD testi ($p < 0,05$).

■ Tulemused ja arutelu

Actara 25 WG 0,14% kontsentratsiooni variandis hukkus kõige enam (43%) suur-süsijooksiku valmikuid (Tukey HSD test; $df = 60$; $p < 0,001$), kuid sama preparaadi 0,02%-line lahus põhjustas katseputukatel oluliselt väiksema suremuse (19%) (joonis 1). Preparaadi Actara 25 WG 0,02%-lise lahusega töötlemise tulemus oli sarnane botaaniliste insektitsiidide NeemAzal-T/S (0,5%) ja neemiõli 10% lahuste mõjuga (Tukey HSD test; $df = 60$; $p = 0,99$), kuid see preparaat oli siiski toksilisem kui karanjaõli ($p < 0,001$). Karanjaõli variandis putukate suremus ei erinenud neemipreparaatidest ($p > 0,05$) ega kontrollist (Tukey HSD test; $df = 60$; $p = 0,27$). Kontrollvariandis jooksiklasi ei hukkunud.

Kui võrrelda saadud katsetulemusi Rehema (2014) andmetega, siis selgub et Actara 25 WG ja NeemAzal-T/S mõjuvad toidu kaudu jooksiklastele kiiremini kui kontaktse töötlemise puhul. Kui insektitsiididega töödeldud toidu sissesõlmisel



Joonis 1. Suur-süsijooksiku valmikute suremus 10 päeva jooksul peale töödeldud toiduga söötmist. Statistiliselt usaldusväärsed erinevused on märgitud erinevate tähtedega (Tukey HSD; $df = 60$; $p < 0,05$).

hakkasid jooksiklased juba esimesel töötuspäeval surema, siis kontaktse töötlemise korral võttis insektitsiidse toimeaine imendumine läbi kehakatete aega. Näiteks hukkusid Rehema (2014) katses Actara 25 WG soovitusliku doosi (0,2%) kontaktse toime tõttu esimesed jooksiklased alles viiendal katsepäeval. Actara 25 WG madalamate kontsentratsioonide (0,1% ja 0,05%) korral surid esimesed putukad alles vastavalt 10ndal ja 15ndal päeval. NeemAzal-T/S kontaktse töötuse tõttu ei olnud tema katseis veel 10ndal katsepäeval hukkunud ühtegi jooksiklast.

Tiametoksaam mõjub tugeva seedemürgina ka lepatriinule *Serangium japonicum* Chapin, kes on Lõuna-Hiinas kasvuhoonekarilase *Bemisia tabaci* Gennadius looduslik vaenlane. Kui tiametoksaamiga töödeldud kasvuhoonekarilase munadega toideti lepatriinu valmikuid, siis paljud neist hukkusid (Yao jt, 2015).

Isman jt (1990) andmetel toimivad neemipreparaadid peamiselt seedemürkidenä, mida antud katse ka tõestas. Toiduga sissesöödud azadirachtiini mõjul hukkus 12% isenditest 10 päeva jooksul, kusjuures kontaktne töötlemine NeemAzal-T/S-ga põhjustas samasuguse hulga jooksiklaste hukkamise alles 50 katsepäevaks (Rehema, 2014). Botaaniliste insektitsiidide toime kasulike putukate suremusele sõltub tõenäoliselt pritsimiskontsentratsioonist, sest Qi jt (2001) andmetel azadirachtiini 0,005 ja 0,02% kontsentratsioonidega töödeldud toidu söömisel lepatriinu *Harmonia conformis* Boisduval valmikuid ei hukkunud.

Käesolevas uurimistöös karanjaõli seedemürgina põhjustas 9% jooksiklaste hukkamise ning tema toime suremusele ja suremuse dünaamikale oli neemipreparaatidega sarnane.

■ Järeldused

Saadud katsetulemuste põhjal saab väita, et neonikotinoidi Actara 25 WG madalad kontsentratsioonid on seedemürgina suur-süsijooksiku valmikutele toksilised ja seetõttu vähenevad nende võimalused põllumajanduskahjureid kontrolli all hoida. Soovitatav on kahjuritõrjel kasutada neemipreparaate, sest need on suur-süsijooksikule vähem toksilised. Insektitsiidse toimega karanjaõli on seni vähe uuritud ja selle preparaadi efektiivsus vajab Eesti tingimustes veel põhjalikumalt selgitamist. Edaspidi on vajalik uurida tiametoksaami ja neemipreparaatide mõju nii teistel jooksiklaste liikidel kui ka muude kasulike lüljalgsete käitumisele ja suremusele.

Tänuavaldused

Töö valmis RMK projekti 8-2/T12115MIMK (2012–2015) ja IUT36-2 uurimistoetuste baasil. Autorid on tänulikud Irja Kivimägi abi eest labortööde läbiviimisel ja andmete töötlemisel.

Kasutatud kirjandus

- Anikwe, J.C., Asogwa, E.U., Ndubuaku, T.C.N., Okelana, F.A. 2009. Evaluation of the toxicity of Actar 25WG for the control of the cocoa mirid *Sahlbergella singularis* Hagl. (Hemiptera: Miridae) in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 8 (8), 1528–1535.
- Csurhes, S., Hankamer, C. 2010. *Weed risk assesment: Pongamia (Milletia pinnata syn. Pongamia pinnata)*. Department of Employment, Economic Development and Innovation, Biosecurity Queensland, pp. 1–16.

- Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O. 2009 Natural Products in Crop Protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 17, 4022–4034.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial Arthropods. *The Annual Review of Entomology*, 52, 81–106.
- Goulson, D. 2013. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50, 977–987.
- Gupta, S., Dikshit, A.K. 2010. Biopesticides: an ecofriendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides*, 3, 186–188.
- Haberman, H. 1968. *Eesti jooksiklased*. Valgus, Tallinn, 598 lk.
- Honek, A., Martinkova, Z., Jarosik, V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*, 100, 531–544.
- Hopwood, J., Vaughn, M., Shepherd, M., Biddinger, D., Mader, E., Black, S.H., Mazzacano, C. 2012. Are Neonicotinoids Killing Bees? A Review of Research into the Effects of Neonicotinoid Insecticides on Bees, with Recommendations for Actions. The Xerces Society for Invertebrate Conservation. 32 pp.
- [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2012/492465/IPOL-ENVI_NT\(2012\)492465_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2012/492465/IPOL-ENVI_NT(2012)492465_EN.pdf) (02.05.2016).
- Hummel, H.E., Hein, D.F., Schmutterer, H. 2012. The coming of age of azadirachtins and related tetranortriterpenoids. *Journal of Biopesticides*, 5, 82–87.
- Isman, M.B. 2005. Tropical forests as source of natural insecticides. *Recent Advances in Phytochemistry*, 39, 146–157.
- Isman, M.B., Koul, O., Luczynski, A., Kaminski, J. 1990. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1406–1411.
- Jeschke, P., Nauen, R., Schindler, M., Elbert, A. 2011. Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 2897–2908.
- Kent, L.T. 2014. Karanja oil compared to neem oil. <http://www.livestrong.com/article/74231-karanja-oil-compared-neem-oil> (06.05.2016).
- Koivula, M.J. 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys*, 100, 287–317.
- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancements. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 184–228.
- Labruyere, S., Bohan, D.A., Biju-Duval, L., Ricci, B., Petit, S. 2016. Local, neighbor and landscape effects on the abundance of weed seed-eating carabids in arable fields: a nationwide analysis. *Basic and Applied Ecology*, 17, 230–239.
- Merivee, E., Remm, H. 1973. *Mardikate määraja*. Tallinn, 308 lk.
- Metspalu, L., Loorits, L., Jõgar, K., Hiiesaar, K. 2007. Taimse insektiitsiidi NeemAzaal-T/S toimest kapsakoile (*Plutella xylostella* L.). *Agronomia* 2007, 129–132.
- Nauen, R., Ebbinghaus-Kintscher, U., Salgado, V.L., Kaussmann, M. 2003. Thiamethoxam is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 76, 55–69.
- Poletti, M., Maia, A.H.N., Omoto, C. 2007. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 40, 30–36.
- Qi, B., Gordon, G., Gimme, W. 2001. Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysoperla). *Biological Control*, 22, 185–190.
- Rahmani, S., Bandani, A.R. 2013. Sublethal concentrations of thiametoxam adversely affect life table parameters of the aphid predator, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Carabidae). *Crop Protection*, 54, 168–175.
- Rainio, J., Niemelä, J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12, 487–506.
- Rehema, T. 2014. Mõne insektiitsiidi toime ümarselg-süsijooksikule (*Pterostichus aethiops* Panz.). (Magistritöö). Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut, 42 lk.

- Trager, M.D., Ristau, T.E., Stoleson, S.H., Davidson, R.L., Acciavatti, R.E. 2013. Carabid beetle responses to herbicide application, shelterwood seed cut and insect defoliator outbreaks. *Forest Ecology and Management*, 289, 269–277.
- Yao, F-L., Zheng, Y., Zhao, J-W., Desneux, N., He, Y-X., Weng, Q-Y. 2015. Lethal and sublethal effects of thiamethoxam on the whitefly predator *Serangium japonicum* (Coleoptera: Coccinellidae) through different exposure routes. *Chemosphere*, 128, 49–55.

Lühiülevaade pestitsiidide mõjust mesilasemadele

Risto Raimets, Marika Mänd

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ ristorai@gmail.com

■ Sissejuhatus

Viimase kümne aasta jooksul on maailma erinevais paigus täheldatud olulist meemesilaste arvukuse langust (van Engelsdorp ja Meixner, 2010; Bekić jt, 2014). Meemesilaste kadumise või hukkumise võimalikeks põhjustajateks on pakutud erinevaid haiguseid ja parasiite, kliimamuutusi ja ka põllumajandusliku tegevuse intensiivistumist (Brown ja Paxton, 2009; Goulson jt, 2015). Laialdest pestitsiidide kasutamist peetakse üheks peamiseks mesilaste arvukuse languse põhjustajaks (Mullin jt, 2010; Pettis jt, 2013).

Meemesilased puutuvad pestitsiididega kokku nii korjelendude käigus saastunud õietolmu ja nektarit tarru tuues (Dijk jt, 2013; Calatayud-Vernich jt, 2016), kui ka tarusiseselt mesinike poolt praktiseeritava varroalesta ja teiste parasiitide tõrjeprofülaktika kaudu (Mullin jt, 2010). Mitmed teostatud uuringud on näidanud, et nii õietolm, nektar kui ka mesilasvaha sisaldavad endas erinevate pestitsiidide jääke (Chauzat jt, 2006; Yanez jt, 2013; Hladik jt, 2016). Lisaks korjetöölistele ja ka teistele tarus erinevaid ülesandeid täitvatele mesilastele võib pestitsiidide madalate doosidega kokku puutuda ka mesilasema, kelle peamiseks ülesanneteks on hoida pere ühtsena ja samal ajal munemisega tagada mesilaste reproduktsioon.

■ Saastunud toidu tarbimine

Mesilasema võib pestitsiidijääkidega kokku puutuda mitmel erineval moel. Üheks selliseks võimaluseks on juba pestitsiididega saastunud toidu tarbimine. Kamakura (2011) on oma töös näidanud, et mesilasema poolt munetud viljastatud munast areneb mesilasema tänu toitepiimas leiduvale proteiinile 57-kDa, mis soodustab mesilasema keha kasvu, munasarjade arengut ja samal ajal lühendab arenguperioodi munast valmikuks. Lisaks toimub mesilasema vagla toitepiimaga toitmine pikema perioodi jooksul kui seda on töomesilase haudme puhul. Mesilasema toitepiima toodavad amm-mesilased, kelle ülesandeks on hoolitseda mesilashaudme eest (Balayannis, 2015). Sel eesmärgil tarbivad amm-mesilased suhteliselt suurel hulgal õietolmu ja nektarit. Samas on aga Degrandi-Hoffmann jt (2013) näidanud, et pestitsiididega saastunud toitu tarbinud amm-mesilaste poolt eritatud mesilasema toitepiim ei sisaldanud endas ühegi pestitsiidi jääke. Antud katse puhul töödeldi mesilastele söödetu õietolmu insektitsiid kloorpürifossiga ja fungitsiidiga, mis sisaldas püraklostrobiini ja boskaliidi. Katse tulemustest selgus, et amm-mesilased tõe poolest omastasid suiraks ümbertöödeldud õietolmust insektitsiidi ja fungitsiidi jääke, kuid mesilasema toitepiima need ained edasi ei jõudnud. Sellest võib järeldada, et amm-mesilased toimivad teatud juhtudel kui filtrid, kes tarbides

ise saastunud toitu eritavad vaglastaadiumis olevale haudmele puhast mesilasema toitepiima. Seevastu Williams jt (2015) on oma töös näidanud, et neonikotinoidide tiametoksaami ja klotianidiiniga töödeldud suira tarbinud amm-mesilased edas-tasid ka samu aineid mesilasema toitepiimaga vakladele. Antud töö tulemustest selgus, et saastunud toitepiima tarbinud mesilasemate vakladel oli puhast toitu tarbinud emadega võrreldes valmikueas pärast paarumislende 20% vähem talletatud spermatooside, mille elujõulisus oli omakorda ka 9% võrra madalam. Kuna meemesilaste toidus võib korraga esineda väga erinevate pestitsiidide jääke, mida amm-mesilased ei pruugi alati oma kehas välja filtreerida, ei saa välistada ka ohtu mesilasematele ja nende kaudu perele tervikuna.

■ Vahas leiduvad pestitsiidijäägid

Mesilasema võib pestitsiididega kokku puutuda ka vaha kaudu. Pestitsiidijäägid akumulatsioonid vahas, kuhu nad jäävad ka peale vaha ümbertöötlemist uuteks kärjepõhjadeks (Mullin jt, 2010). See soodustab saastunud vaha uuesti ringlusse laskmist ning mesilaste kokkupuute tõenäosus pestitsiidide subletaalsete doosidega suureneb.

Euroopas varroalesta tõrjeks kasutatava tau-fluvalinaadi ja Ameerika Ühendriikides kasutatava kumafossi jäägid akumulatsioonid vahas, kus need võivad mõjutada mesilasema arengut vastseea jooksul (Haarmann jt, 2002; Dahlgren jt, 2015). Kumafossi mõju mesilasemate kasvatamisele on uurinud oma töös Pettis jt (2004). Antud katses töödeldi vahast mesilasema kuppe kumafossi erinevate kontsentratsioonidega enne emade vageldamist. Töö tulemustest selgus, et mesilased hülgasid kõik vageldatud kupud, mida oli töödeldud kumafossiga kontsentratsioonil 1000 mg kg⁻¹. Lisaks ilmnes veel, et mesilasemadest, kes olid kasvanud kuppudes, mis sisaldasid kumafossi 100 mg kg⁻¹ kasvatati vaid 50% mesilaste poolt üles. Eelmainitud kontsentratsiooniga kokkupuutunud mesilasemad kaalusid ka võrreldes kontrollgrupiga oluliselt vähem. Lipofiilse ühendina tuleb kumafossi pidada mesilastele ja mesilasematele ohtlikuks. Väiksem kehakaal võib tingida ka väiksema reproduktiivsuse, mis aitab ehk seletada juba noorte mesilasemate väljavahetamise fenomeni samal aastal mesilaste poolt.

Vahas leiduva tau-fluvalinaadi mõju mesilasematele on oma töös uurinud Haarmann jt, (2002). Antud uuringus töödeldi vahast mesilasemate kuppusid erinevates kontsentratsioonides varroalesta tõrjes kasutatavate tau-fluvalinaadi sisaldavate ribadega. Kõrgema doosiga tau-fluvalinaadi töötlemisel kinnitati mesilasemate kuppude raamile kokku 8 tau-fluvalinaadi sisaldavat plastikriba. Sellise töötluse tulemusena täheldati küll normaalset mesilasemate arengut, kuid võrreldes kontrollgrupi emadega kaalusid töödeldud emad oluliselt vähem. Autorid põhjendasid mesinike täheldatud mesilaste poolt noorte emade varajast välja vahetamist tau-fluvalinaadi töötlusest tingitud oluliselt madalama mesilasemate kehakaaluga. Eelmainitud töös kasutatud 8 tau-fluvalinaadi plastikriba mesilasemate kohta on loomulikult liiga palju, kuid lipofiilse ühendina akumulatsioonid tau-fluvalinaat vahas (Mullin jt, 2010), mistõttu võib seda aastate jooksul sinna üsnagi arvestatavates kontsentratsioonides kuhjuda.

■ Järeldused

Pestitsiidid satuvad mesitarru nii mesilaste poolt korjatava õietolmu ja nektari kui ka mesiniku poolt teostatava haiguste ja parasiitide tõrje profülaktika kaudu. Mesilasema, kui superorganismi kõige olulisem liige, võib pestitsiidijääkidega kokku puutuda nii vastse või valmikuna saastunud toitu tarbides kui ka juba varajases arengustaadiumis vahas akumulunud saasteainetega kokkupuutel. Lisaks kumafossi negatiivsele mõjule mesilasema kuppude vastuvõtul mesilaste poolt on nii tau-fluvalinaadil kui ka kumafossil negatiivne mõju mesilasemade kehakaalule, mis võib tingida madalama reproduktiivsuse ja noore mesilasema varajase väljavahetamise töomesilaste poolt.

Tänuavaldused

Antud töö läbiviimist rahastasid Haridus- ja Teadusministeerium (IUT36-2) ning ETF grant 9450.

Kasutatud kirjandus

- Balayannis, P.G. 2015. Gas chromatographic determination of coumaphos and tau-fluvalinate residues in royal jelly produced under commercial conditions. *Journal of Apicultural Research*, 40 (2), 71–78.
- Bekić, B., Jeloćnik, M., Subić, J. 2014. Honey bee colony collapse disorder (*Apis mellifera* L.) – Possible causes. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 14 (2), 13–18.
- Brown, M.J.F., Paxton, R.J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40, 410–416.
- Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., Suarez-Varela, M.M., Picó, Y. 2016. Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on honeybee mortality in 4 experimental apiaries. *Science of the Total Environment*, 541, 33–41.
- Chauzat, M.-P., Faucon, J.-P., Martel, A.-C., Lachaize, J., Cougoule, N., Aubert, M. 2006. A Survey of Pesticide Residues in Pollen Loads Collected by Honey Bees in France. *Journal of Economic Entomology*, 99, 253–262.
- Dahlgren, L., Johnson, R.M., Siegfried, B.D., Ellis, M.D. 2015. Comparative Toxicity of Acaricides to Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Workers and Queens. *Journal of Economic Entomology*, 105 (6), 1895–1902.
- Dijk, T.C., Staalduinen, A., Sluijs, J.P. 2013. Macro-Invertebrate Decline in Surface Water Polluted with Imidacloprid. *PLoS ONE*, 8 (5), 1–10.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347, 1435–1436.
- Haarmann, T., Spivak, M., Weaver, D., Weaver, B., Glenn, T. 2002. Effects of Fluvalinate and Coumaphos on Queen Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) in Two Commercial Queen Rearing Operations. *Journal of Economic Entomology*, 95 (1), 28–35.
- Kamakura, M. 2011. Royalactin induces queen differentiation in honeybees. *Nature*, 473, 478–473.
- Pettis, J.S., Collins, A.M., Wilbanks, R., Feldlaufer, M.F. 2004. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35, 605–610.
- Pettis, J.S., Lichtenberg, E.M., Andree, M., Stitzinger, J., Rose, R., Engelsdorp, D.V. 2013. Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen *Nosema ceranae*. *PLoS ONE* 8 (7), 1–9.
- van Engelsdorp, D., Meixner, M.D. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S80–S95.

- Williams, G.R., Troxler, A.L., Retschnig, G., Roth, K., Yanez, O., Shutler, D., Neumann, P., Gauthier, L. 2015. Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5, 1–8.
- Yanez, K.P., Bernal, J.L., Nozal, M.J., Martin, M.T., Bernal, J. 2013. Determination of seven neonicotinoid insecticides in beeswax by liquid chromatography coupled to electrospray-mass spectrometry using a fused core-column. *Journal of Chromatography A*, 1285, 110–117.

Põhikäitumised kui tähtsad ja tundlikud ökotoksikoloogilised biomarkerid agroökosüsteemi kasulike röövlüljalgsete keemilise stressi hindamisel

Ene Tooming, Anne Must, Enno Merivee

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ ene.tooming@emu.ee

Püretroidide ja neonikotinoidide kasutamine põllumajanduses kahjurputukate tõrjeks on laia toimespektri ja efektiivsuse tõttu jätkuvalt aktuaalne. Lisaks taimekahjuritele, puutuvad töödeldud põllumajanduslikel maastikel nendeneurotoksiliste insektitsiididega kokku ka kasulikud mitte-sihtorganismid, kelleks võivad olla nii tolmeldajad, parasitoidid kui ka röövlüljalgsed. Viimased on aga põldudel oma suure arvukuse ja liigilise mitmekesisusega ühed tähtsaimad kahjurite vaos hoidjad (Kromp, 1999). Maapinnal aktiivselt tegutsevad jooksiklasi võivad kasutatud insektitsiidid mõjutada mitmel viisil – pritsimisvedeliku piiskadega vahetult töötlemise ajal, aga ka hiljem, saastunud toidu ja maapinnal ning taimedel kuivanud mürgiste jääkidega kokku puutumise kaudu.

Kasulike putukate üha suureneva taimekaitselise tähtsustamise tõttu on insektitsiidide kahjulikku mõju nendele organismidele viimastel aastakümnetel üha enam uuritud (Desneux jt, 2007; Pisa jt, 2015). Olenevalt insektitsiidi doosist on mõju putukatele kas letaalne, st. otsest suremust tekitav või subletaalne. Viimase all mõistame insektitsiidi sellist füsioloogilist või käitumuslikku mõju neile isenditele, kes sellega töötlemise üle elavad (Desneux jt, 2007). Insektitsiidide nõrkade dooside poolt tingitud käitumusmuutuste muutused võivad oluliselt mõjutada taimekahjurite looduslike vaenlaste ellujäämist ja arvukust. Tihtipeale on subletaalsed mõjud kasulike röövlüljalgsete faunale palju hukatuslikumad kui mürgistusest tingitud otsene suremus. Kuigi arvukal ja liigirikkal jooksiklaste faunal on tähtis roll mulla umbrohuseemnete varude vähendamisel ning kahjurite vaos hoidmisel integreeritud kahjuritõrje programmides (Kromp, 1999; Honek jt, 2003; Bohan jt, 2011), on insektitsiidide subletaalseid mõjusid nende käitumisele seni vähe uuritud (Prasifka jt, 2008; Giglio jt, 2011; Tooming jt, 2014; Merivee jt, 2015).

Mitmed valdavale enamikule lüljalgsetele omased ja kergesti mõõdetavad põhikäitumised, nagu lokomotoorne ja toitumise aktiivsus, termoregulatsiooni efektiivsus jt on hindamatu väärtusega putukate toksilise stressi hindamisel. Nad peegeldavad suurt hulka biokeemilisi ja füsioloogilisi protsesse ning mürgistusest tingitud häired nendes käitumistes võivad drastiliselt mõjutada isendite ellujäämist ja arvukust. Lokomatsioon on paljude liigisiseste ja liikidevaheliste käitumusmuutuste lahutamatu osa ja on seni enim kasutamist leidnud ökotoksikoloogiline biomarker (Bayley, 2002).

■ Püretroidide mõju jooksiklaste lokomotsioonile

Püretroidi nõrkade dooside mõju lokomotoorsele aktiivsusele oleme selgitanud röövtoidulisel süsi-ketasjooksikul, *Platynus assimilis* (Tooming jt, 2014). Neid 10–13 mm pikkuseid mardikaid võib leida nii metsadest, parkidest kui ka aedadest, kuid kevadel ja suvel rändavad nad tihti kõrvalasuvatele põldudele (Honek ja Kocian, 2003). Seega sobib ta esindama kõiki röövtoidulisi jooksiklasi. Katsed, kus selgitati püretroidse insektitsiidi Fastac® 50EC (toimeaine alfa-tsüpermetriin) subletaalset kõrvalmõju jooksiklaste lokomotoorsele aktiivsusele näitasid, et mardikate lühiajaline (10 s) töötlemine alfa-tsüpermetriini (edaspidi α -tsüp) emulsioonis (0,01–100 mg L⁻¹) põhjustas süsi-ketasjooksikul lühiajalist (<2 h) hüperaktiivsust, mille järgnes pikaajaline (>24 h) lokomotoorne hüpoaktiivsus. Lisaks täheldati muutusi ka üldise motoorse aktiivsuse muustrites. Kui kontrollmardikatel vaheldusid lühikesed aktiivsusperioodid rütmiliselt pikkade puhkeperioodidega, siis α -tsüp töödeldud mardikate motoorse aktiivsuse muster ja tase muutusid sõltuvalt toimeaine kontsentratsioonist ja mõjutamisele järgnenud ajast. Kõrgete, 10–100 mg L⁻¹, α -tsüp kontsentratsioonide korral täheldati mardikatel „knock-down“ efekti, mille tõttu mardikad kaotasid kiiresti liikumisvõime ja kukkusid selili. Teiseks päevaks mardikad taastusid hüperaktiivsuse ja „knock-down“ efekti ilmingutest, kuid nad jäid hüpoaktiivseks. Põllul maksimaalselt lubatud kontsentratsioonist kuni 75 000 korda nõrgemate α -tsüp kontsentratsioonide poolt esile kutsutud muutused motoorses aktiivsuses annavad alust arvata, et paljud teised mardika jaoks olulised käitumuslikud muudatused (toitumine, käitumuslik termoregulatsioon jm.) võivad samuti olla tõsiselt häiritud.

■ Püretroidide mõju jooksiklaste käitumuslikule termoregulatsioonile

Jooksiklased ja paljud teised putukad reguleerivad oma kehatemperatuuri käitumuslikult. Päikesekiirguse ja kõrgete õhutemperatuuride korral võib maapinnal tegutsevate jooksiklaste kehatemperatuur tõusta kiiresti surmavalt kõrgele tasemele. Seepärast peavad nad suutma ohtlikult kõrgeid temperatuure vältida. Katsed meie poolt välja töötatud soojusmosaiikareenil (20–45 °C) näitasid, et mardikate töötlemine α -tsüp lahjas emulsioonis (0,1–10 mg L⁻¹) kahjustas oluliselt süsi-ketasjooksiku käitumusliku termoregulatsiooni võimet (Merivee jt, 2015). Vahetult pärast töötlemist olid α -tsüp töödeldud mardikad võrreldes kontrollrühma mardikatega hüperaktiivsed ning viibisid oluliselt kauem ebasoodsalt kõrgete temperatuuride (25–45 °C) mõjualas. Nende normaalne käitumine oli häiritud, mistõttu suur osa neist hukkus termošoki tõttu. Püretroidi kontsentratsioonist sõltuvaid muutusi käitumuslikus termoregulatsioonis täheldati veel 24 h pärast töötlust. Püretroidiga töödeldud mardikate kestvama viibimisega ebasoodsalt kõrgete temperatuuride mõjualas kaasneb rida negatiivseid biokeemilisi, füsioloogilisi jt efekte, mis vähendavad mardikate ökoloogilist kohasust ja ellujäämist põllumajandusmaastikel.

■ Neonikotinoiidide mõju jooksiklaste toitumisele

Närvimürkidel on mõju ka jooksiklaste toitumisele. Katsed neonikotinoiidiga Actara® 25 WS (toimeaine tiametoksaam) 4 päeva jooksul näitasid, et insektitsiidi sisaldava toidu söömine pärsib mardikate normaalset toitumist (Must jt avaldamata andmed), mis kokkuvõttes vähendab nende biotõrje potentsiaali. Katses kasutatud tiametoksaami subletaalsed doosid (1,1–1081 ppb) põhjustasid süsi-ketasjooksikul toitumisaktiivsuse langust, mis sõltus insektitsiidi annusest ja manustamisele järgnenud ajast. Tugevaim doos (1081 ppb) põhjustas jooksiklastel jalgade halvatust, mistõttu mardikad polnud võimelised esimesel kahel järjestikusel katsepäeval toitu tarbima. Lahjemate dooside (1,1–108,1 ppb) puhul ilmnnes mardikatel kuni 50%-line toitumisaktiivsuse langus alles teisel päeval peale töötlust. Katse neljandal päeval mardikate toitumisaktiivsus taastus ja saavutas kontrollmardikatega võrdse taseme.

■ Kokkuvõte ja järeldused

Meie katsed jooksiklastega näitasid, et kasulikud röövlüljalgsed on insektitsiidide nõrkade dooside suhtes äärmiselt tundlikud. Pestitsiidi nõrgad doosid kahjustasid drastiliselt mardika jaoks olulisi põhikäitumisi nagu lokomatsioon, käitumuslik termoregulatsioon ja toidu tarbimine, mis lõppkokkuvõttes võib avaldada negatiivset mõju nende ellujäämusele ja arvukusele. Integreeritud kahjuritõrje programmide väljatöötamisel on kindlasti vajalik sellega arvestada.

Tänuavaldused

Uurimust toetas Haridus- ja Teadusministeeriumi institutsionaalne uurimustoetus IUT 36-2.

Kasutatud kirjandus

- Bayley, M. 2002. Basic behaviour: the use of animal locomotion in behavioural ecotoxicology, pp. 211–230. In: *Behavioural Ecotoxicology*, (Dell’Omo, G., ed.), John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
- Bohan, D.A., Boursault, A., Brooks, D.R., Petit, S. 2011. National-scale regulation of the weedseed bank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48, 888–898.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 8–106.
- Giglio, A., Giulianini, P.G., Talarico, F. 2011. Effects of the pesticide dimethoate on a non-target generalist carabid, *Pterostichus melas italicus* (Dejean, 1828) (Coleoptera, Carabidae). *Italian Journal of Zoology*, 78, 471–477.
- Honěk, A., Martinkova, Z., Jarosik, V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*, 100, 531–544.
- Kromp, B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 187–228.
- Merivee, E., Tooming, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I. 2015. Low doses of the common alphacypermethrin insecticide affect behavioural thermoregulation of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera:Carabidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120, 286–294.

- Pisa, L.W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P., Bonmatin, J.M., Downs, C.A., Goulson, D., Kreutzweiser, D.P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark, J.D., Vander-Sluijs, J.P., VanDyck, H., Wiemers, M. 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-targetin-vertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 68–102.
- Prasifka, J.R., Lopez, M.D., Hellmich, R.L., Prasifka, P.L. 2008. Effects of insecticide exposure on movement and population size estimates of predatory ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pest Management Science*, 64, 30–36.
- Tooming, E., Merivee, E., Must, A., Sibul, I., Williams, I. 2014. Sub-lethal effects of the neurotoxic pyrethroid insecticide Fastac 50EC on the general motor and locomotor activities of the non-targeted beneficial carabid beetle *Platynus assimilis* (Coleoptera: Carabidae). *Pest Management Science*, 70, 959–966.

HAIGUSED AHISTAVAD KARTULIT JA TERAVILJA

Fusarium sp. esinemisega seotud taimehaiguste uurimisest EMMTUI-s ja EMVI-s

Heino Lõiveke

Eesti Taimekasvatuse Instituut ▶ heino.loiveke@etki.ee

■ Sissejuhatus

Fusarium’i perekonna mikroseed on looduses laialt levinud, evides parasitismi skaalal omadusi obligatoorsetest parasiitidest kuni saprotroofideni. Omaduste lai diapasoone võimaldab sellel seeneperekonnal kergesti kohaneda ümbritseva keskkonna sageli ka ekstreemsete tingimustega, ellu jääda, paljuneda ja levida. *Fusarium* sp. tekitatud (ka tekitajate kompleksis esinemisel) haigusi nimetatakse fusarioosideks. Sõltuvalt haigusprotsessi kulgemisest räägitakse trahheomükoosist närbumisest (kiire närbumine ja hävimine) või juuremädanikust (kulgeb aeglaselt, sümptomite ajutise leevenemisega).

Aastatel 1966–1972 toimus teadustöö katmiklalal, kus uuriti kurgifusarioosi ja sellele järgneval perioodil ka tomatifusarioosi. Alates 1973 aastast laienesid fusariooside alased uuringud ka teraviljadele, esialgu seemnete erinevate *Fusarium*’i liikidega saastatuse selgitamisele, hiljem (alates 1980 aastast) lumiseene, punakaste ja juurekaelamädaniku bioloogia ja tõrje uurimisele. Teraviljadel *Fusarium* sp. kui hariliku juuremädaniku tekitaja uurimistööd alustati 1977 aastal. Kirjanduse andmetel paljud *Fusarium*’i liigid ja nende tüved on toksilised, mistõttu vajadus saastatud viljaproovide toksilisuse uurimiseks oli ilmne. Teravilja ja teraviljasöödate toksilisuse uurimine algas 1997 aastast, esialgu mikrobioloogiliste testidega (üldtoksilisus), hiljem lisandus levinumate toksiinide tuvastamine uuemate määramismeetoditega. Kartulimugulatel esinevaid *Fusarium*’i liike ja nende toksilisust selgitati aastatel 1996–2000 kogutud proovidest.

Töö eesmärgiks oli saada andmeid seni praktiliselt uurimata *Fusarium*’i seeneperekonna esinemise ja kahjulikkuse kohta mõnedel tähtsamatel aia- ja põllukultuuridel Eesti NSV-s ja Eesti Vabariigis.

1976). Määrati mikrobioloogilised näitajad: pärmseente arvukus, hallitusseente arvukus RBCA (Rose bengal chloramphenicol agar) või virdeagaril ja *Fusarium* sp. vastavalt Nashi ja Snyderi selektiivsöötmele. Hallitusseente ja *Fusarium* sp. arvukuse näitajaid kasutati mikrobioloogilise kvaliteedi hindamiseks vastavalt Saksamaa LV kehtestatud toidu- ja söödavilja standarditele (Schmidt-Lorenz, 1980; Baumgart ja Firnhaber, 1993).

4. Viljaproovide üldtoksilisuse määramiseks kasutati bioloogilist meetodit kingloomaga *Paramaecium caudatum*. Kui ellujäänuid oli
81–100% – pole toksiline, 50–80% – nõrgalt toksiline, 0–49% – toksiline. Puhaskultuuri eraldatud *Fusarium*'i isolaatide toksilisust hinnati (Watson ja Lindsay, 1982) virdeagaril *Bacillus stearothermophilus* kasvupidurduse tsooni suuruse (mm) järgi järgmiselt:
0–1 mm – mittetoksiline, 2–5 mm – nõrgalt kuni keskmiselt toksiline, 6–10 mm – tugevalt toksiline.
Toksiinide (DON, ZEN, NIV, HT-2, T-2, FUS X jt) tuvastamine keemiliste ja molekulaarbioloogiliste uurimismeetoditega (HPLC, LC-MS/MS, ELISA, PSR) alustati 2006 aastal.
5. Põldkatsetes selgitati sortide, N-väetiste, fungitsiidide, insektitsiidide, retardantide ja viljelusviiside mõju hallitusseente (sealhulgas *Fusarium* spp) arvukusele ja toksiinide esinemisele saagis. Kuivatikatses uuriti 6-kuuse säilitusperioodi kestel terade säilitamistingimuste mõju hallitusseente arengule ja toksiinide tekkimisele.
6. *Fusarium* sp. kui teraviljade hariliku juuremädaniku tekitaja esinemise tuvastamiseks koguti 1977–1985 aastatel odra juureproove EMVI pikaajalistest külvikorakatsetest. Analüüsid viidi läbi 3 korduses a´ 10 juurelõiku Petri tassis, kus haigusetkitajate väljakasvatamiseks kasutati niiske kambri ja virdeagari meetodeid. Haigusetkitajad identifitseeriti Bilai (1955, 1977) või Gerlachi ja Nirenbergi (1982) järgi, *Cochliobolus* spp. aga Pidoplitško (1970) järgi ning leiti *Fusarium*'i ja *Cochliobolus*'e liikidega nakatatud proovide protsendid. Teradelt eraldatud *Fusarium*'i isolaatide patogeensuse selgitamiseks viidi läbi 6 vegetasioonikatset.
7. Kuivmädaniku tunnustega kartulimugulate saastatust *Fusarium*'i liikidega ja eraldatud isolaatide toksilisust selgitati aastatel 1996–2000 suuremate kartulikasvatavate hoidlatest kogutud proovidest. Proov koosnes 8–10 mugulast, analüüsiti kokku 1100 mugulat. Proovid koguti ja analüüsiti säilitusperioodi lõpul (märts–aprill). Haigusetkitajad kasvatati välja Petri tassis virdeagaril 20–30 °C juures ja viidi puhaskultuuri, misjärel identifitseeriti Gerlachi ja Nirenbergi (1982) järgi. Isolaatide toksilisus määrati *B. stearothermophilus*'e abil eelpool kirjeldatud meetodil.

■ Tulemused

1. Kurgifusarioos levis aastatel 1966–1970 peamiselt juuremädaniku vormis; vastavalt autori poolt soovitatud võtete rakendamise korral vähenesid näiteks soe- ja poolsoekasvuhoonetes taimede väljalangemine vastavalt 36%-lt 14%-ni ja saagikadu 23%-lt 9%-ni. Töötati välja kolme levinuma kurgisordi jaoks pookimise tehnoloogia (aluse ja poogendi sobivaimad arengufaasid) ja juurutati suuremates majandites. Haiguste tõrjel andis suurimat majanduslikku efekti üleminek kasvu-turbale (vt Dissertatsioon).

2. Süsteemsete ja kontaktsete fungitsiidide suspensioonidega lokaalse töötlemise meetod kaitses kurgi- ja tomatitaimi levinumate juurehaiguste vastu enamuse kasvuperioodi kestel, vastavalt meie soovitudele kasutati seda laialdaselt alates 1981. a (vt. Taimekaitse soovitused). Juurehaiguste tekitajatena tuvastati kurgil ja tomatil 20 *Fusarium*'i liiki. Uurimistööde tulemusena töötati majandite jaoks välja kasvuhoonetes haiguste ja kahjurite profülaktika ja tõrje süsteem (vt Taimekaitse soovitused).

3. Teraviljafusariooside uurimisel tuvastati Eesti seemneviljas 17 erinevat *Fusarium*'i liiki, millest sagedasemad olid *F. avenaceum*, *F. sporotrichiella*, *F. solani*, *F. moniliforme* ja *F. oxysporum*. Toksikantidena tuntud liike leiti 50–60% proovidest. Leirti, et nakatatud oli 38–100% proovidest ning nakatatusaste oli 8–67% teradest. Rohkem olid nakatatud nisu ja kaer. Lumiseene tekitajate kompleksis esinesid *F. nivale*, *F. nivale var. majus*, *F. culmorum* ja *F. avenaceum*. Lumiseene tõrjel andsid paremaid tulemusi nii puhistena kui orase pritsimisel süsteemse toimega benlate toimeainega preparaadid Benlate, Fundazol, Topsin-M ja Uzgen, võrreldes varasemalt kasutusel olnud kontaktsete preparaatidega (elavhõbe-preparaadid ja PCNB). Uuemate puhistena leidsid kasutamist Agrocyt, Baytan-preparaadid, Bariton, Maxim, Ferrax jt. Juurekaelamädaniku tekitajatena tuvastati *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cercospora*, *Helminthosporium* spp. Sobivaimaks pritsimise ajaks preparaatidega Amistar Xtra, Archer Top, Fandango, Input, Allegro Plus jt oli võrsumisfaasi lõpp – kõrsumisfaasi algus (faas 29–32). Punakaste tõrjeks normdoosiga 0,5–1,0 oli sobivaim pritsimisaeg õitsemise eelne või õitsemise aeg (faas 59–65). Parema saagiefekti andsid triazoolid Folicur, Sphere, Juventus, või segupreparaadid strobiluriinidega Archer Top, Fandango, Input, Falcon jt. Terade infektsiooni alandasid kõige enam Folicur ja Tilt. Saksamaa LV toiduvilja standarditele vastas aastatel 2005–2008 vaid 20–70% proovidest.

4. Viljaproovide üldtoksilisuse määramisel infusooriga *Styлонichia mytilus* või kingloomaga *Paramaecium caudatum* oli kõrgem näitaja kaeral, väiksem odral ja madalam nisul. *Fusarium*'i isolaatide toksilisus *B. stearrowthermophilus*'e suhtes oli virdegaril valdavalt (88,1% isolaatidel) nõrk või keskmine, tugevalt toksilisi oli vaid 5,6% isolaatidest.

5. *Fusarium*'i toksiinide tuvastamine keemiliste ja molekulaarbioloogiliste uurimismeetoditega (HPLC, LC-MS/MS, ELISA, PSR) algas 2006 aastast R. Tanneri,

E.Akki, M.-L. Küti ja S. Lapõnina kaastegevusel. Eesti teraviljas esines sagedamini (34–59% proovides) järgmisi *Fusarium*'i toksiine: HT-2, T-2 ja DON.

6. *Fusarium* spp. ja toksiinide esinemist saagis mõjutavad kliimaatilised ja agroomilised faktorid, eelkõige sademed, N-väetiste ja taimekaitsevõtete kasutamine kasvuperioodil ning vilja koristusjärgne käitlemine. Tagamaks võimalikult mükotoksiinidevaba teravilja kasvatamist peab arvestama kõigi faktoritega, mis mõjutavad hallitusseente arengut ja mükotoksiinide teket viljas (vt Mükotoksiinide teraviljas esinemise riskimudeli koostamine).

7. Teraviljade hariliku juuremädaniku tekitajana leiti 9 *Fusarium*'i liiki, sagedamini *F. culmorum*, *F. sambucinum* ja *F. avenaceum*. *Fusarium* sp tuvastati 3–81%, *Cochliobolus sativus* 23–61% odra juurtes. Vastavalt arengule suurenes *Fusarium* sp esinemine juuremädaniku kompleksis. Teradelt eraldatud 28 *Fusarium*'i isolaadist olid vegetatsioonikatsetes 16 isolaati idanevust, tärkamist ja tõusmete arengut kahjustava toimega ehk potentsiaalsed juuremädaniku tekitajad. Patogeensemad isolaadid olid liikidest *F. moniliforme*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. sambucinum*, *F. Sporotrichiella* ja *F. avenaceum*.

8. *Fusarium* spp esinesid 62% kuivmädaniku tunnustega kartuli mugulatel (1996–2000 saagis). Esindatud oli 9 liiki, sagedamini *F. culmorum*, *F. solani* ja *F. poae*. Isolaatide toksilisus *B. stearothermophilus* suhtes oli nõrk kuni keskmine, 33% isolaatidest toksilisus puudus.

■ Järeldused

1. Käesolev aia- ja põllukultuuride fusariooside uurimine on Eestis esmakordne, mstõttu see ei saa olla ammendav ega kõiki aspekte haarav.
2. *Fusarium*'i liigid, olles suhteliselt labiilsed, sageli võimelised saprotroofselt eluviisilt üle minema parasitsele, on olulised haiguste tekitajad nii köögivilja- kui põllukultuuridel.
3. Samad *Fusarium*'i liigid võivad kahjustada nii taimede maapealseid kui muldas olevaid organeid, minnes külvikorras üle ka ühelt kultuurilt teisele (kartulilt teraviljale ja vastupidi).
4. Fusariooside efektiivseks tõrjeks ja toksiinidevaba toodangu saamiseks peab seetõttu rakendama komplekselt nii profülaktilise kui otsese tõrje meetmeid.
5. Resistentsete sortide aretus ja nende tootmisse juurutamine on üks perspektiivsemad lahendusi fusariooside vältimiseks.

Kasutatud kirjandus

- Lõiveke, H. 1972. *Kurgifusarioosi levik, tekitajad ja tõrjevõimalused katmikalal Eesti NSV-s*. Dissertatsioonpõllumajandusteadusekandidaaditeaduslikukraaditaotlemiseks. Deponeeritud Eesti Taimekasvatuse Instituudi raaamatukogus Sakus. 188 lk., 24 lisa, 30 fotot.
- Taimekaitse süsteem kolhoosidele ja sovhoosidele*. 1972, 1977. Koost. EMMTUI Taimekaitse osak. (Lõiveke, H., Paide, T., Tammaru, I. jt) Tallinn.

- Ausmees, H., Kass, H., Lõiveke, H. jt. 1981, 1984, 1988. *Taimekaitse soovitused kolhoosidele ja sovhoosidele*. Tallinn.
- Taimekaitse soovitused*. 1991. Koost. I. Tammaru. Autorid Ausmees, H., Kass, H., Lõiveke, H. jt. Tallinn, 76 lk.
- Taimekaitse soovitused*. 1996. Koost. S. Uusna. Autorid Kass, H., Lõiveke, H., Paide, T. jt. Tallinn, 80 lk.
- Lõiveke, H. 2004. The effect of fungicides on the microflora of grains. *Latvian Journal of Agronomy, 7 (Issue of the International Scientific Conference)*, 115–118.
- Lõiveke, H. 2004. *Fusarium* spp. as an important problem in cereal production in Estonia. *Latvian Journal of Agronomy, 7 (Issue of the International Scientific Conference)*, 84–88.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Laitamm, H. 2004. Microfungi in grain and grain feeds and their potential toxicity. *Agronomy Research*, 2(2), 195–205.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Toome, M. 2004. Toksilised mikroseeded teraviljades. *EPMÜ Teadustööde kogumik* 219, 163–165.
- Lõiveke, H., Pari, T. 2005. Kõrreliste harilik juuremädanik odral ja selle infektsiooni põhilised allikad. *Agronoomia* 2005 (220), 174–176.
- Lõiveke, H. 2006. Incidence of *Fusarium* spp. on several field crops in Estonia and their toxicity towards *Bacillus stearo-thermophilus*. *Agronomy Research*, 4 (Special issue), 273–280.
- Lõiveke, H. 2006. Odra haigestumine kõrreliste harilikku juuremädanikku ja haiguse vältimise võimalusi. *EMVI teadustööde kogumik LXXI Taimekasvatus*, 203–208.
- Lõiveke, H. 2008. *Teraviljade fusarioosid Eestis*. Eesti Maaviljeluse Instituut. Monograafia. Saku, 77 lk.
- Lõiveke, H. 2008. Mükotoksiinide teraviljas esinemise riskimudeli koostamine. *Agronoomia* 2008, 147–153.
- Lõiveke, H., Ilumäe, E., Akk, E. 2008. Teravilja mikrobioloogiast ja ohutusest. *Agraarteadus*, 2, 38–45.
- Lõiveke, H., Akk, A., Ilumäe, E. 2009. Säilitustingimuste mõju jahvatatud söödateravilja ohutusele. *Agronoomia* 2009, 232–235.
- Kütt, M-L., Lõiveke, H., Tanner, R. 2010. Preliminary study of mycotoxins and moniliformin in Estonian grain. 22nd International ICFMH Symposium Food Micro 2010, Abstract Book, 134.
- Lõiveke, H. 2010. Designing a model for calculating the risk of mycotoxins presence in grain. The Nordic Baltic Fusarium Seminar (NBFS 2010) in Ski, Norway, Book of abstracts, 21.
- Suproniene, S., Mankeviciene, A., Treikale, O., Lõiveke, H. 2010. Occurrence of *Fusarium* mycotoxins in cereals in Baltic Countries. The Nordic Baltic Fusarium Seminar (NBFS 2010) in Ski, Norway, Book of abstracts, 8.
- Yli-Mattilila, T., Rämö, S., Tanner, R., Lõiveke, H., Hietaniemi, V. 2011. *Fusarium* DNA levels as compared to mycotoxin levels in Finnish and Estonian grain samples. *Plant Breeding and Seed Science*, 64, 131–140.
- Lõiveke, H., Akk, E. 2012. Toxicity of *Fusarium* isolates from Estonian grain towards *Bacillus stearo-thermophilus*. Abstract. NJF seminar 451. *Fusarium* and Mycotoxins in Cereal Production in Northern Europe. 13-15 November, Uppsala, Sweden.
- Akk, E., Tanner, R., Lõiveke, H., Kütt, M-L., Ess, M. 2014. Toxins DON, T2 and HT2 in organically produced grain of oat in Estonia in 2012. The Nordic Baltic Fusarium Seminar (NBFS 2014) Challenges and recent updates in Helsinki 18-19 November 2014. Book of abstracts.
- Lõiveke, H. 2015. Kurgi-juuremädaniku vältimiseks tasub taimi pookida. *Messileht*, 9 aprill, 2015, 22–23.

Kartuli-lehemädanikutekitaja Eesti populatsioonid on geneetiliselt väga mitmekesised

Eve Runno-Paurson, Riinu Kiiker

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ eve.runno-paurson@emu.ee

■ Sissejuhatus

Kartuli-lehemädanik, mida põhjustab oomütseet *Phytophthora infestans*, on Euroopa kartulikasvatusele peamiseks ohuks ka veel nüüd ligi kaks sajandit peale tema esmailumist 1840-ndate aastate keskel, kus ta toona põhjustas Irimaal Suure Näljahäda. Kartuli-lehemädaniku lööbimise algus on tänapäeval üle kuu aja varasem, võrreldes mõnekümne aasta taguse ajaga ning nakkus on tugevnenud. Haigustekitaja elutsükel toimub kiiremini ning tema arengule soodsal niiskel kasvuaastal põhjustab lehemädanik suuri saagikahjusid. Mitmetes Euroopa riikides on lehemädaniku tugeval lööbimisel keemiline tõrje kasvanud kuni 25 tõrjekor-rani kasvuhooaja vältel ning kasutatakse erineva toimeainega fungitsiide (Nielsen, 2014). Põhjuseks on muutused lehemädanikku põhjustava patogeeni epidemioloogias ja geneetikas, mille põhjuseks on 1970. aastate lõpus Mehhikost kartuli impordiga Euroopasse sisse toodud uued mitmekesised *P. infestans* tüved ning uus paarumistüüp A2. See paarumistüüp võimaldab patogeenil suguliselt rekombineeruda ning moodustada paksukestalisi oospoore, mis võivad püsida mullas ilma peremeestaimeta rohkem kui 4 aastat. Suguline paljunemine on põhjustanud lehemädanikutekitaja (*P. infestans*) suurema geneetilise mitmekesisuse ja kohastumuse nii peremeestaimete kui keskkonnatingimuste suhtes. Lehemädanikutekitaja mõle-mad paarumistüübid A1 ja A2 esinevad enamuses Euroopa maade populatsioonides (Cooke jt, 2011). Samuti on täheldatud, et sugulise paljunemise puhul on *P. infestans* populatsioonis kasvanud keeruliste kombineeritud virulentsusfenotüüpide osakaal, kuigi tuleb ette veel populatsioone, kus on väike arv genotüüpe ja suguline paljunemine on see siiski pigem harvaesinev.

Mitmed varasemad uuringud 2000. aastate algusest, analüüsituna nii fenotüübiliste kui geneetiliste markeritega (sõrmejälje proov RG57-ga), on näidanud, et siinne *P. infestans* populatsioon on äärmiselt mitmekesine (Runno-Paurson jt, 2009, 2010, 2012, 2014). Veelgi enam, A1 ja A2 paarumistüüpide esinemissagedused on võrdsed või selle lähedased ning nad esinevad koos samadel kartulipõldudel. See viitab potentsiaalile patogeeni suguliseks paljunemiseks ning suurendab riski oospooridest tekkinud nakkusele (Runno-Paurson jt, 2009, 2014). Kuna lehemädaniku-tekitaja populatsioon Eestis on mitmekesine ja muutlik, on muutusi vaja regulaarselt jälgida, et saada kaasaegseid andmeid ning saadava teabega nõustada nii kartuli aretajaid kui ka kasvatajaid.

Molekulaarsed markerid võimaldavad üles leida ja märgistada üksikgenotüübid ning uurida populatsiooni mitmekesisust. Lühikesed tandeemsed DNA kordusjärjestused ehk mikrosatelliidid on neutraalsed, kodominantsed, varieeruva pikkusega ja ühes lookuses asuvad molekulaarsed markerid, mistõttu neid peetakse patogeeni populatsiooni uuringutes kõige informatiivsemateks ja efektiivsemateks (Cooke ja Lees, 2004; Lees jt, 2006). Mikrosatelliite on 21. sajandi algusest *P. infestans* populatsioonide iseloomustamiseks laialdaselt kasutatud (Knapova ja Gisi, 2002; Lees jt, 2006; Gisi jt, 2011; Cooke jt, 2012; Li jt, 2013).

Käesolev uurimustöö annab väärtuslikku informatsiooni populatsiooni geneetilise struktuuri kohta, lisaks on see *P. infestans* Eesti populatsiooni esmakordne analüüsimine mikrosatelliitsete DNA järjestustega. Selle uurimustöö põhieesmärgiks oli tõestada, et siinsetel kartulipõldudel on kõrge *P. infestans* populatsiooni geneetilise mitmekesisuse taga sage suguline paljunemine.

■ Materjal ja meetodika

Kartuli-lehemädaniku tekitaja *P. infestans* isolaadid (70 tüve) koguti 2004. aasta kasvuhooaja vältel kaheksalt kartulipõllult üle Eesti. Lehemädanikust nakatunud lehed (üks taime kohta) koguti esimeste haigussümptomite ilmnemisel. Tüved isoleeriti ühe tüüpilise haigustekitaja laiguga lehtedelt. Iseloomustamiseks viidi kõik kogutud isolaadid puhaskultuuri, kasutades Runno-Paurson jt (2009) kirjeldatud meetodikat. Kasutati vaid haigusele vastuvõtlikke, R-geene mittesisaldava sordi 'Berber' mugulaid. Paarumistüübid määrati isoleerimisaastal oktoobrist kuni novembrini ning määramiseks kasutati Runno-Paurson jt (2009) poolt kirjeldatud meetodikat. Kuna oosporid moodustuvad vaid erinevatesse paarumistüüpidesse kuuluvate isolaatide kokkupuutel, siis loeti kõik A1 testerisolaadiga kokku kasvanud oospoore moodustanud tüved A2 paarumistüüpi kuuluvateks ja A2 testerisolaadiga kokku kasvamisel oospoore moodustunud tüved A1 paarumistüüpi kuuluvateks.

DNA eraldamiseks *P. infestans* mütseelist kasutati DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen) komplekti. Genotüübilised analüüsid tehti 2005. aastal maist juulini Luke's (Natural Resources Institute Finland). Amplifitseeriti üheksa mikrosatelliidi järjestused, kasutades järgmisi primereid Pi02, Pi04, Pi16, Pi26, Pi33 (Lees jt, 2006), 4B, 4G, G11, D13 (Knapova ja Gisi, 2002).

■ Tulemused ja arutelu

Käesoleva uurimustöö eesmärk oli hinnata Eesti *P. infestans* populatsioonis geneetilist mitmekesisust ja sugulise rekombinatsiooni ulatust Eesti *P. infestans* populatsioonis. Selleks iseloomustati kartulipõldudelt kogutud *P. infestans* isolaate paarumistüüpide (A1, A2) ja mikrosatelliitide analüüsiga. Tulemustest selgus, et kõikidel kogumispõldudel esinesid nii A1 kui ka A2 paarumistüübid. Kuna kokku saadi 34 A1 ja 36 A2 paarumistüübiga isolaati, siis nende paarumistüüpide suhe oli ligilähedane 1:1. Selline paarumistüüpide suhe on esinenud varasemates uurimustöödes (Runno-Paurson jt, 2011, 2012, 2014). Tulemused viitavad võimalikule sugulisele paljunemisele *P. infestans* populatsioonis, mis on patogeeni ellujäämise ja

nakatamisvõime säilimise seisukohast Põhja-Euroopa külmade talvede tingimustes väga oluline (Brurberg jt, 2011; Lehtinen ja Hannukala, 2004; Yuen ja Andersson, 2013). Sugulise paljunemise tulemusel moodustunud oosporid püsivad mullas mitmeid aastaid ja peremeestaimega kokkupuutel võivad põhjustada lehemädaniku varajase lööbimise (Hannukala jt, 2007; Hannukala, 2012). Oosporide poolt põhjustatud lehemädaniku nakkuse oht on Eesti kartulipõldudel eriti suur seetõttu, et väikekasvatavad kasvatavad kartulit sageli aastaid samal põllul ega tee piisavalt lehemädaniku tõrjet. Uurimustöö läbiviimise aastal lööbis kartuli-lehemädanik umbes nädal varem kui varasematel aastatel ja lehemädaniku sümptomid taime alumistel lehtedel viitasid oosporide poolt põhjustatud nakkusele.

Mikrosatelliitide analüüsiga leiti 35 erineva pikkusega alleeli üheksas analüüsitud lookuses, kusjuures alleelide arv varieerus erinevates lookustes kahest (Pi33) viieni (Pi16, Pi26) (tabel 1). Haruldasi alleele, mille esinemissagedus oli madalam kui 0,05, esines seitsmes lookuses, kokku kümme. Lookuses Pi16 määrati kõige rohkem haruldasi alleele, kokku kolm. Mikrosatelliidi lookuste mitmekesisus (H) varieerus 0,32-st lookuses Pi33 kuni 0,71-ni lookuses Pi26. Kõige vähem informatiivne lookus oli Pi33, kuna populatsioonis esines vaid kaks alleeli (203 ja 206) ning domineeris 203/203 alleelidega homosügootne genotüüp. Kuue lookuse (Pi04, Pi26, D13, G11, 4G, 4B) mitmekesisus oli keskmisest kõrgem ja seetõttu on need piisavalt informatiivsed populatsiooni iseloomustamiseks. Eesti *P. infestans* populatsioon eristub Põhjamaade (Soome, Rootsi, Norra, Taani) populatsioonidest (Brurberg jt, 2011) samade mikrosatelliidi lookuste analüüsil alleelide arvu ja esinemissageduse poolest. Võrreldes Eesti populatsiooniga olid Põhjamaades Pi02 ja G11 lookuste alleelide arv ja mitmekesisus palju suuremad ning domineerivad alleelid erinesid kokku kuues mikrosatelliidi lookuses.

Multilookusgenotüüp (MLG) määrati 66 isolaadile viie mikrosatelliidi (Pi02, Pi04, Pi16, Pi26, Pi33) alleelide kombinatsiooni põhjal. Kokku määrati 46 erinevat MLGd, millest 34 (74%) olid unikaalsed ehk esinesid ainult üks kord. Ülejäänud 12 MLGd esinesid korduvalt, kas samal või erinevatel põldudel. Geneetiline mitmekesisus, arvatatud normaliseeritud Shannoni mitmekesisuse indeksi järgi,

Tabel 1. Mikrosatelliitide alleelid ja lookuste mitmekesisused *P. infestans* Eesti populatsioonis

Mikrosatelliidi lookus	Alleelid	Lookuse mitmekesisus (H)
Pi26	177, 179, 181, 183, 185	0,713
4B	205, 209, 213, 217	0,669
G11	142, 158, 160, 162	0,660
Pi04	166, 168, 170, 172	0,628
4G	159, 161, 163, 171	0,579
D13	132, 134, 136	0,558
Pi16	158, 174, 176, 178, 180	0,477
Pi02	156, 160, 162, 164	0,371
Pi33	203, 206	0,322

$$H = 1 - \sum x_j^2, \text{ kus } x_j \text{ on } j\text{-nda alleeli esinemissagedus lookuses}$$

oli *P. infestans* Eesti populatsioonis väga kõrge ($H_s=0,88$). Sugulise paljunemise tõttu suureneb patogeeni geneetiline mitmekesisus ja esinevad mitmed unikaalsed MLGd. Kuna patogeeni mitmekesisus põldudel on suur, siis üksikutel MLGdel on keeruline levida ja populatsioonis püsida. Suurt geneetilist mitmekesisust on leitud ka varasemates uuringutes RG57 sõrmejälje ja mitokondriaalse DNA haplotüübi analüüsil (Runno-Paurson jt, 2009). Sarnane populatsiooni struktuur esineb Põhja- ja Poolas, kus patogeeni geneetiline mitmekesisus on kõrge ja esineb palju erinevaid MLGsid (Brurberg jt, 2011; Sjöholm jt, 2013; Chmielarz jt, 2014). Vastupidine olukord valitseb Lääne- ja Kesk-Euroopa riikides (Prantsusmaa, Suurbritannia, Holland, Šveits), kus domineerivad klonalsed MLGd ja populatsioonide mitmekesisus on madal (Montarry jt, 2010; Gisi jt, 2011; Cooke jt, 2012).

Eesti *P. infestans* populatsiooni iseloomustab kõrge geneetiline mitmekesisus, väga paljude erinevate MLGde esinemine, enamikel põldudel esinevad unikaalsed MLGd, MLGde levik põllult-põllule on vähene ja populatsioonis puuduvad domineerivad MLGd. Geneetilise analüüsi tulemused tõestavad, et Eestis paljuneb patogeen suguliselt ning toimub geneetiline rekombinatsioon.

Vaatamata tõhusale teadustööle ja mitmetele läbimurretele, ei kasutata efektiivseid ja keskkonnasäästlikke tõrjemeetmeid lehemädaniku integreeritud taimekaitse tõrje strateegia osana. Lehemädaniku-tekijaja geneetiline ebastabiilsus on peamiseks põhjuseks, mis teeb selle haiguse niivõrd raskelt tõrjutavaks. Geneetilised analüüsid mikrosatelliidi markeritega näitavad selgelt, et patogeeni Euroopa populatsioonid muutuvad kiiresti – esineb uute genotüüpide invasioon (nt Lääne-Euroopas) ja mõned populatsioonid on äärmiselt mitmekesised (Ida-Euroopas, Balti- ja Põhjamaades). Patogeeni selline geneetiline kohanemisvõime on suureks ohuks resistentsete kartulisortide vastupidavuse lõhkumisel ja fungitsiidide keskkonnasäästlikumal kasutamisel.

■ Järeldused

Eesti kartulipõldudelt kogutud *P. infestans* isolaatide genotüüpiseerimine mikrosatelliitidega tõestab, et suguline paljunemine ja rekombineerumine on meil sagedased. Seega, kartuli-lehemädaniku patogeeni geneetiline mitmekesisus on Eestis väga kõrge ja populatsioonis ei esine piirkondlikku struktureerimist. Ehkki käesolev uurimustöö oli läbi viidud limiteeritud andmetega, andis see siiski väga väärtuslikku informatsiooni *P. infestans* Eesti populatsiooni geneetilise struktuuri kohta. Selleks, et parendada kartuli-lehemädaniku tõrjet ja teha pikaajalisi haiguse tõrje plaane on vaja pidevaid ning laiendatud uuringuid. Seega, uurides ajast ja piirkonnast tingitud *P. infestans* populatsiooni dünaamikat, on vajalik kaasata mikrosatelliitide analüüsiks mahukam ja laiahaardelisem andmestik. Kuna kartuli-lehemädaniku poolt põhjustatud oht kartulikasvatusele püsib ja haigustekitaja on sugulise paljunemise tagajärjel pidevas muutumises, on järjepidev kartuli-lehemädaniku patogeeni populatsioonide monitooring hädavajalik, et tuvastada muutusi populatsioonides ning nendele õigeaegselt reageerida.

Tänuavaldused

Suur tänu Dr. Asko Hannukalale ja Tiina Joutsjoki'le Luke'ist (Natural Resources Institute Finland), kes rahastas mikrosatelliitide määramist. Uurimustööd on toetanud Instituutsionaalne uurimustöetus IUT36-02, projektid IPM Blight2.0 8T150054PKTK, RESIST 3.2.0701.11-0003 ning ETF grandid 7391 ja 9432.

Kasutatud kirjandus

- Brurberg, M.B., Elameen, A., Le, V.H., Naerstad, R., Hermansen, A., Lehtinen, A., Hannukkala, A., Nielsen, B., Hansen, J., Andersson, B., Yuen, J. 2011. Genetic analysis of *Phytophthora infestans* populations in the Nordic European countries reveals high genetic variability. *Fungal Biology*, 115, 335–342.
- Chmielarz, M., Sobkowiak, S., Dębski, K., Cooke, D.E.L., Brurberg, M.B., Śliwka, J. 2014. Diversity of *Phytophthora infestans* from Poland. *Plant Pathology*, 63, 203–211.
- Cooke, D.E.L., Lees, A.K. 2004. Markers, old and new, for examining *Phytophthora infestans* diversity. *Plant Pathology*, 53, 692–704.
- Cooke, D.E.L., Cano, L.M., Raffaele, S., Bain, R.A., Cooke, L.R., Etherington, G.J., Deahl, K.L., Farrer, R.A., Gilroy, E.M., Goss, E.M., Grünwald, N.J., Hein, I., MacLean, D., McNicol, J.W., Randall, E., Oliva, R.F., Pel, M.A., Shaw, D.S., Squires, J.N., Taylor, M.C., Vleeshouwers, V.G.A.A., Birch, P.R.J., Lees, A.K., Kamoun, S. 2012. Genome analyses of an aggressive and invasive lineage of the Irish potato famine pathogen. *PLoS Pathogens*, 8, e1002940.
- Cooke, L.R., Schepers, H.T.A.M., Hermansen, A., Bain, R.A., Bradshaw, N.J., Ritchie, F., Shaw, D.S., Evenhuis, A., Kessel, G.J.T., Wander, J.G.N., Andersson, B., Hansen, J.G., Hannukkala, A., Nørstad, R., Nielsen, B.J. 2011. Epidemiology and integrated control of potato late blight in Europe. *Potato Research*, 54, 183–222.
- Fry, W.E., Goodwin, S.B. 1997. Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. *Plant Disease*, 81, 1349–1357.
- Gisi, U., Walder, F., Resheat-Eini, Z., Edel, D., Sierotzki, H. 2011. Changes of genotype, sensitivity and aggressiveness in *Phytophthora infestans* isolates collected in European countries in 1997, 2006 and 2007. *Journal of Phytopathology*, 159, 223–232.
- Hannukkala, A.O., Kaukoranta, T., Lehtinen, A., Rahkonen, A. 2007. Late-blight epidemics on potato in Finland, 1933–2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. *Plant Pathology*, 56, 167–176.
- Hannukkala A.O. 2012. *History and consequences of migrations, changes in epidemiology and population structure of potato late blight, Phytophthora infestans, in Finland from 1845 to 2011*. Doctoral Dissertation. MTT Science 18. MTT Agrifood Research Finland, Jokioinen, Finland, 136 pp. Saadaval <http://www.mtt.fi/mtttiede/pdf/mtttiede18.pdf>.
- Knapova, G., Gisi, U. 2002. Phenotypic and genotypic structure of *Phytophthora infestans* populations on potato and tomato in France and Switzerland. *Plant Pathology*, 51, 641–653.
- Nielsen, B.J. 2014. Efficacy of fluazinam for control of potato late blight (*Phytophthora infestans*) in Danish field trials. *PPO Special Report*, 16, 113–116.
- Lees, A.K., Wattier, R., Shaw, D.S., Sullivan, L., Williams, N.A., Cooke, D.E.L., 2006. Novel microsatellite markers for the analysis of *Phytophthora infestans* populations. *Plant Pathology*, 55, 311–319.
- Lehtinen, A., Hannukkala, A. 2004. Oospores of *Phytophthora infestans* in soil provide an important new source of primary inoculum in Finland. *Agricultural and Food Science*, 13, 399–410.
- Li, Y., van der Lee, T., Zhu, J.H., Jin, G.H., Lan, C.Z., Zhu, S.X., Zhang, R.F., Liu, B.W., Zhao, Z.J., Kessel, G., Huang, S.W., Jacobsen, E. 2013. Population structure of *Phytophthora infestans* in China – geographic clusters and presence of the EU genotype Blue_13. *Plant Pathology*, 62, 932–942.
- Montarry, J., Andrivon, D., Glais, I., Corbiere, R., Mialdea, G., Delmotte, F. 2010. Microsatellite markers reveal two admixed genetic groups and an ongoing displacement within the French population of the invasive plant pathogen *Phytophthora infestans*. *Molecular Ecology*, 19, 1965–1977.

- Runno-Paurson, E., Fry, W.E., Myers, K.L., Koppel, M., Mänd, M. 2009. Characterisation of *Phytophthora infestans* isolates collected from potato in Estonia during 2002–2003. *European Journal of Plant Pathology*, 124, 565–575.
- Runno-Paurson, E., Kotkas, K., Tähtjärv, T., Williams, I.H., Mänd, M. 2011. Temporal changes in phenotypic diversity of *Phytophthora infestans* in northern Estonia. *emdirbyste=Agriculture*, 98, 205–212.
- Runno-Paurson, E., Hannukkala, A., Williams, I., Koppel, M., Mänd, M. 2012. The structure of mating type, virulence, metalaxyl resistance of *Phytophthora infestans* in a long-term phenotypic study in distinct location in Eastern Estonia. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 119, 45–52.
- Runno-Paurson, E., Hannukkala, A., Kotkas, K., Koppel, M., Williams, I.H., Mänd, M. 2014. Population changes and phenotypic diversity of *Phytophthora infestans* isolates from Estonia and Finland. *Journal of Plant Pathology*, 96, 85–95.
- Sjöholm, L., Andersson, B., Högberg, N., Widmark, A.-K., Yuen, J. 2013. Genotypic diversity and migration patterns of *Phytophthora infestans* in the Nordic countries. *Fungal Biology*, 117, 722–730.
- Yuen, J.E., Andersson, B. 2013. What is the evidence for sexual reproduction of *Phytophthora infestans* in Europe? *Plant Pathology*, 62: 485–491.

Haigustõrje mõju suvinisu saagile ja majanduslik tasuvus

Pille Sooväli, Mati Koppel

Eesti Taimekasvatuse Instituut ▶ pille.soovali@etki.ee

■ Sissejuhatus

Põllumehe eesmärk on taimekaitsele tehtud optimaalsete kuludega saada salve võimalikult suurem saak. Eestis suvinisu saakide ja realiseerimishindade juures võib olla probleemiks, et haigustõrje on kulukam, kui saagist saadav tulu. Haigustõrjet tuleb teha siis, kui haigus on jõudnud tasemeni, kus see mõjutab saagikust negatiivselt ja tekitab majanduslikku kahju. Kahjumi vältimiseks tuleb taimehaigused hoida majandusliku taluvuslääve tasemel. See võetakse tõrje läbiviimisel aluseks, et saak ei väheneks. Taimehaiguste tase määrab taimekaitse tegemise aja, et ennetada kahjustuse levikut. Suvinisu kasvatamisel on oluline informatsioon pritsimis-aegade ja majandusliku tasuvuse võrdlemine. Töö eesmärgiks oli välja selgitada erinevate fungitsiidide ja pritsimisaegade mõju suvinisu saagile ja arvestada kasutamise majanduslik tasuvus.

■ Materjal ja meetodika

Haigustõrje katsed suvinisu sortidega 'Manu' (2011), 'Specifik' (2012, 2013) ja 'Granny' (2013) toimusid Jõgeva Taimekaitse Instituudis 2011–2013. a. Neljakordsetel katsed külvati küntud põllule külvinormiga 550 idanevat tera m² iga katse-aasta optimaalsel külviajal mai alguses. Külviseemet ei puhitud. Seemnekülvi alla külvati põhiväetis Kemira Power18 250 kg ha⁻¹, umbrohutõrje tehti vajaduse järgi, kahjuritõrjet ei tehtud. Suvinisu saagikust peamiselt mõjutavate haiguste, kõrreliste helelaiksuse (tekitaja *Septoria* spp.) ja nisu-pruunlaiksuse (tekitaja *Drechslera tritici-repentis*) vastu katsetati ühe- ja kahekordset tõrjet kasutades erinevaid fungitsiide ja pritsimise aegu (tabelid 1 ja 2). Haiguseid hinnati loomise (BBCH 57) ja piimküpsuse faasis (BBCH 71–73). Katsed koristati augusti alguses, saagiandmed arvutati ümber 14% niiskusesisaldusele. Taimekaitse majandusliku efektiivsuse arvutamisel kasutati fungitsiidide 2013. a. hindu, pritsimise maksumuseks arvestati 7,7 € ha⁻¹, suvinisu realiseerimishinnaks 180 € t⁻¹. Hinnad on arvestatud ilma käibemaksuta.

Saagiandmed analüüsiti statistika programmis Agrobase NNA (Nearest Neighbours Analysis) meetodil ja võrreldi omavahel ($PD_{0,05}$).

■ Tulemused ja arutelu

Suvi 2013. a. oli kuiv ja keskmisest soojem, põuane juuli pidurdas taimehaiguste leviku suvinisul. Lehelaiksused arenesid minimaalselt, kattes sortidel 'Specifik' ja

'Granny' kuni 10% lehepinnast. Tulemustest selgub, et haiguste vaesel aastal isegi ühekordne taimekaitse pigem vähendas 'Specifiku' saaki võrreldes pritsimata kontrolliga (tabel 3). 'Granny' on saagikas ja 'Specifikuga' võrreldes hilisem, väga hea kvaliteediga saianisu sort. Ka selles katses oli 'Granny' saak 'Speticifiku' omast tunduvalt suurem, ületades antud katseaasta kuiva ja sooja vegetatsiooniperioodi tingimustes viimast isegi pritsimata kontrollvariandis üle 1000 kg ha⁻¹.

Sordi saagitasemete erinevused katse piires näitavad fungitsiidi efektiivsust vastavalt sordi haiguskindluse tasemele. Mõlema sordi saagiandmeid võrreldes ei olnud taimekaitsele tehtud kulutused majanduslikult tasuvad praktiliselt ühegi fungitsiidi kasutamisel. 2013. a. mõjus ühekordne haigustõrje 'Granny' saagile positiivselt, v.a Falcon Forte kasutamine (variant 5), kus saak kontrolliga võrreldes vähenes 438 kg ha⁻¹, kuid sarnaselt 'Specifikule' majanduslikku tulu ei saadud. Majanduslikult oli minimaalselt tasuv ainult Tango Superiga töödeldud variant 6.

Katseaastatest kõige kuivem ja põuasem ilm oli 2011. aastal. Maikuu sademed mõjusid taimekasvule hästi, kuid järgnenud põuane juuni ning kuum ja kuiv juuli põhjustasid suvinisul sundküpsemise. Kasvuhooaja lõpuks oli 'Manul' pritsimata variandis nakatumine helelaiksusesse 30% ja nisu-pruunlaiksusesse 15%. Võrreldes kontrolliga ei olnud 'Manu' saagitõus kahekordse haigustõrje puhul piisavalt suur, et majanduslikult ära tasuda (tabel 4). Kahekordne pritsimine küll suurendas 'Manu' saagikust, kuid taimekaitsele tehtud kulutused olid saagitaseme kohta liiga suured ja majanduslikku tulu ei saadud. 'Manu' nakatumise intensiivsuse juures

Tabel 1. Ühekordses haigustõrjes kasutatud fungitsiidid, kulunormid (l ha⁻¹) ja kasvufaas (BBCH) suvinisu sortidel 'Specifik' ja 'Granny' 2013. aastal

Variant	Kasvufaasid 57–59
1	Kontroll
2	Folicur 1,0
3	Tilt 0,5
4	Sportak 1,0
5	Falcon Forte 0,6
6	Tango Super 1,0
7	Zantara 1,0

Tabel 2. Kahekordses haigustõrjes kasutatud fungitsiidid, kulunormid (l ha⁻¹) ja kasvufaasid (BBCH) suvinisu sortidel 'Manu' 2011 ja 'Specifik' 2012. aastal

Variant	Kasvufaasid 32–35	Kasvufaasid 55–60
1	Kontroll	–
2	Archer Top 0,5	Bell 0,75
3	Archer Top 0,5	Opera N 1,0
4	Archer Top 0,5	Prosaro 0,5

oleks selle aasta tingimustes piisanud ühekordsest õigel ajal tehtud haigustõrjest.

2012. a. kasvuhooaeg kujunes suvinisule pigem jahedaks ja niiskeks. Madalad õhutemperatuurid kasvuperioodi alguses takistasid küll lehestikuhaiguste levikut, kuid niiskus soodustas teravilja kasvu ja võrsumist. Tihedaks kasvanud taimik oli hilisemal kasvuperioodil taimehaiguste levikule soodsaks pinnaseks. Pritsimata variandis nakatus 'Specifik' helelaiksusesse ja nisu-pruunlaiksusesse 40% tasemel. Väiksema enamsaagi 331 kg ha⁻¹ andis pritsimine Archer Top 0,5 + Opera N 1,0 kg ha⁻¹ (variant 3), kuid kulutused kasumit ei taganud. Odavamate fungitsiididega pritsimine oli tulusam (tabel 4).

Katsed näitasid, et loomisfaasis oleva suvinisu ühekordse haigustõrjega saab saaki suurendada ka kõrgema haigusfooni puhul, kuid haiguste madala taseme korral majanduslikult tulusat saagilisa alati ei saavutata. Kahekordse haigustõrje korral pritsiti esimest korda kõrsumisfaasis taimehaigusi ennetavana ja teist korda loomise lõpus kuni õitsemise alguses taimehaigusi tõrjuvana. Saaki mõjutavaid tegureid on mitmeid ja enamasti on üks piirav faktor teistest üle. Selleks võib olla haigusfoon, ilmastik, sordi haiguskindlus või mõni muu oluline tegur. Ühel aastal oli põuafaktor teistest üle, teisel aastal mõjutas saaki haigustõrjeks kasutatud fungitsiidi efektiivsus ja pritsimise aeg. Vastavalt vajadusele tehtud täpsem haigustõrje annab erinevatel aastatel stabiilsema tulu. Näiteks sordi 'Specifik' terasaagitase oli mõlemal aastal hea, ent suurim saak koristati niiskema ja jahedama kasvuperioodiga aastal.

Tabel 3. Suvinisu sortide saagid ja majanduslik kasum ühekordse haigustõrje korral 2013. aastal

Variant	'Specifik'		'Granny'	
	Saak, kg ha ⁻¹	Kasum, € ha ⁻¹	Saak, kg ha ⁻¹	Kasum, € ha ⁻¹
1	5562	0	6820	0
2	5404	-61,14	6930	-12,9
3	5308	-69,42	6939	-2,28
4	5389	-53,84	6862	-15,14
5	5640	-12,86	6382	-105,74
6	5776	-0,18	7044	1,62
7	5490	-53,66	6893	-27,56
<i>PD</i> _{0,05}	347		390	

Tabel 4. Suvinisu erinevate sortide saagid ja majanduslik kasum kahekordse haigustõrje korral

Variant	'Manu' 2011		'Specifik' 2012	
	Saak, kg ha ⁻¹	Kasum, € ha ⁻¹	Saak, kg ha ⁻¹	Kasum, € ha ⁻¹
1	3576	0	6202	0
2	3667	-43,52	6563	5,08
3	3689	-46,56	6533	-7,32
4	3609	-46,96	6565	12,44
<i>PD</i> _{0,05}	213		219	

Tasuvus on teraviljatootjale sama tähtis kui saagikus. Taimekaitsetööd peavad olema majanduslikult efektiivsed. Majanduslik kasum teravilja tootmises sõltub suurel osal saagi kvaliteedist, sest sööda- ja toidunisu realiseerimishinnad on erinevad. Katsete saagiandmete põhjal selgus, et erineval aastal annab sama sort erineva saagi ja sõltuvalt kasvutingimustest võib erineva fungitsiidi kasutamine mõjuda saagile kas positiivselt või negatiivselt.

■ Järeldused

Suvinisu kasvatamisel on fungitsiidi kasutamine majanduslikult efektiivne siis, kui normiks võetakse sordi taluvuslävi, arvestatakse sordi haiguskindlust, taimehaiguste lööbimise intensiivsust, fungitsiidi kulunormi ja tõrje tegemise aega. Majandusliku taluvusläve määravad tõrjekriteeriumid, mis praegu on meil üle võetud Euroopa tingimustest. Need vajaksid kindlasti teaduslikult põhjendatud kohandamist Eesti tingimustele arvestades ka erinevaid viljelusviise. Kuivõrd fungitsiidi täisnormi kasutamine ei taga märkimisväärset saagitõusu ja majanduslikku tulu, siis selleks et taimekaitsele ülearu mitte kulutada, võiks fungitsiidi kulunorme ja pritisimiskordi vähendada, kuid eelkõige tuleks kindlaks määrata tõrje kriteeriumid.

Tänuavaldused

Uuringut rahastati Eesti maaelu arengukava 2007–2013 meetme 1.7.1 raames ETKI ja Põllumeeste ühistu KEVILI koostöö projektiga nr 171011780017.

Eestis enamkasvatatavate kodu- ja välismaiste kartulisortide lehemädanikukindlusest

Aide Tsahkna, Terje Tähtjärv

Eesti Taimakasvatuse Instituut ▶ Aide.Tsahkna@etki.ee

■ Sissejuhatus

Kartuli-lehemädanik (LM) (*Phytophthora infestans*) on läbi aegade olnud kartuli kõige ohtlikum ja levinum haigus, mis esineb kõikjal, kus kasvatatakse kartulit. Haigusele soodsates tingimustes hävib taimestik 7–10 päevaga. Tavaliselt kandub nakkus mugulatele, kus tekitab pruunmädanikku, LM soodsatel aastatel võib saagikadu olla isegi 50%. Enam kui seitsmekümneaastase vaatlusperioodi andmete analüüsis selgub, et praeguseks on kartuli-lehemädanik hakanud lööbima ligi kuu aega varem ning nakkus on tugevnenud, samuti on vähenenud LM lööbimise ja haiguse arengu erinevused erineva haiguskindlusega sortidel. Sellest tulenevalt tuli üheksakümnendate aastate lõpuks nentida, et suure ja kvaliteetse kartulisaagi saamiseks tuleb kasutada keemilist lehemädanikutõrjet või kasvatada kõrge põldresistentsusega sorte, millel haigus areneb aeglaselt (Koppel, 1997). Kartuli maheviljeluses on kartuli-lehemädaniku kahjustuse risk kõige suurem, seepärast soovitakse seal eriti LM kindlamaid kartulisorte.

■ Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi aastatel 2012–2015 Eesti Taimakasvatuse Instituudi Jõgeva sordiaretuse osakonnas. Katsetulemustest jäeti välja väga vähese LM esinemise tõttu 2013. aasta. Kõik katses olnud sordid kuulusid Euroopa Liidu (EL) sordilehte. Välismaised sordid valiti Eestis enamkasvatatavate pindade (ka tunnustatud seemnekartuli kasvupinna järgi) ja ühesuguse seemnematerjali kättesaadavuse alusel. Analüüsimisel võrreldi neid sordilehel olevate Eesti sortidega ja valiti välja 11 kartulisorti (6 varajast ja 5 keskvalmivat sorti).

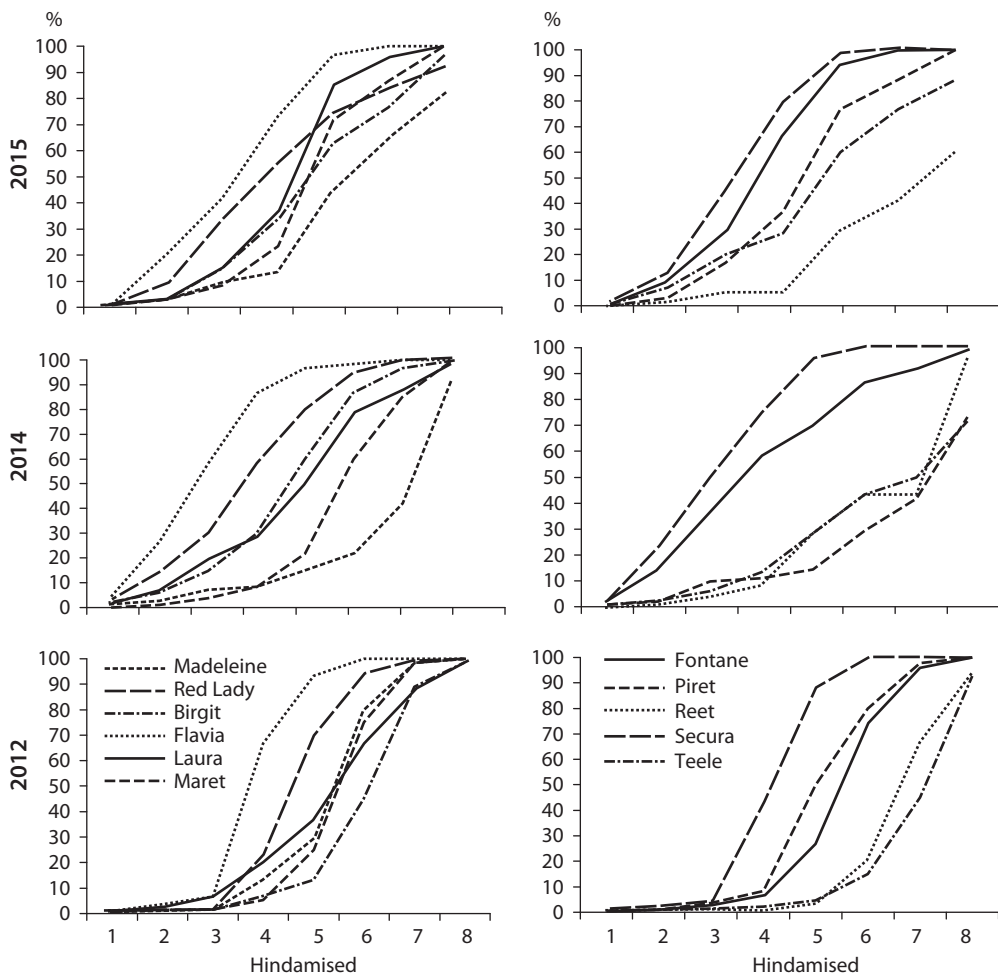
LM nakatumist hinnati protsentides lehestiku pinnast. Esimene hindamine tehti vastavalt LM nakkuse algusele ja see oli igal aastal erinev, nagu ka hindamiskordade arv, sest põuaperioodi saabumisega peatus nakkuse levik. Hinnati 3–5 päevase intervalliga. 2012. a. toimus 1. hindamine 6. augustil, 2014. a. 18. juulil ja 2015. a. 3. augustil, 2012 ja 2014 toimus kaheksa ja 2015 seitse hindamist.

■ Tulemused ja arutelu

Katsetulemused on toodud joonisel 1 ja tabelis 2 ja neid mõjutavad ilmastikuandmed tabelis 1.

Tabel 1. Ilmastik kartuli kasvuperioodil (Eesti Taimekasvatuse Instituudi andmed)

Kuu	Dekaad	Keskmine õhutemperatuur, °C			Sademete summa, mm			Keskmine relativne õhuniiskus, %		
		2012	2014	2015	2012	2014	2015	2012	2014	2015
Juuni	I	11,2	16,1	13,8	29	77	5	73	85	62
	II	15,1	11,9	13,9	39	37	16	74	84	68
	III	13,8	11,3	14,5	42	44	31	77	82	76
Juuli	I	19,3	17,5	17,3	16	19	21	75	74	73
	II	15,5	18,6	14,1	58	4	36	81	75	82
	III	19,1	21,5	15,5	11	25	21	75	68	79
August	I	16,0	20,8	17,4	22	3	12	80	70	74
	II	14,7	16,2	15,2	76	31	4	83	81	72
	III	13,5	12,8	15,9	32	89	18	87	86	77

**Joonis 1.** Varajaste ja keskvälmivate kartulisortide lehemädanikku nakatumine aastatel 2012, 2014 ja 2015.

Varajased sordid. LM nakatumise hindamisel 2012. a. olid 2., 3., 4., 5. ja 6. vaatlustel saadud tulemuste (tabel 2) võrdluses statistiliselt usutavad erinevused. Alates 6. vaatlusest (24.08) kuni vaatlusperioodi lõpuni (31.08) oli statistiliselt usutavalt kõige LM kindlam sort 'Birgit' (joonis 1). Aeglasemalt arenes LM kuni 5. vaatluseni (21.08) sortidel 'Birgit', 'Maret' ja 'Madeleine'.

Kõige kiiremini arenes LM sordil 'Flavia'. 2014. aastal leiti kõikidel vaatluskordadel LM nakatumise hindamisel usutavad erinevused varajaste sortide puhul. Sel aastal algas LM katseaastate võrdluses kõige varem (18.07), kuid arenes suhteliselt aeglaselt, kuna Jõgeval alates 5. juulist vihmad lakkasid ning ilm muutus kuivaks ja kuumaks. Veevarud mullas kahanesid, juuli lõpus tuli veidi sademeid, kuid augusti I dekaadil kuumus jätkus ja mullaniiskus vähenes (tabel 1). Kõik see mõjutas ka LM arengut. Varajastest sortidest oli 6. ja 7. vaatluseks kõige LM kindlam sort 'Madeleine'. Kõige vastuvõtlikumaks LM suhtes oli, nagu oli olnud ka 2012. aastal, 'Flavia'. LM nakkus algas 2015. a. peaaegu samal ajal kui oli alanud 2012. a. Varajaste sortide LM nakatumise võrdlemisel leiti sortide vaheline usaldusväärne erinevus vaid 4. vaatlusel ning 5. vaatluse ajaks (19.08) oli usutavalt kõige vähem nakatunud 'Madeleine'.

Keskvalmivate sortide lehemädanikku nakatamise võrdluses ei olnud 2012. a sortide vahel usutavat erinevust vaid 1. ja 2. LM hindamise ajal (tabel 2). Usutavalt LM kindlamad ja nakkuse aeglase arenguga olid kodumaised sordid 'Reet' ja 'Teel' (joonis 1). 2014. a ei olnud LM nakatumisel sortide võrdluses usutavat erinevust vaid viimasel vaatlusel (26.08). Eelviimase vaatluse ajaks (19.08) olid usutavalt LM kindlamad 'Piret', 'Reet' ja 'Teel'. Kõige LM kindlam sort oli 2015. a jällegi 'Reet'.

Tabel 2. Lehemädanikunakkuse vaatluste statistilised näitajad

Aasta	Statistiline näitaja	Vaatlused, varajased sordid							
		1	2	3	4	5	6	7	8
2012	p	0,465	0,023	0,023	0,000	0,003	0,002	0,073	0,465
	LSD _{0,05}	0,59	1,38	3,10	16,33	28,29	17,34	8,44	0,70
2014	p	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,001	0,001	0,015
	LSD _{0,05}	1,43	9,59	20,23	22,07	23,23	23,67	18,21	3,84
2015	p	0,119	0,241	0,180	0,053	0,069	0,389	0,465	-
	LSD _{0,05}	0,42	14,30	24,87	30,78	27,38	29,67	17,18	-
		Vaatlused, keskvalmivad sordid							
2012	p	0,212	0,690	0,042	0,000	0,000	0,000	0,002	0,006
	LSD _{0,05}	0,66	2,00	1,89	8,62	9,24	8,32	18,52	3,48
2014	p	0,038	0,012	0,011	0,000	0,002	0,014	0,025	0,317
	LSD _{0,05}	1,57	10,23	21,11	21,17	26,71	32,39	32,95	32,28
2015	p	0,242	0,130	0,014	0,000	0,013	0,004	0,022	-
	LSD _{0,05}	1,06	7,84	15,67	18,89	29,18	20,84	19,82	-

■ Järeldused

Katseaastate keskmisena oli varajastest sortidest kõige lehemädanikukindlamaks sordiks 'Madeleine' ja vastuvõtlikumaks 'Flavia'. Keskvalmivatest sortidest oli kõige LM kindlam 'Reet' ja kõige vastuvõtlikumad 'Fontane' ja 'Secura'.

Kasutatud kirjandus

Koppel, M. 1997. Muutused kartulisortide lehemädanikukindluses aastatel 1922–1991. *Kaasaegse ökoloogia probleemid. Ajalised muutused Eesti eluslooduses ja keskkonnas*. Tartu, lk. 97–101.

PESTITSIIDID JA NENDE JÄÄGID

Akaritsiid tau-fluvalinaat mesilasvahas

Reet Karise, Risto Raimets, Marika Mänd

Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond ▶ reet.karise@emu.ee

■ Sissejuhatus

Mesilasvaha peamised koostisained on süsivesikud ja lipiidid (Bogdanov, 2004; Bogdanov, 2006; Namdar jt, 2007). Viimased mängivad olulist rolli rasvlahustuvate pestitsiidijääkide akumulereerumisel vahasse (Mullin jt, 2010). Vahast leitud erinevates pestitsiidide jääkides domineerivad eeskätt sünteetilised varroalesta tõrjevahendid (Medici jt, 2012). Enamike sünteetiliste akaritsiidide toimeained on rasvlahustuvad molekulid, näiteks tsümasool-hüdrokloriid, tau-fluvalinaat, amitraas, flumetriin ja kumafoss.

Mesilasvaha korduvkasutuse tõttu satub pestitsiidijääkidega vaha tagasi tarru ja järgmisel tõrjekorral lisandub uus annus pestitsiidi (Mullin jt, 2010). Eestis on varroalestate tõrjevahenditest levinuim Apistan, mille toimeaineks on tau-fluvalinaat. Käesoleva uurimistö eesmärk on selgitada: (a) kas ja kui palju sisaldab Eestis kasutatav mesilasvaha tau-fluvalinaadi jääke ja (b) mil määral erinevad leitud kogused erineva päritoluga vahade puhul.

■ Materjal ja meetodika

Tau-fluvalinaadi proovid võeti mitmest erineva päritoluga vahast:

- a) kärje kaanetis (segaproov, mille materjal on kogutud mitmest erinevast mesilapunktist) Tartumaalt;
- b) karg (korduvalt kasutatud, kuid algselt ehitatud ostetud kärjepõhjale) Tartumaal asuvast mesilast, kus Apistani ei kasutata;
- c) vanad kärjed (segaproov, mille kärjetükid on pärit erinevatest mesilatest, kus Apistani on kasutatud) Tartu- ja Valgamaalt;
- d) karg Tartumaa mesilast sügisel peale pere töötlemist Apistaniga;
- e) selitatud ja steriliseeritud vaha (segaproov mesilatest, mis paiknevad mitmel pool Eestis);
- f) valmis kärjepõhi kahelt erinevalt vaha ümbertötlejalt.

Kõik proovid võeti ühes korduses. Proovide kogumine toimus 2013. aasta suvel-sügisel traditsiooniliselt majandavatest mesilastest. Pestitsiidijäägid analüüsiti laboris „BIOR“ (Institute of Food Safety, Animal Health and Environment „BIOR“, 3 Lejupes street, Riga, LV1076, Latvia), mille laborid on akrediteeritud vastavalt LVS EN ISO / IEC 17025 standardile. Tau-fluvalinaadi määramisel kasutati pestitsiidijääkide analüüsil LCMS/MS.

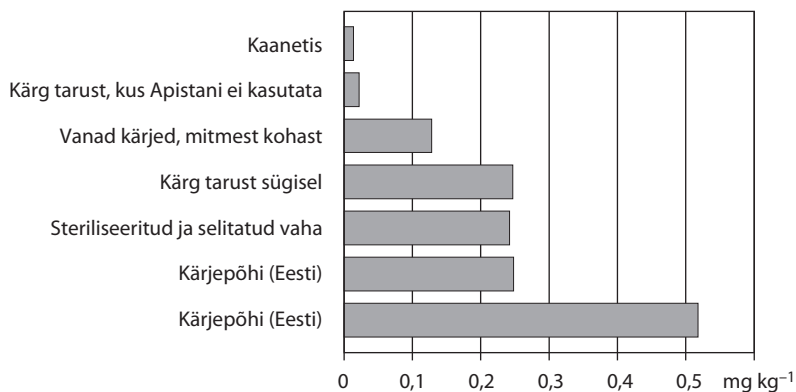
■ Tulemused ja arutelu

Vahaproovide analüüs tuvastas tau-fluvalinaadi jääke kõikidest uuritud proovidest. Kogused, mida leiti kärje kaanetest ja vahast, mis pärines tarust, kus seda toimeainet ei kasutata, olid väga väikesed, jäädes allapoole koguse usaldusväärset määramispiiri. Kõikide ülejäänud proovide puhul suudeti leitud kogus ka täpselt määratleda. Leitud kogused jäid vahemikku 0,15–0,52 mg kg⁻¹.

Antud tulemusest nähtub, et varroalesta tõrjumiseks kasutatava preparaadi Apistan toimeaine tau-fluvalinaat on leitav Eestis mesitarudes kasutatavas vahas. Tau-fluvalinaati peetakse mesilastele suhteliselt vähe toksiliseks, tema kõrge LD₅₀ väärtuse tõttu: akuutne kontaktne LD₅₀ on 1,2 µg mesilase kohta (Paranjape jt, 2014), mis on võrdväärne 12 mg kg⁻¹. Leitud kogused jäävad seega allapoole akuutse toksilisuse taset. Samas on teada, et pestitsiidid mõjutavad organisme ka subletaalsel tasemel. Apistan jätab võrreldes mõne teise levinud akaritsiidiga mesitaru kõige suuremas koguses jääke (Lodesani jt, 2008).

Akaritsiide kasutades ei esine mesilaste otsesest kõrget suremust, sest lestale surmavad kogused ei surma mesilasi. Samas tuleb siiski arvestada, et ühekordsel kasutamisel ei ole mesilaste valmikule olulist mõju, kuid korduva kasutamise juures toimeaine kogused kuhjuvad ning pikaajalise kokkupuute korral tuleb mesilase poolt omandatud doosiks lugeda mõõdetava koguse ja kokku puutunud päevade arvu korrutis (Bogdanov, 2006). Seega vahasse ladestunud pestitsiidide tegelik mõju mesilastele on oluliselt suurem kui ühekordse mõõtmistulemusega antav hinnang surmava doosiga võrreldes.

Joonis 1. Erinevatest vahaproovidest leitud tau-fluvalinaadi kogused (mg kg⁻¹).



Bogdanovi (2006) refereeringu kohaselt näitasid Šveitsi pikaajalise (1991–2002) vaha monitooringuprogrammi tulemused, et kolme uuritava akaritsiidi (broompropülaadi, kumafossi ja fluvalinaadi) jääkide hulk vahas oli püsivalt kõrge, samas kui flumetriini ei suudetud tuvastada. Ühendite rasvlahustuvuse võimet arvestades peaks aga flumetriin kõige enam vahas ladestuma. Antud analüüsitulemustes võisid flumetriini näidud olla alla koguse määramispiiri pelgalt seetõttu, et see toimeaine ei ole Šveitsi mesinike hulgas populaarne. Broompropülaadi jääkide hulk oli küll pidevas languses, kuid piisavalt kõrge ka aastal 2002, kuigi selle aine kasutamine keelati Šveitsis juba aastal 1991. Antud tulemuste põhjal avaldati lootust, et kunagi peale 2020. aastat võiks broompropülaadi jäägid Šveitsi vahast täielikult kaduda. Sama uuring näitas ka seda, et kui üks preparaat teisega asendati, oli selle teise, fluvalinaadi, kogus koheselt piisavalt kõrge, et jääke tuvastada ning veel kuue aasta jooksul muutusid need kogused järjest suuremaks. Fluvalinaadi jääkide kogused vahas hakkasid tasapisi vähenema peale seda, kui varroalestadel oli avastatud resistentsus selle toimeaine vastu, mistõttu on hakatud Apistani ka järjest vähem kasutama. Ilmnenud probleemide tõttu on taas rohkem kasutusel looduslikud varroalesta tõrjevahendid nagu tümool ning sipelg- ja oblikhape (Bogdanov, 2006).

Varroalestate resistentsus sünteetilistele preparaatidele on igal pool, kus neid kasutatakse suureks probleemiks (Miozes-Koch jt, 2000; Bogdanov jt, 2002; Thompson jt, 2003). Tau-fluvalinaadi vastu on juba pea 20 aasta jooksul täheldatud resistentsust (Lodesani jt, 1995). Vähendamaks nii mesilaste kui ka varroalestate pidevat kokkupuudet madalate pestitsiidi doosidega, tuleks saastunud vaha pidevalt ringlusest välja viia. Samas on tau-fluvalinaat tarus äärmisel kergesti liikuv ning ainult osade kärgede vahetamisega ei saa jääkidest lahti ka juhul kui Apistani enam ei kasutata (Lodesani jt, 2008).

Mitmetes uurimistöodes käsitletakse akaritsiidide väikeste vahast leitud koguste mõju mesilaste valmikutele ja vastsetele. On näidatud, et mesilasemade kehakaal jäi väiksemaks, kui nad kasvasid kumafossi või fluvalinaati sisaldaval vahal (Harmann jt, 2002). Samuti ei hakanud mesilased kärke ehitama kumafossi sisaldavale kärjealusele. Ühes teises töös leiti, et kumafoss häirib emakuppude vastuvõtlikkust mesilaste poolt (Pettis jt, 2004). Fluvalinaadi korral on leskedel täheldatud vähenenud seemnevedeliku tootlikkust. Veel on täheldatud, et nii kumafossi kui fluvalinaati sisaldava vaha peal oli ellujäänud mesilaste vastsete hulk seda väiksem, mida enam oli selles pestitsiidi (Medici jt, 2012).

■ Järeldused

Sünteetiliste akaritsiidide toimeained liiguvad edasi ja talletuvad mesilasvahas. Vähendamaks nende ainete poolt tekitatavat ohtu mesilaste tervisele, peaksid mesinikud mesilashaiguste tõrjel vältima sünteetilisi preparaate ning asendama need ainetega, mis vahasse ei kogune, näiteks orgaaniliste hapetega. Kui aga sünteetiliste preparaatide kasutamist vältida ei ole võimalik, tuleks vanade kärgede vaha asendada uutega nii sageli kui võimalik, ning kasutada rohkem vaha, mis on pärit tarudest, kus neid aineid ei kasutata.

Tänuavaldused

Autorid soovivad tänada mesinikke, kes lubasid analüüsimiseks oma mesilatest vaha. Käesolevat uurimistööd on finantseerinud Eesti Maaeluministeeriumi Rakendusuuringute programm (projekt T13055), institutsionaalne uurimistoetus (IUT36-2) ja Eesti Teadusfond (grant T9450).

Kasutatud kirjandus

- Bogdanov, S. 2004. Beeswax: quality issues today. *Bee World*, 85, 46–50.
- Bogdanov, S. 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37, 1–18.
- Bogdanov, S., Charrière, J.D., Imdorf, A., Kilchenmann, V., Fluri, P. 2002. Determination of residues in honey after treatments with formic and oxalic acid under field conditions. *Apidologie*, 33, 399–409.
- Haarmann, T., Spivak, M., Weaver, D., Weaver, B., Glenn, T. 2002. Effects of fluvalinate and coumaphos on queen honey bees (Hymenoptera: Apidae) in two commercial queen rearing operations. *Journal of Economic Entomology*, 95, 28–35.
- Lodesani, M., Colombo, M., Spreafico, C. 1995. Ineffectiveness of Apistan treatment against the mite *Varroa jacobsoni* Oud in several districts of Lombardy (Italy). *Apidologie*, 26, 67–72.
- Lodesani, M., Costa, C., Serra, G., Colombo, R., Sabatini, A.G. 2008. Acaricide residues in beeswax after conversion to organic beekeeping methods. *Apidologie*, 39, 324–333.
- Medici, S.K., Castro, A., Sarlo, E.G., Marioli, J.M., Eguaras, M.J. 2012. The concentration effect of selected acaricides present in beeswax foundation on the survival of *Apis mellifera* colonies. *Journal of Apicultural Research*, 51, 164–168.
- Miozes-Koch, R., Slabezki, Y., Efrat, H., Kalev, H., Kamer, Y., Yakobson, B.A., Dag, A. 2000. First detection in Israel of fluvalinate resistance in the varroa mite using bioassay and biochemical methods. *Experimental and Applied Acarology*, 24, 35–43.
- Mullin, C.A., Frazier, M., Frazier, J.L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., Pettis, J.S. 2010. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLOS ONE* 5, e9754. doi: 10.1371/journal.pone.0009754.
- Namdar, D., Neumann, R., Sladezki, Y., Haddad, N., Weiner, S. 2007. Alkane composition variations between darker and lighter colored comb beeswax. *Apidologie*, 38, 453–461.
- Paranjape, K., Gowariker, V., Krishnamurthy, V.N., Gowariker, S. 2014. The pesticide encyclopedia. CABI publishing, Wallingford, UK.
- Pettis, J.S., Collins, A.M., Wilbanks, R., Feldlaufer, M.F. 2004. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee, *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35, 605–610.
- Thompson, H., Ball, R., Brown, M., Bew, M. 2003. *Varroa destructor* resistance to pyrethroid treatments in the United Kingdom. *Bulletin of Insectology*, 56, 175–181.

Pestitsiidid suruvad alla mulla mikroobide hüdrofüütilist aktiivsust

Helena Madsen^{1,2}, Liina Talgre¹, Viatcheslav Eremeev¹, Anne Luik²

¹ Eesti Maaülikool, taimekasvatuse ja rohumaaviljeluse osakond

▶ helena.madsen@student.emu.ee

² Eesti Maaülikool, taimekaitse osakond

■ Sissejuhatus

Mulla kvaliteet on mulla võime toetada bioloogilist aktiivsust, säilitada keskkonna kvaliteeti ning soodustada mullaelustikku (Oldare jt, 2008). Selline mulla bioloogiline omadus, nagu mikroobide aktiivsus, on palju tundlikum muutustele kui teised füüsikalised või keemilised näitajad (Oldare jt, 2008; Oldare jt, 2011; Tejada jt, 2008). Seetõttu on mulla mikroobid ühed usaldusväärsemad mulla kvaliteedi indikaatorid (Oldare jt, 2008).

Paljud uurimused on tõdenud, et lämmastikväetise mõjuvad mulla bioloogilistele näitajatele negatiivselt (Geisseler ja Scow, 2014; Liu ja Greaver, 2010). Samas on leitud, et kündes taimejäänused mulda, tõuseb mulla toitainete sisaldus, paraneb mullalõimis ning suureneb mikroobide mass ning väheneb vajadus keemiliste taimekaitsevahendite järele (Oldare jt, 2008). Vahekultuuride kasvatamine külvikorras parandab kõiki mulla omadusi, mis omakorda mõjutab ka järgnevaid kultuure (Talgre jt, 2015, Sánchez de Cima jt, 2015a).

Taimekaitsevahendeid, sealhulgas herbitsiide, kasutatakse kahjustajate allasurumiseks ning umbrohtumise vältimiseks põllul. Kuigi herbitsiidid vähendavad kultuuride konkurentsi ning seega mõjuvad positiivselt saagikusele, vähendavad nad ka mikroobide biomassi mullas (Rose jt, 2016). Umbrohud on põldude ühed suurimad mitmekesistajad, pakkudes soodsaid toitumis- ja kasvutingimusi teistele põllul elavatele organismidele (Hernández Plaza jt, 2015). Antud uurimustöö eesmärk oli uurida tava- ning maheviljeluse mõju mulla hüdrofüütilisele aktiivsusele (FDA).

■ Materjal ja meetodika

Katse viidi läbi aastatel 2012–2015 EMÜ PKI Eerika katsepõllul. Katse rajati neljas korduses, katseala mullatüüp oli liivsaviõimisega näivleetunud muld. Mulla hüdrofüütilist aktiivsust uuriti viieväljalises külvikorras kolmes erinevas maheviljelussüsteemis (Mahe 0, Mahe I ja Mahe II) ning kahes tavaviljeluse süsteemis (Tava I ja Tava II). Kultuuride järjestus külvikorras oli järgmine: oder ristiku allakülviga → ristik → talinisu → hernes → kartul. Tavasüsteemides ei kasutatud talviseid vahekultuure. Kontrollsüsteemis (Tava I) ei kasutatud väetisi ning teises tavasüsteemis (Tava II) kasutati lämmastikväetist: talinisu ja kartulile 150 kg ha⁻¹ N, odrale ristiku allakülviga 120 kg ha⁻¹ N ja hernele 20 kg ha⁻¹ N. Tavasüsteemides kasutati

ka herbitsiide, fungitsiide ning insektitsiide. Mahesüsteemides oli Mahe 0 kontrollsüsteem, mis järgis vaid külvikorda ning peale põhikultuuri koristust sellel katseosal sügisel mullaharimist ei toimunud. Teises mahesüsteemis (Mahe I) külvati vahekultuure ning kolmandas (Mahe II) kasutati peale vahekultuuride ka komposteeritud veisesõnnikut (40 t ha^{-1}).

Fluorestseini diatsetaadi hüdrolüütilise aktiivsuse (FDA) analüüsiks võeti 5–10 cm sügavuselt 500 grammised mullaproovid. Täpsem FDA määramise metoodika on kirjeldatud Sánchez de Cima (2015a) poolt avaldatud artiklis.

Saadud andmete statistilise töötlemisel kasutati dispersioonanalüüsi (ANOVA) ning Tukey HSD testi, $p < 0,05$.

■ Tulemused ja arutelu

Mulla mikrobioloogilist aktiivsust määrati hüdrolüütilise aktiivsuse ja mulla mikroobse hingamise kaudu, mida mõõdetakse CO_2 eraldumisega (Tejada jt, 2008).

Aastal 2013 ilmsnes hüdrolüütilise aktiivsuse kasvu tendents, kuid aastatel 2014–2015 usutavad erinevused puudusid ($p > 0,05$) (tabel 1). Kõrgem mikroobne aktiivsus esines maheviljelussüsteemi muldades. Aastate 2012–2015 keskmistest nähtub, et kõrgeim FDA esines Mahe II süsteemis ($p < 0,05$) (joonis 1), kus peale haljasväetiste kasutati ka sõnnikut. Sánchez de Cima jt (2015b) on leidnud, et kergesti laguneva orgaanilise väetise mulda lisamisel suurenevad mullas mikroobsed ning seega ensümaatilised protsessid. Tejada jt (2008) leidsid, et orgaanilise aine mitmekesisusel on positiivne mõju mulla mikroobide elustikule. Erinevate umbrohtudega mulda lisatud biomass võib ergutada mulla mikrobioloogilist aktiivsust. Ka meie katses tuli see hästi ilmsiks: mahesüsteemides kus umbrohtude biomass oli suurem ning umbrohuliike rohkem kui tavasüsteemides, oli mikroobide aktiivsus suurem kui tavasüsteemides.

Keskmine hüdrolüütiline aktiivsus aastatel 2012–2015 oli kõige madalam Tava I süsteemis (joonis 1). Selles süsteemis kasutati umbrohtude kontrolli all hoidmiseks herbitsiide ning mulda tagastati oluliselt vähem taimejäänuseid kui teistes süsteemides. Bajwa (2014) on leidnud, et paljud herbitsiidid jäävad mullas väga

Tabel 1. Mulla mikroobne hüdrolüütiline aktiivsus (μg fluoreststeini g^{-1} kuiva mulla kohta h^{-1}) 2012., 2013., 2014. ja 2015. aasta kevadel viies viljelussüsteemis

Variant	2012	2013	2014	2015
Mahe 0	49,8±0,5 Ba	55,4±0,5 BCb	53,9±0,8 Bb	54,2±0,9 Bb
Mahe I	51,6±0,6 BCa	56,9±0,5 Cb	55,3±1,0 BCb	58,6±1,3 CDb
Mahe II	52,7±0,5 Ca	59,8±0,5 Db	58,4±1,2 Cb	59,3±1,2 Db
Tava I	43,1±0,7 Aa	48,8±0,6 Ab	48,1±1,2 Ab	46,7±1,2 Aab
Tava II	49,5±0,6 Ba	54,5±0,5 Bb	52,6±1,0 Bb	54,9±0,8 BCb

Trükitähed tähistavad variantide vahelisi usutavaid erinevusi ühe aasta puhul (Tukey HSD, $p < 0,05$)

Kirjatähed tähistavad usutavaid erinevusi ühes väetusvariandis kõigi aastate puhul (Tukey HSD, $p < 0,05$)

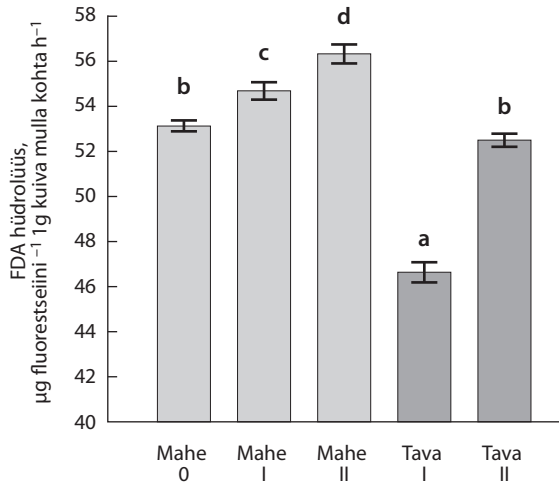
Mahe 0 – viieväljaline külvikord, Mahe I – viieväljaline külvikord + talvised vahekultuurid,

Mahe II – viieväljaline külvikord + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik,

Tava I – ilma väetiseta, Tava II – lisatud mineraalset lämmastikku.

Joonis 1. FDA hüdrolüütiline aktiivsus (aastate 2012–2015 keskmine) kevadel. Tukey HSD, ($p < 0,05$). Vearibad joonisel tähistavad \pm standardviga.

Mahe 0 – viieväljaline külvikord
 Mahe I – viieväljaline külvikord + talvised vahekultuurid
 Mahe II – viieväljaline külvikord + talvised vahekultuurid + kompostitud sõnnik
 Tava I – ilma väetiseta
 Tava II – lisatud mineraalset lämmastikku



stabiilseteks ning tänu sellele väheneb märkimisväärselt mikroorganismide hulk risosfääris. Sánchez de Cima (2015b) poolt tehtud uurimus näitas, et Tava I süsteemis oli muld, võrreldes teiste süsteemidega, kõige happelisem, mis samuti võis mõjutada mikroobide aktiivsust mullas. Kuigi Tava II süsteemis kasutati samuti herbitsiide, on FDA näitajatel tõusev tendents läbi aastate. Selle põhjuseks võib olla asjaolu, et suurem osa mikroobide populatsioonidest kasutavad oma elutegevuseks mullas leiduvat süsinikku, süsivesikuid ning tärklisi. Kuna Tava II süsteemis oli saagitase kõrgem ja seega ka tagastatava orgaanilise aine hulk suurem, siis oli selles süsteemis ka FDA kõrgem. Seega, varustades mulda mitmekesise orgaanilise ainega (nt haljasväetised, umbrohtude biomass, sõnnik) väheneb taimekaitsevahendite mõju mulla elustikule ja suureneb mulla mikrobioloogiline aktiivsus (Oldare jt, 2008; Oldare jt, 2011; Tejada jt, 2008). Peale selle, suurem biomass võimaldab rikastada mulda toitainetega.

■ Järeldused

Mitmekesise orgaanilise aine lisamine mulda parandab oluliselt mulla kvaliteeti ning suurendab mikrobioloogilist aktiivsust. Antud uurimustöö tulemused näitavad hüdrolüütilise aktiivsuse tõusu tendentsi kõigis süsteemides, kuid hüdrolüütiline aktiivsus oli kõrgem mahesüsteemides tänu mulda küntud orgaanilisele biomassile (haljasväetised, umbrohtude biomass ning sõnnik). Kõige kõrgem FDA näit mõõdeti Mahe II süsteemis, kuna seal oli mulda küntud orgaanilise väetise hulk ja mitmekesisus kõige suurem. Madalaim FDA näit oli Tava I süsteemis, mille põhjuseks olid väga madalad ja ühekülgsed sisendid orgaanilise aine näol, erinevate taimekaitsevahendite kasutamine ning mulla madal pH. Katsetulemused näitasid, et rohke orgaanilise aine mulda viimine vähendab taimekaitsevahendite negatiivset mõju mulla mikroorganismidele.

Tänuavaldused

Uurimus on valminud ERA-NET CORE ORGANIC FertilCrop, Eesti Maaülikooli baasfinantseerimise projekti 8–2/P13001PKTM ning Haridus- ja Teadusministeeriumi IUT36-2 toel.

Kasutatud kirjandus

- Bajwa, A.A. 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop Protection*, 65, 105–113.
- FAO, 2014. *World reference base for soil resources 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps World Soil Resources Report 106. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, pp. 181.
- Geisseler, D., Scow, K.M. 2014. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54–63.
- Hernández Plaza, E., Navarrete, L., González-Andújar, J.L. 2015. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 101–108.
- Liu, L., Greaver, T.L. 2010. A global perspective on belowground carbon dynamics under nitrogen enrichment. *Ecology Letters*, 13, 819–828.
- Odlare, M., Arthurson, V., Pell, M., Svensson, K., Nehrenheim, E., Abubaker, J. 2011. Land application of organic waste – Effects on the soil ecosystem. *Applied Energy*, 88, 2210–2218.
- Odlare, M., Pell, M., Svensson, K. 2008. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management*, 28: 1246–1253.
- Rose M.T., Cavagnaro, T.R., Scanlan, C.A., Rose, T.J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I.R., Kookana, R.S., Van Zwieten, L. 2016. Impact of Herbicides on Soil Biology and Function. *Advances in Agronomy*, 136, 133–220.
- Sánchez de Cima, D., Reintam, E., Tein, B., Eremeev, V., Luik, A. 2015a. Soil Nutrient Evolution during the First Rotation in Organic and Conventional Farming Systems. *Communication in Soil Sciences and Plant Analysis*, 46 (21), 2675–2687.
- Sánchez de Cima, D., Tein, B., Eremeev, V., Luik, A., Kauer, K., Reintam, E., Kahu, G. 2015b. Winter cover crop effects on soil structural stability and microbiological activity in organic farming. *Biological Agriculture & Horticulture*, DOI: 10.1080/01448765.2015.1130646
- Talgre, L., Eremeev, V., Reintam, E., Tein, B., Sanchez de Cima, D., Madsen, H., Alaru, M., Luik, A. 2015. Talvised vahekultuurid parandavad mulda ja kultuuride saagikust. *Agronoomia 2015*, M. Alaru, A. Astover, K. Karp, R. Viiralt, A. Must (Toim.), Tartu: Ecoprint, 40–44.
- Tejada, M., Gonzalez, J.L., Garcia-Martinez, A.M., Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresource Technology*, 99, 1758–1767.

Taimekaitsevahendite jääkide esinemine õuntes

Krista Tiirmaa¹, Toivo Univer¹, Merike Toome²

¹ Eesti Maaülikool, PKI Polli aiandusuuringute keskus ▶ toivo.univer@emu.ee

² Põllumajandusuuringute Keskus

■ Sissejuhatus

Igal aastal sünteesitakse maailmas tuhandeid keemilisi ühendeid, mida saaks kasutada mh taimekaitseks. Uut tüüpi taimekaitsevahendite (TKV) toimeainete arendamisele ja registreerimisele kulub keskmiselt 10 aastat ja ligikaudu 200 miljonit eurot (Hillep, 2010). Kõigi TKV toimeained kantakse vastavasse registrisse. EL direktiivi 91/414/EMÜ lisas 1 on määratud TKV toimeaine turule lubamise ajapiirid. Turule lubatud TKV võib riiki sisse tuua, turustada ja kasutada vastavalt Eestis kehtivale seadusandlusele. Eestis turustatakse 222 nimetust preparaate, neist 100 herbitsiidi, 89 fungitsiidi, 26 insektitsiidi ja 7 taimekasvuregulaatorit. Herbitsiidid on ka koguliselt kõige enam müüdiv tootegrupp. Nende hulgas on glüfosaati sisaldavaid tooteid 30 erineva nimetuse all. Glüfosaate müüdi 2010. a. 284 t ehk 58,2% kõigist TKV ning 2012. a. 292 t.

Laboranalüüsid võimaldavad saada objektiivseid andmeid TKV toimeainejääkide ja nende laguproduktide sisaldusest taimedes, õhus, mullas ja vees. Huvi ja kontrolli vajadus tekkis juba pool sajandit tagasi. Käesoleval ajal tehakse Eestis TKV toimeainejääkide määramist kolmes asutuses (Toome, 2013). Vedelik-kromatograafiliselt on võimalik määrata 140 ja gaas-kromatograafiliselt 160 toimeainet. Eestisse tarnitakse pestitsiide, mis sisaldavad 81 erinevat toimeainet, neist määratakse laborites 36 toimeainet, seega 44%.

Eesti liitumisel Euroopa Liiduga muutus meie puuviljaturg põhjalikult. Eesti omavarustatus aiasaadustega jääb alla 20% tarbitavatest puuviljadest. Puuviljade toiduohutus ja objektiivne teave sellest on ülimalt aktuaalne (Luik ja Pehme, 2010).

■ Tulemused ja arutelu

Eestis analüüsiti kümne aasta (1998–2007) jooksul 243 välismaist õunaproovi. Üle lubatud piirnormi leiti TKV toimeaine jääke 9 proovis (3,37%) (tabel 1), 94 õunaproovi (38,7%) ei sisaldanud ühtki TKV jääki ja ülejäänud 140 (57,6%) proovis jäi TKV jääkide sisaldus alla kehtestatud piirnormi. Eesti õunte analüüsis oli 33 proovi, neist 24 (72,7%) ei sisaldanud TKV jääke ja 9 proovis (27,3%) jäi jääkide sisaldus alla kehtestatud piirnormide.

Veterinaar- ja Toiduameti andmeil analüüsiti 2008. a. 7 ja 2009. a. 9 õunaproovi. Kõigis proovides jäid TKV jäägid alla piirnormi. Küll aga leiti TKV jääke teistes puuviljades ja marjades. Näiteks leiti 2008. a. Türgist pärit sidrunites fenitrotiooni koguses, mis ületas kehtestatud piirnormi 2,3 korda ja Hiinast pärit nektariinides

Tabel 1. TKV toimeaine jääkide esinemine Eesti päritolu ja importõuntes 1998.–2007. aastal

Aasta	Eesti õunad, proovide arv				Importitud õunad, proovide arv			
	Kokku	Jäägita	Jäägid piirnormi piires	Jäägid üle piirnormi	Kokku	Jäägita	Jäägid piirnormi piires	Jäägid üle piirnormi
1998	11	9	2	0	41	24	17	0
1999	5	5	0	0	53	17	31	5
2000	6	5	1	0	22	11	11	0
2001	3	0	3	0	20	12	7	1
2002	2	0	2	0	24	11	13	0
2003	2	2	0	0	21	4	16	1
2004	0	0	0	0	13	7	5	1
2005	2	1	1	0	15	4	11	0
2006	2	2	0	0	19	4	15	0
2007	0	0	0	0	15	0	14	1
Kokku	33	24	9	0	243	94	140	9

atsetamipriidi koguses, mis ületas piirnormi 2 korda. Hispaania päritolu aprikoo-sides leiti 2009. a. metüülasinfossi 2,5 korda piirnormist enam. Türgi päritoluga aprikoosidest leiti 2010. a. ditiokarbamaate koguses, mis oli 3,2 korda üle piirnormi. Itaalia päritolu viinamarjadest leiti kloormekvaati, mida oli 7,9 korda üle piirnormi.

Põllumajandusuuringute Keskuse jääkide ja saasteainete laboris 2009.–2011. a. uuritud õunaproovides leiti TKV toimeaine jääke kogustes, mis ei ületanud lubatud piirnormi taset (tabel 2). Veel enam, valdavas enamuses jäid arvnäitajad 10 korda madalamaks lubatud piirnormist. Suhteliselt kõrgem oli nelja TKV toimeaine (ditiokarbamaatide summa, karbendasim, tsüprodiniil ja atsetamipriid) sisaldus õuntes, kuid nende puhul oli sisaldus 2–4 korda piirnormist madalam. Tulemustest järeldub, et välismaiste õuntega võrreldes on kodumaised õunad märgatavalt väiksema TKV jääkide sisaldusega nii toimeainete spektri kui ka jääkainete sisalduse poolest. Eesti õuntes tuvastati fungitsiidi Chorus75 WG toimeaine tsüprodiniili jääke väga väikeses koguses, mis on lubatud piirnormist 100 korda vähem (tabel 2).

Põllumajandusministeeriumi rakendusuuringu „Taimkaitsevahendijääkide ning lisa- ja saasteainete sisaldus puuviljades ja marjades“ raames koguti aastatel 2010–2013 õunaproove Viljandimaa (kokku 9 tk), Tartumaa (6 tk), Saaremaa (2 tk), Põlvamaa (2 tk) ja Valgamaa (2 tk) õunaaedadest, kus oli kasutatud järgmisi taimekaitsevahendeid: Decis 25EC, Fastac 50, Score 250 EC, Chorus 75WG, Topas 100EC ja herbitsiide Roundup ja Agil 100EC. Lisaks õuntele koguti neist õunaistandikest ka 8 mulla- ja 4 taimeproovi.

Eesti päritolu 26 õunaproovis leiti 2010.–2013. a TKV jääke 4 proovis (15%). Õuntes tuvastatud TKV toimeainete jääkide sisaldus oli väga madal, 100 korda madalam lubatud tasemest (tabel 3). Pikk ajaperiood pritsimise ja analüüsimise vahel (3 kuud) seletab nii madalat TKV jääkide taset õuntes. Maheaadadest võetud proovidest ei leitud TKV jääke ega saasteaineid.

Sademed uhuvad TKV puulehtedelt ja viljadelt võraaluse heintaimedele ja mullale. Pestitsiidide kontsentratsioon heintaimedel on sageli suurem kui viljades

leiduv (tabel 3). Tsüpermetriini leiti õuntes 0,030 mg kg⁻¹, kuid heintaimedes 0,838 mg kg⁻¹. Tsüprodiniili leiti õuntes 0,011 mg kg⁻¹, kuid heintaimedes 0,063 mg kg⁻¹. Difenokonasooli õuntes ei leitud, kuid heintaimedes oli seda 0,026 mg kg⁻¹.

Mullas leitud TKV toimeainete spekter on laiem. Uurimisperioodil kasutatud glüfosaadi kõrval tuvastati mitme teraviljade juures kasutatava fungitsiidi toimeaine jälgi. Herbitsiididega pritsitakse ka võraaluseid. Glüfosaati oli heintaimedes 0,698 mg kg⁻¹. Maha varisenud õunad puutusid kokku saastunud mullapinnaga ja sisaldasid glüfosaati 0,078 mg kg⁻¹.

Tabel 2. TKV toimeainete jääkide esinemine import- ja Eesti õuntes Põllumajandusuuringute Keskuse jääkide ja saasteainete laboris teostatud analüüside andmetel 2009.–2010. aastal

Toimeaine nimetus	Analüüsi määramispiir (mp), mg kg ⁻¹	Lubatud piirnorm, mg kg ⁻¹	Maksimaalne leitud jäägi sisaldus, mg kg ⁻¹			
			Importõunad		Eesti õunad	
			2009	2010	2009	2010
Atsetamipriid	0,005	0,7	0,010	0,018		
Boskaliid	0,01	2,0		0,137		
Difenokonasool	0,01	0,5		0,067		
Dikloroprop	0,01	0,05		alla mp		
Difenüülamiin	0,01	5,0	0,067	0,670		
Ditiokarbamaadid (sum)	0,05	5,0	0,481	0,667		
Fenasakviin	0,005	0,1		0,017		
Fenpropimorf	0,01	0,05		0,010		
Fludiokoniil	0,01	5,0		0,166		
Flufenoksuron	0,005	0,5		0,016		
Imasaliil	0,01	2,0		0,033		
Imidaklopriid	0,005	0,5	0,019	alla mp		
Iprodioon	0,01	5,0	alla mp	0,420		
Kaptaan	0,01	3,0				
Karbendasiim	0,005	0,20	0,019	0,066		
Kloropüriifoss	0,01	0,50	0,067	0,088		
Metosküfenosiid	0,005	2,0	0,054	0,20		
Metüülklorofoss	0,01	2,0		0,014		
Metüültiofanaat	0,01	0,5		0,014		
Pirimikarb	0,01	2,0		0,175		
Propakvisafop	0,005	0,05		alla mp		
Propargiit	0,01	3,0	0,213	0,550		
Püraklostrobiin	0,01	0,3		0,044		
Pürimetaniil	0,01	5,0		0,078		
Püriproküfeen	0,005	0,2	alla mp			
Spiroksamiin	0,005	0,05		alla mp		
Tebufenoksiid	0,005	1,0		0,007		
Tiaklopriid	0,005	0,3	0,018	alla mp		
Trifloksüstrobiin	0,01	0,5		0,032		
Triflumuroon	0,04	0,5		alla mp		
Tsüpermetriin	0,01	1,0	0,030			
Tsüprodiniil	0,01	1,0	0,018	0,258	0,001	<0,01

Tabel 3. Eesti õunaistandikest leitud TKV toimeainejäägid õuntes, heintaimedes ja mullas (mg kg⁻¹) 2010.–2013. aastal

Toimeaine	Õuntes, kõrgeim tase, mg kg ⁻¹	Lubatad piirnorm, mg kg ⁻¹	Heintaimedes, mg kg ⁻¹	Mullas, mg kg ⁻¹
Tsüprodiniil	0,011	1,0	0,063	
Alfa-tsüpermetriin	0,030	1,0	0,838	
Difenokonasool			0,026	
Glüfosaat	0,078		0,698	1,8
Tiabendasool				< 0,05
Fenpropimorf				< 0,01
Propakvisafop				< 0,005
Spiroksamiin				0,005

■ Kokkuvõte

Elanikkonna linnastumine ja üleilmastunud kaubandus on muutnud inimeste toitumisharjumusi ja suurendanud toiduga seotud terviseriske. Taimkaitsevahendite jääkide seire tulemused näitavad, et Eestis kasvatatud õunad võrrelduna importõuntega on suhteliselt puhtad. Nad ei sisalda üldse või ainult erandjuhul taimekaitsevahendite jääke ja sedagi alla lubatud piirnormi.

Tänuavaldused

Töö on valminud Eesti Maaeluministeriumi rakendusuringu rahalisel toel.

Kasutatud kirjandus

- Hillep, E. 2010. Ohtlikud taimekaitsevahendid ei tohi turule jõuda. *Maamajandus*, veebruar, 8–11.
 Luik, A., Pehme, S. 2010. Kodumaine aedvili on mürkide poolest puhtam. *Maamajandus*, august, 17–19.
 Toome, M. 2014. Ülevaade taimekaitsevahendite jääkide seirest Eestis 2013. *www.agri.ee*

EMÜ TAIMEKAITSE OSAKONNA TEGEVUSEGA SEOTUD RAHVAS AJAS JA PILDIS



▲ 2011. aastal tähistas taimekaitse oma ühistegevuse 90. aastapäeva.



▲ Taimekaitse osakond 2012. aastal uue õppeaasta alguses Eerikal, Tõnissoni maja pargis.

Esimene rida: Riin Muljar, Angela Ploomi, Sirli Pehme, Anne Luik, Ülle Algma.
Seisavad: Alice Aav, Merili Hansen, Eha Kruus, Eve Runno-Paurson, Sirje Mitt, Marika Mänd, Katrin Jõgar, Külli Hiiesaar, Irja Kivimägi, Luule Metspalu, Eve Veromann, Ene Toomingas, Elen Peetsmann, Anne Must Magnusega, Aare Kuusik.





▲ Jõulupidu 2013.
aastal Uhti kõrtsis.

Ees: Reet Karise. *Istuvad:* Darja Matt ja kõrtsiemand Kai Paks.
Esimene ja teine rida: Ülle Lauk, Elsa Karolin, Valentina Zolotarjova, Tiiu Kõiv, Ketlin Liiv, Merili Hansen, Külli Hiiesaar, Gerit Dreyersdorff, Eve Runno-Paurson, Kaire Loit, Gabriella Kovács, Riinu Kiiiker, Enno Merivee, Ivar Sibul, Aare Kuusik, Kaljo Voolma.
Seisavad trepil alt ülles: Riin Muljar, Riina Kaasik, Luule Metspalu, Irja Kivimägi, Kersti Veske, Katrin Jõgar, Ülle Algma, Angela Ploomi, Eve Veromann, Anne Luik, Sirli Pehme.

◀ Taimekaitsega seotud
inimesed 1. septembril
2013. a. ülikooli
D korpuse õues,
Fr. R. Kreutzwaldi 5.

Ees istuvad: Marika Mänd, Anne Luik ja Sirli Pehme.
Vasakult: Merilin Hansen, Luule Metspalu, Kaire Loit, Külli Hiiesaar, Eve Runno-Paurson, Riina Kaasik.
Seisavad, esimene rida: Enno Merivee, Sirje Mitt, Angela Ploomi, Karin Nurme, Darja Matt, Riinu Kiiiker, Kerti Kera, Reet Karise, Anne Must, Elen Peetsmann, Egle Soosaar, Ants-Johannes Martin.
Teine rida: Irja Kivimägi, Gabriella Kovács, Eve Veromann, Tiiu Kõiv, Eha Kruus ja Juhan, Märt Kruus, Katrin Jõgar, Valentina Zolotarjova, Ivar Sibul.



▲ Taimekaitse rahvas
2014. aasta 1. septembril.

Esimene rida vasakult: Riina Kaasik, Alice Aav Adeelega, Kristiina Timma Helenaga, Marika Mänd, Anne Luik, Luule Metspalu, Külli Hiiesaar.

Seisavad, esimene rida: Darja Matt, Liisi Tamela, Merili Hansen, Anne Must, Enno Merivee, Angela Ploomi, Sirli Pehme, Ülle Algma, Gabriella Kovács, Karin Nurme, Gerit Dreyersdorff, Riin Muljar.

Teine rida: Seyed Mahyar Mirmajlessi, Neda Najdabbasi, Eve Runno-Paurson, Kätlin Jõgi, Aare Kuusik, Ivar Sibul, Elen Peetsmann, Risto Raimets, Reet Karise, Irja Kivimägi, Katrin Jõgar, Anna Bontšutšnaja.

Jõulupidu 2014. aastal Eesti
Põllumajandusmuuseumis,
Ülenurme mõisas. ►

Eest üles: Karin Nurme, Darja Matt, Katrin Jõgar, Kersti Veske, Sirli Pehme, Luule Metspalu, Tiiu Kõiv, Anne Must, Enno Merivee, Reet Karise, Ülle Algma, Valli Viidalepp, Gabriella Kovács, Jaan Viidalepp, Elsa Karolin, Irja Kivimägi, Marika Mänd, Aare Kuusik, Eve Runno-Paurson, Terje Tähtjärvi, Anne Luik, Riin Muljar, Gerit Dreyersdorff, Kaire Loit, Ahto Leito, Riinu Kiiker, Ants-Johannes Martin, Kätlin Jõgi, Angela Ploomi, Ivar Sibul.





◀ Jõulupidu 2015
aastal Äksis.

Ees: Eve Veromann.

Istuvad, vasakult: Ülle Lauk, Luule Metspalu, Aare Kuusik, Külli Hiiesaar, Marika Mänd.

Seisavad, esimene ja teine rida: Eve Runno-Paurson, Terje Tähtjäär, Kaire Loit, Riinu Kiiker, Karin Nurme, Gerit Dreyersdorff, Anne Must, Elsa Karolin, Gabriella Kovács, Merili Hansen, Risto Raimets, Liina Soonvald, Enno Merivee, Angela Ploomi, Tiiu Kõiv, Ivar Sibul, Kersti Veske, Riina Kaasik.



◀ Taimekaitse rahva 2016
aasta kevadine väljasõit
Avinurme.

Istuvad, esimene rida vasakult:

Katrin Jõgar, Karin Nurme, Eha Kruus Juhaniaga, Elsa Karolin
Teine rida: Kertrud Jaeski,
Anna Bontšutšnaja, Eve
Runno-Paurson, Külli Hiiesaar,
Anne Must.

Seisavad: Gerit Dreyersdorff,
Terje Tähtjäär, Reet Karise, Ülle
Algma, Luule Metspalu, Ivar
Sibul, Tiiu Kõiv, Ülle Lauk, Valli
Viidalepp.