



LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTES

AUGU AIZSARDZĪBAS ZINĀTNISKĀ INSTITŪTA

"AGRIHORTS"

Projekta

**"Augu aizsardzības jomā identificēto
prioritāro virzienu padziļināta izpēte,
veicinot izpratnes paaugstināšanos par drošu
un atbildīgu augu aizsardzības līdzekļu
lietošanu"**

Nr.10 9.1-11/20/1647-e

zinātniskā atskaite

Projekta vadītāja: Viktorija Zagorska

Jelgava, 2020

Projekta izpildītāji:

LLU Augu aizsardzības zinātniskais institūts “Agrihorts”:

Viktorija Zagorska, Dr.sc.ing. vadošā pētniece

Regīna Rancāne, Mg. agr., pētniece

Ilze Vircava, Gr. geol., vadošā pētniece

Jevgenija Ņečajeva, Dr. biol., vadošā pētniece

Eva Ezeraša, Bc. agr., Zemkopības laborants

Ieva Erdberga, Mg.agr., pētniece

Baiba Buša, LF LLU studente, Zemkopības laborants

Kitija Konošonka, LF LLU studente, Zemkopības laborants,

Kalvis Bērziņš, LF LLU students

Vikram Narala Reddy, Mg.sc.ing., viespētnieks

Saturs

1. Augsnes, ūdens un augu produkcijas paraugos esošo AAL atliekvielu sastāvs un daudzums, iegūto rezultātu analīze saistībā ar augu aizsardzības sistēmu projektā iekļautajās pētījumu vietās.....	4
Ievads	4
1.1. Paraugu ievākšanas metodika.....	8
1.2. Rezultāti	9
1.3. Secinājumi	30
Izmantotā literatūra.....	32
2. Augu aizsardzības līdzekļu atlieku daudzuma noteikšana apsmidzinātā platībā pēc apstrādes atkarībā no kultūrauga un lietotajiem AAL.....	34
Ievads	34
Izmantotie apzīmējumi un paskaidrojumi	34
2.1. BROWSE lietošanas pamācībā un izmantotās pamatformulas.....	37
2.2. Modelēšanas rezultāti	67
Secinājumi	71
Izmantotā literatūra.....	73
Pielikums Nr.1	74
3. Dārzkopības kultūraugu kaitīgo organismu izturības veidošanās pret fungicīdiem, rezistences risks un sastopamība Latvijas ābeļu un zemeņu stādījumos	75
Ievads	75
3.1. Ābeļu kraupja ierosinātāja <i>Venturia inaequalis</i> rezistences pārbaude pret noteiktām fungicīdu darbīgajām vielām	78
3.1.1. Metodika	80
3.1.2. Rezultāti	83
3.1.3. Secinājumi un ieteikumi	86
3.2. Pelēkā puves ierosinātāja <i>Botrytis cinerea</i> rezistences pārbaude pret fungicīdu darbīgajām vielām	88
3.2.1. Metodika	89
3.3. LLU “Agrihorts” pētījums <i>Botrytis</i> spp. rezistences noteikšanai	91
3.3.1. Metodika	91
3.3.2. Rezultāti	92
3.4. Pētījums <i>Botrytis</i> spp. rezistences noteikšanai institūtā Bio-Protect	95
3.4.1. Pētījuma norise.....	96
3.4.2. Rezultāti	97
3.5. LLU “Agrihorts” un institūta Bio-Protect rezultātu salīdzinājums.....	100
3.6. Secinājumi un ieteikumi	102
Izmantotā literatūra.....	104

1. Augsnes, ūdens un augu produkcijas paraugos esošo AAL atliekvielu sastāvs un daudzums, iegūto rezultātu analīze saistībā ar augu aizsardzības sistēmu projektā iekļautajās pētījumu vietās.

Pētījuma izpildītāji: Viktorija Zagorska, Regīna Rancāne, Ieva Erdberga, Eva Ezeraša, Kalvis Bērziņš, Baiba Buša

Ievads

Augu aizsardzības līdzekļi (AAL) ir plaši izmantoti lauksaimniecībā jau vairāk nekā 100 gadus. Izmantojot augu aizsardzības līdzekļus, iespējams iegūt lielākas ražas, kā arī nodrošināt augstāku produkcijas kvalitāti. Tomēr jāņem vērā, ka ilgstošas un intensīvas AAL lietošanas rezultātā AAL atliekvielas var uzkrāties augsnē, nonākt ūdenī, kā arī augu produkcijā. Līdz šim vairums pētījumi pasaulē ir vērsti uz AAL lietošanas ietekmi uz dažādiem ūdens avotiem, lai gan AAL atliekvielas primāri nonāk un uzkrājas tieši augsnē (Arias-Estevez et al., 2008) (1.1. attēls).



1.1.attēls. AAL atliekvielu nonākšana un pārvietošanās vidē.

Tālāk no augsnes AAL atliekvielas var nonākt ūdenī, gaisā, kā arī atkārtoti augu produkcijā, tādēļ izpratne par AAL atliekvielu migrāciju augsnē ir svarīga, jo viss ūdens, kas kļūst par gruntsūdeni, kādā brīdī iet caur augsni (Gilliom et al., 1999). Informācija par AAL atliekvielu koncentrāciju un izplatību augsnē ir nozīmīga, lai noteiktu risku šo atliekvielu nokļūšanai ūdenstilpnēs, nemērķa organismos un cilvēkos. Daži augsnes komponenti nosaka AAL sadalīšanās laiku augsnē, tādējādi ietekmējot to saglabāšanos vidē. Kā svarīgākie literatūrā minēti - māla saturs un augsnes organiskā viela, kas pozitīvi ietekmē atlieku saistīšanos ar augsni, tāpat svarīgs ir arī pH līmenis (Andreu & Picó, 2004; Kah et al., 2007; Arias-Estévez et al., 2008). Turklāt AAL atliekvielu noturību augsnē var ietekmēt arī apstākļi AAL smidzinājuma laikā, piemēram, augsnes ūdens saturs pēc nokrišņiem (Ghadiri & Rose, 2001; Arias-Estévez et al., 2008). Dažādos pētījumos atzīts, ka AAL noārdīšanās ātruma prognozēšana un modelēšana laboratorijas apstākļos bieži vien neatbilst lauka apstākļiem (Kah et al., 2007). Lai izprastu AAL atliekvielu daudzumu un izplatību augsnē, ir nepieciešami lauka dati, jo tikai tad iespējams izprast AAL izplatības dinamiku vidē un ar to saistītos riskus.

AAL atliekvielu uzkrāšanās augsnē ir atkarīga no tā, cik spēcīgi ķīmiskā viela saistās ar augsnes sastāvdaļām, cik ilgā laikā ķīmiskā viela noārdās un kādi ir bijuši vides apstākļi smidzinājuma laikā (Arias-Estevez et al., 2008). Procesi, kas regulē atlieku noturību augsnē, ir sorbcija un degradācija (sadališanās). Sorbcija ir process, kurā AAL saistās ar augsnes daļiņām, pierādīts, ka lielāks sorbcijas līmenis notiek tur, kur organisko vielu un māla saturs augsnē ir augstāks, rezultātā palielinās augsnes mikroorganismu aktivitāte, kurai ir liela ietekme uz AAL absorbciju augsnē (Arias-Estevez et al., 2008). PH ietekme uz AAL noturību augsnē mainās atkarībā no paša savienojuma pH (Dubus et al., 2001; Barriuso et al., 2008). Lai gan organiskā viela, māla saturs, pH un mikroorganismu aktivitāte tiek plaši minēti kā vissvarīgākie faktori AAL absorbcijai augsnē, mijiedarbība starp šiem faktoriem laukā joprojām nav pilnībā izpētīta un izprasta. Ja absorbcijas laikā AAL atliekvielas saistās augsnē, tad degradācija ir AAL atliekvielu līmeņa pazemināšanās process augsnē. AAL atliekvielu noārdīšanās korelē ar līdzīgiem faktoriem kā absorbcijas procesā, arī AAL atliekvielu sadalīšanās procesu regulē augsnes mikroorganismu aktivitāte, šajā gadījumā liela nozīme ir augsnes pH, jo pie 8-8,5 pH vienībām mikroorganismu aktivitāte ievērojami samazinās, tāpat negatīva ietekme uz mikroorganismiem ir pārāk skābai videi un zemam pH (Kah et al., 2007). Pat tad, kad AAL ir pilnībā saistīti ar augsni, tie joprojām ir kustīgi ekosistēmā ar eroziju un caur makro porām augsnē, tāpat atliekvielu pārvietošanos var veicināt spēcīgi nokrišņi, kas noskalo augsnes virskārtu (Borgaard & Gimsing, 2008). Kopīgais secinājums no dažādiem pētījumiem ir tāds, ka laika gaitā AAL atliekvielu sadalīšanās ātrums palēninās līdz līmenim, kad atlikušās atliekas kļūst inertas un nav pieejamas augiem (Barriuso et al., 2007; Arias-Estévez et al., 2008).

AAL atliekvielu datu analīzei tiek izmantoti dažādi parametri, zināmākie no tiem ir log KoW un DT50. Log KoW jeb oktanola un ūdens sadalīšanās koeficients ir svarīgs parametrs, lai izprastu AAL atliekvielu saglabāšanos vidē. Tas parāda attiecību starp konkrētā AAL koncentrāciju organiskajā šķīdinātājā (oktanolā) un ūdenī (Noble, 1993). Log KoW izsaka vērtība, bez mērvienības, kas svārstās no 2 līdz 7. Savienojumi ar zemām log KoW vērtībām vairāk šķīst ūdenī, tāpēc tie vieglāk izskalojas, savukārt savienojumi ar augstām vērtībām šķīst taukos un biežāk bioakumulējas, tādējādi radot lielāku risku cilvēkiem un dzīvniekiem (Zachariah, 2011). Lai gan log KoW ir diezgan viegli izmērīt, uzskata, ka tā vērtības kļūst neuzticamas īpaši nepolāriem savienojumiem (Pontolillo & Eagenhouse, 2001). Šis koeficients ir atkarīgs no konkrētā AAL un nemainās dažādos lauka apstākļos. Pussabrukšanas periods jeb DT50 ir vēl viena svarīga vērtība, ko izmanto, lai izprastu AAL saglabāšanos apkārtējā vidē. DT50 parāda laiku, kas nepieciešams, lai noārdītos 50% no AAL sākotnējās devas (Kah et al., 2007). Dažiem savienojumiem DT50 ir tikai stundas, bet citiem - gadu desmitiem. DT50 noteiktam savienojumam ir atšķirīgs dažādos vides apstākļos, un laboratorijā tas ir daudz īsāks nekā laukā, iespējams, tas ir saistīts ar aktīvāku mikroorganismu vidi laukā (Miyamoto & Kearney, 1985). Piemēram, ir pierādīts, ka glifosāta sadalīšanās laboratorijas un lauka apstākļos svārstās no 1 līdz 130 dienām (Landry et al., 2005; Tomlin, 2009). Arī metabolītu DT50 vērtības ir grūti izmērīt noārdīšanās ātrumu nevienmērības dēļ (Yang et al., 2015). Atzīts, ka tikai DT50 nav objektīvs savienojuma noturības rādītājs, bet var būt izmantojams, lai salīdzinātu dažādu savienojumu noturības varbūtību augsnē. Tāpat jāņem vērā, ka ne vienmēr pieejamas DT50 vērtības lauka apstākļiem, reizēm atrodami tikai laboratorijas rezultāti. Datu bāzēs atrodamas DT50 vērtības arī ūdenim, ūdens sedimentam, kas arī bieži vien ir ļoti variējošas. Bez DT50 datu bāzēs pieejami arī citi rādītāji, piemēram, RL_{50} , kas raksturo AAL darbīgo vielu pussadalīšanās laiku augā un uz tā. Savukārt, analizējot augu produkciju, visvairāk tiek ņemts vērā Eiropas Savienības AAL¹ datu bāzē noteiktais maksimālais atlieku līmenis katrai AAL darbīgajai viela noteiktā augu produkcijas veidā.

¹<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN>

Latvijā līdz šim nav veikti pētījumi par AAL atliekvielām augsnē, zinātnieki atzīst, ka šādu pētījumu trūkst arī visā Eiropā. Vairumā gadījumu pētījumi tiek veikti šauri par kādu noteiktu darbīgo vielu. (Covaci et al., 2002; Ružicková et al., 2008; Silva et al., 2018) vai arī realizēti nacionālā līmenī, līdz ar to atšķiroties metodikai, nav iespējams korekti salīdzināt iegūtos rezultātus (e.g., Orton et al., 2013; Masia et al., 2015; Pose-Juan et al., 2015; Qu et al., 2016; Chiaia-Hernandez et al., 2017; Hvezdova et al., 2018). Tikai dažām vielām, kuras vairs nav reģistrētas kā AAL, piemēram, DDT, atrzaīns, dieldrīns, dažās valstīs ir noteikts maksimāli pieļaujamais atliekvielu līmenis augsnē, savukārt vairumam šobrīd reģistrēto AAL darbīgo vielu šāds sliekšnis nav noteikts (Carlson, 2007). Augsnē atrasto AAL atliekvielu daudzumu bieži interpretē, izmantojot rādītāju – paredzamā koncentrācija vidē (PEC, *predicted environmental concentrations*). PEC vērtības rēķina konkrētajai darbīgajai vielai, pieņemot šīs vielas intensīvāko izmantošanu konkrētam kultūraugam (Ockleford et al., 2017). Lai arī atzīts, ka šāds rādītājs ir svarīgs, tam trūkst validācijas ar lauka datiem.

Starptautiskā projektā² 2015. gadā tika analizēti lauksaimniecības augsnes paraugi no 11 ES valstīm (Dānijas, Polijas, Francijas, Vācijas, Nīderlandes u.c.), no sešām dažādām kultūraugu grupā, testējot tos uz 76 dažādām AAL atliekvielām (34 – insekticīdu, 27 – fungicīdu un 15 – herbicīdu). Kopā analizēti 317 augsnes virskārtas paraugi. AAL atliekvielas tika atrastas 83% augsnes paraugu, 25% paraugu noteikta viena viela, savukārt 58% paraugu noteiktas vairākas atliekvielas. Pētījumā atklāts, ka Eiropas Dienvidu reģiona valstu augsnes paraugos AAL atliekvielas bija retāk, salīdzinot ar Rietumu un Ziemeļu reģiona valstīm. No 76 testētajām AAL atliekvielām tika atrastas 43 dažādas vielas, 166 dažādās kombinācijās. Vairums – 60% augsnē atrastās atliekvielas klasificējās kā nenoturīgas (DT50 30 dienas) vai vidēji noturīgas (DT 30-100 dienas), 16% veidoja noturīgas (DT50 100-365 dienas) un 23% ļoti noturīgas vielas (DT50 365 dienas). No noteiktajām vielām 14 AAL aktīvās vielas vairs nav reģistrētas ES, piemēram, DDT, DDE, procimidons, dieldrīns, no pārējām reģistrētajām visbiežāk augsnē konstatēts glifosāts, AMPA, boskalīds, epoksikonazols, tebukonazols un ftalimīds. Atliekvielas saturošajos augsnes paraugos kopējais atlieku daudzums vidēji bija 0,15 mg/kg un maksimāli 2,87 mg/kg. Tās atliekvielas, kas paraugos konstatētas visbiežāk, arī veidoja vislielāko daudzumu augsnē. Glifosāta un AMPA maksimālais atlieku daudzums bija attiecīgi 2,05 un 1,92 mg/kg. Boskalīds noteikts vidēji 0,04 mg/kg un maksimāli 0,41 mg/kg. DDE, epoksikonazola un tebukonazola vidējais daudzums bija 0,02 mg/kg, savukārt maksimālais daudzums bija robežās no 0,16-0,31 mg/kg, līdzīgi atliekvielu daudzumi bija arī vielām protiokonazols, azoksistrobīns, linurons, difenokonazols, hloropirifoss un penkonazols.

Galvenais augsnes paraugos noteiktais insekticīds bija DDT, par kura radīto augsnes piesārņojumu ir veikti daudz pētījumu. Maksimālais DDT daudzums augsnē, kas līdz šim ir noteikts, ir Rumānijā – 5,83 mg/kg (Ene et al., 2012), šajā pētījumā konstatētais maksimālais daudzums ir 0,31 mg/kg. Neonikotinoīdu grupas darbīgā viela imidakloprīds bija sastopams 7% augsnes paraugu, ar maksimālo atlieku līmeni 0,06 mg/kg.

Igaunijā laika periodā no 2005.-2014. gadam dažādu vietējo pētījumu ietvaros noteiktas AAL atliekvielas aramzemē³. Kopā analizēti 297 augsnes paraugi, kuros noteikts, ka biežāk sastopamās AAL darbīgās vielas ir trifluarīns, DDT, epoksikonazols, tebukonazols, glifosāts un metazahlori. Vienā no pētījumiem konstatēts, ka augsnes paraugos pa gadiem ir samazinājies herbicīdu atliekvielu daudzums, bet pieaudzis fungicīdu un insekticīdu īpatsvars. 2014. gadā herbicīdu atliekvielas 2,4-D un glifosāts atrastas arī bioloģiskās saimniecības laukos.

Latvijā trūkst datu par AAL atliekvielu sastopamību un izplatību vidē un, dati, kas šobrīd ir pieejami, tikai daļēji atspoguļo esošo situāciju. AAL ilgtspējīgu lietošanu, mazinot

² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718343420>

³ https://pmk.agri.ee/sites/default/files/uploads/sites/2/2017/01/2015_06_1_2_Pesticide-Residues-in-Estonian-Arable-Soils_ARC_Kadri-Allik.pdf

AAL lietošanas radīto risku un ietekmi uz cilvēku veselību un vidi, paredz 2020. gada 22. janvārī pieņemtais MK rīkojums Nr. 27 “Par Latvijas rīcības plānu augu aizsardzības līdzekļu ilgtspējīgai izmantošanai”.

Pētījuma uzdevumi:

1. Ievākt augu produktu, augsnes un ūdens paraugus un noteikt tajos esošo AAL atliekvielu sastāvu un daudzumu;
2. Analizēt iegūtos rezultātus saistībā ar augu aizsardzības sistēmu projektā iekļautajās pētījumu vietās.

1.1. Paraugu ievākšanas metodika

Pētījumā par AAL atliekvielu sastāva un daudzuma noteikšanu iekļauti **pieci kultūraugi – ziemas kvieši, vasaras rapsis, kartupeļi, ābeles un burkāni**. Katram kultūraugam paraugi vākti no divām saimniecībām, ābelēm no trīs saimniecībām. Kā viena no saimniecībām izvēlēta mācību pētījumu saimniecība vai zinātnisks institūts, kas demonstrē konkrētā kultūrauga audzēšanas labo praksi, otra – privāta, AAL lietojoša saimniecība, kas audzē izvēlēto kultūraugu komerciāliem nolūkiem (1.1. tabula). Ābelēm paraugi ņemti no zinātniska institūta un no divām privātajām saimniecībām, savukārt ar burkāniem saistītie paraugi ņemti tikai no divām privātajām saimniecībām, jo neviena mācību pētījumu saimniecība vai zinātnisks institūts burkānus lielās platībās neaudzē. Pētījumā iekļauto kultūraugu sējumā vai stādījumā ievākti augsnes, ūdens (ja tāds bija atrodams) un augu produkcijas paraugi. Paraugi ņemti katra konkrētā kultūrauga ražas laikā, sākot no augusta sākuma līdz septembra beigām (1.1. tabula).

1.1.tabula

Ievāktā augsnes paraugu veids un laiks

Saimniecība	Kultūraugs	Paraugu veids	Datums
LLU MPS “Pēterlauki”	Ziemas kvieši	Augsne, augu produkcija	04.08.2020.
Saimniecība Zemgalē	Ziemas kvieši	Augsne, ūdens, augu produkcija	18.08.2020.
LLU MPS “Pēterlauki”	Vasaras rapsis	Augsne, augu produkcija	07.09.2020.
Saimniecība Vidzemē	Vasaras rapsis	Augsne, ūdens, augu produkcija	22.09.2020.
AREI Priekuļu pētniecības centrs	Kartupeļi	Augsne, augu produkcija	03.09.2020.
Saimniecība Vidzemē	Kartupeļi	Augsne, ūdens, augu produkcija	22.09.2020.
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	Augsne, ūdens, augu produkcija	29.09.2020.
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	Augsne, ūdens, augu produkcija	29.09.2020.
Dārzkopības institūts	Ābeles	Augsne, ūdens, augu produkcija	16.09.2020.
Saimniecība Zemgalē	Ābeles	Augsne, ūdens, augu produkcija	11.09.2020.
Saimniecība Kurzemē	Ābeles	Augsne, ūdens, augu produkcija	16.09.2020.

Augsnes paraugi nosūtīšanai analīzēm ievākti, izmantojot augsnes zondi 30 mm diametrā, ņemot paraugus līdz 50 cm dziļumam. Vidējā parauga ievākšanai izdarīti 10 zondējumi, veicot tos pētāmajam laukam tipiskās vietās, subjektīvi sadalot analizējamo lauku rūtīs, kuru diagonāle ir vismaz 10 m. No katra zondējuma iegūts materiāls diviem paraugiem. Augsnes paraugi, kas nomināli aprakstīti ar augsnes dziļumu “0-20 cm” ir materiāls no zondējumā atklātās aramkārtas, kas, atkarībā no saimniecības, ir atšķirīgā biezumā. Paraugi, kas apzīmēti ar “20- 40 cm”, ņemti no zondējuma slāņa, kas atrodas zem aramkārtas un ir vismaz 20 cm biezumā. Vidējais paraugs veidots, izmantojot visu zondējumos iegūto augsni. Visi paraugi ievākti pirms augsnes apstrādes, izmantojot augsnes sakārtu, kas veidojusies visas veģetācijas sezonas laikā. Meteoroloģiskie apstākļi visās saimniecībās paraugu ievākšanas laikā: bez nokrišņiem. Izņēmums ir Dārzkopības institūts, kur paraugu ņemšanas noslēgumā

sāka līt (tika nodrošināta maksimāli iespējamā paraugu nesamitrināšanās). Saimniecībās, kur audzē burkānus un kartupeļus, augsne vāka vagu apakšpusē, kā rezultātā aramkārtā ir plānāka nekā planētai augsnei. Ābeļu stādījumos augsnes paraugi tika ievākti atsevišķi no apdobēm un no starprindu slejas, pieņemot, ka varētu būt atšķirības AAL atliekvielu izplatībai dažādās dārza vietās. Tāpat ņemts vērā arī reljefs, ja sējumā vai stādījumā bija izteikti zemākas un augstākas vietas, tad paraugi tika ņemti atsevišķi gan no ieplakas, gan paugura augšdaļas.

Saimniecības **buferjoslās augsnes paraugi** iegūti no vietas, kas katrā saimniecībā ir atšķirīga, atrodas blakus analizējamajai teritorijai vai ir nošķirta ar ceļu vai ūdenstilpni. Paraugi buferjoslā ņemti tikai no aramkārtas, izmantojot augsnes urbi ar kausu 20 cm garumā.

Ūdens paraugi iegūti analizējamai teritorijai tuvākajā atklātajā ūdenstilpnē.

Ievāktie augsnes paraugi līdz nosūtīšanai uzglabāti jaunos polietilēna iepakojumos, nodrošinot aerobu vidi un maksimāli saglabājot dabīgo sakārtu un mitrumu, istabas temperatūrā (+21 °C). Ūdens paraugi uzglabāti aizvērtā tarā, +3 °C temperatūrā. Augu produkcijas paraugi uzglabāti jaunos polietilēna vai papīra iepakojumos istabas temperatūrā (+21 °C).

AAL atliekvielu noteikšanai paraugi pēc to ievākšanas dažu dienu laikā, izmantojot eksprespastu, tika nosūtīti uz Water&Life Lab analītisko laboratoriju Itālijā. Water&Life Lab analītiskajā laboratorijā ar sertificētu metodi noteikts AAL atliekvielu sastāvs un daudzums, paraugi pārbaudīti uz vairāk nekā 600 AAL atliekvielām, ar zemāko analītiskās noteikšanas robežu 0,01 mg/kg.

Papildus AAL atliekvielām, ievāktajiem augsnes paraugiem LLU Augsnes un augu zinātņu Augsnes un agroķīmijas laboratorijā noteikti arī dažādi citi augsnes parametri. Augsnes tips noteikts, izmantojot pašreiz pieņemto Latvijas augšņu klasifikācijas sistēmu, pamatojoties uz materiālu, kas iegūts ar 1 m augsnes zondi. Granulometriskais sastāvs noteikts pēc FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ieteiktās metodikas. Augsnes pH_{KCl} noteikts potenciometriski nefiltrētā augsnes šķīdumā, izmantojot 10 g augsnes un 25 mL 1 M KCl. Šķīdums pirms analizēšanas sagatavots, izmantojot vertikāli rotējošu kratītāju.

Pētījumā iekļautās saimniecības tika aptaujātas par lietotajiem AAL šajā veģetācijas sezonā, kā arī par iepriekšējos gados veiktajiem augu aizsardzības pasākumiem un augu maiņu laukā, kur ņemti paraugi. Jāatzīmē, ka ne visi saimniecību pārstāvji piekrita izpaust šo informāciju, tādēļ atskaitē analizēta AAL atliekvielu klātbūtne paraugos saistībā ar veiktajiem smidzinājumiem tikai tajās saimniecībās, par kurām bija pieejami dati.

1.2. Rezultāti

Augu aizsardzības līdzekļu atliekvielas augsnes paraugos

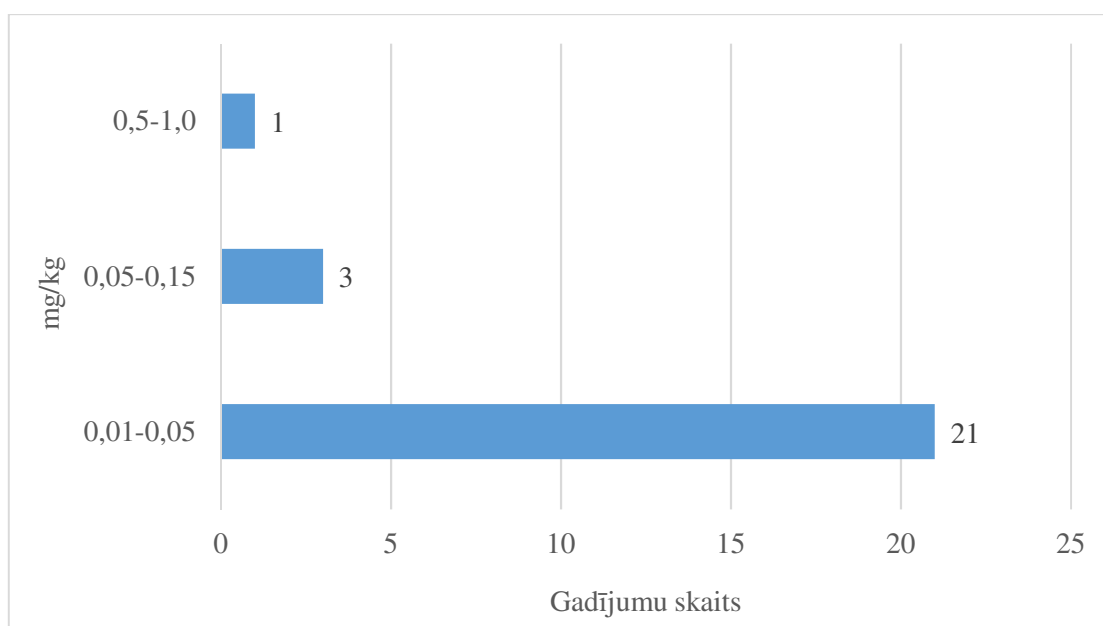
Pētījumā par AAL atliekvielu noteikšanu augsnē ievākti paraugi no ziemas kviešu (12), vasaras rapša (6), burkānu (6) sējumiem un kartupeļu (8) un ābeļu (19) stādījumiem, kopā analizēm nosūtot 51 paraugu (1.2. tabula). Augsnes paraugi no ziemas kviešu sējumiem ņemti no divām saimniecībām Zemgalē – LLU MPS “Pēterlauki” un privātas graudaugu saimniecības. Vasaras rapša sējumu augsne ievākta LLU MPS “Pēterlauki” un privātā saimniecībā Vidzemē. Kartupeļu augsnes paraugi ievākti no AREI Priekuļu pētniecības centra un privātas saimniecības Vidzemē stādījumiem, augsne no burkānu sējumiem – no divām privātām saimniecībām Vidzemē. Augsnes paraugi augļkopībā ievākti – Zemgalē no Dārzkopības institūta stādījumiem un privātas saimniecības, un Kurzemē no privātas ābeļu audzēšanas saimniecības.

1.2.tabula

Ievākto augsnes paraugu skaits

Saimniecība	Kultūraugs	Augsnes paraugi
LLU MPS “Pēterlauki”	Ziemas kvieši	9
Saimniecība Zemgalē	Ziemas kvieši	3
LLU MPS “Pēterlauki”	Vasaras rapsis	3
Saimniecība Vidzemē	Vasaras rapsis	3
AREI Priekuļu pētniecības centrs	Kartupeļi	5
Saimniecība Vidzemē	Kartupeļi	3
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	3
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	3
Dārzkopības institūts	Ābeles	5
Saimniecība Zemgalē	Ābeles	5
Saimniecība Kurzemē	Ābeles	9

No 51 analizētā parauga AAL atliekvielas atrastas 12 augsnes paraugos – piecos paraugos no ziemas kviešu sējumiem, vienā no vasaras rapša sējuma, divos no kartupeļu stādījumiem, divos no burkānu sējumiem un divos no teritorijas blakus kartupeļu un ābeļu stādījumiem. Paraugos atrastas 12 dažādas atliekvielas, no kurām septiņas atrodamas LR reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā, savukārt piecas vielas vairs nav atļautas lietošanai kā augu aizsardzības līdzekļi. Visbiežāk konstatēts boskalīds – piecos paraugos no 12, DDT un tā savienojums 4,4'-DDE, epoksikonazols un pendimetalīns – trīs paraugos, fluksapiroksāds atrasts divos paraugos, pārējās vielas noteiktas vienu reizi (1.2. attēls).



1.2. attēls. AAL atliekvielu daudzums augsnes paraugos.

Vielas noteiktas mazos daudzumos 0,01-0,05 mg/kg 21 gadījumā, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai robežai, 0,05-0,15 mg/kg robežās vielas bija trīs gadījumos un tikai vienā paraugā viela bija robežās no 0,5-1 mg/kg. Vislielākie atliekvielu daudzumi augsnē bija herbicīdu darbīgajai vielai dikamba.

Atskaitē sīkāk analizēti tikai tie paraugi, kuros konstatētas AAL atliekvielas, tabulās rezultāti par AAL atliekvielu sastāvu un daudzumu iekrāsoti zilā krāsā, ja noteiktā viela ir reģistrēta kultūraugam, no kura lauka paņemts augsnes paraugs, zaļā krāsā, ja viela reģistrēta citiem kultūraugiem, pelēkā, ja viela vairs nav AAL reģistrā.

1.3. tabulā apkopoti dati par augsnes paraugu ievākšanas vietu mikroreljefu, augsnes tipu, granulometrisku sastāvu, aramkārtas biezumu, aramkārtas pH_{KCl} un zem aramkārtas slāņa pH_{KCl}, kas nepieciešami, lai skaidrotu AAL atliekvielu uzkrāšanos dažādos kultūraugu sējumos un stādījumos.

1.3.tabula

Augsnes paraugu ievākšanas vietas raksturojošie rādītāji

Saimniecība	Kultūraugs	Reljefs	Augsnes tips	Granul. sastāvs	Aramk. Biezums, cm	Aramk. pH _{KCl}	Zem aramk. pH _{KCl}
LLU MPS “Pēterlauki”	Ziemas kvieši	līdzenums	Izskalatā velēnu karbonātaugsne	Smags putekļu māls	30	6,33	6,71
Saimniecība Zemgalē	Ziemas kvieši	līdzenums	Tipiskā velēnu karbonātaugsne	Viegls māls	34	6,98	7,25
LLU MPS “Pēterlauki”	Vasaras rapsis	līdzenums	Velēnu podzolaugsne	Vidējs māls	17	6,17	5,45
Saimniecība Vidzemē	Vasaras rapsis	līdzenums	Velēnu podzolaugsne	Putekļains smilšmāls	34	6,17	5,45
AREI Priekuļu pētniecības centrs	Kartupeļi	ieplaka	Velēnglejotā augsne	Putekļains smilšmāls	38	6,65	7,02
		paugura augšdaļa	Velēnu podzolaugsne	Putekļains smilšmāls	20	5,51	5,33
Saimniecība Vidzemē	Kartupeļi	līdzenums	Velēnu podzolaugsne	Putekļains smilšmāls	26	5,61	5,46
Saimniecība 1 Vidzemē	Burkāni	nogāze	Velēnu podzolaugsne	Viegls putekļu māls	15	5,25	5,01
Saimniecība 2 Vidzemē	Burkāni	līdzenums	Velēnu podzolaugsne	Ļoti smalka smiltis	10	7,31	6,60
Dārzkopības institūts	Ābeles	līdzenums	Izskalatā velēnu karbonātaugsne	Vidējs māls	27	6,60	7,27
Saimniecība Zemgalē	Ābeles	līdzenums	Izskalatā velēnu karbonātaugsne	Smags putekļu māls	23	6,04	6,29

Saimniecība Kurzemē	Ābeles	ieplaka	Velēnglejotā augšne	Putekļains smilšmāls	26	5,78	5,75
		paugura augšdaļa	Velēnu podzolaugsne	Putekļains smilšmāls	17	6,11	5,58

Augsnes paraugi no ziemas kviešu sējumiem LLU MPS “Pēterlauki”, Zemgale

MPS “Pēterlauki” augsnes paraugi ņemti no stacionāra lauka izmēģinājuma, kurā tiek salīdzināta minimāla augsnes apstrāde ar tradicionālo. Paraugi ievākti no sekojošiem izmēģinājuma variantiem: lobīšana, priekšaugš kvieši; aršana, priekšaugš kvieši; lobīšana, priekšaugš lauka pupas un aršana, priekšaugš lauka pupas. No katra varianta vidējais paraugs ievākts divos dziļumos, kā arī paņemts viens paraugs no izmēģinājuma buferjoslas lauka galā. No ievāktajiem deviņiem paraugiem AAL atliekvielas konstatētas piecos paraugos. AAL atliekvielas bija visos paraugos, kas ņemti 0-20 cm dziļumā, gan no tradicionālās augsnes apstrādes variantiem, gan minimālās. Tikai vienā paraugā no 20-40 cm dziļuma arī noteikta viena AAL aktīvā viela. Augsnes paraugos konstatētas septiņas dažādas AAL atliekvielas, no tām četras šobrīd esošas AAL reģistrā, bet trīs vielas – DDT un tā metabolīts 4,4'-DDE, kā arī HCH beta nav reģistrētas gadu desmitiem (1.4. tabula). Variantos, kur priekšaugš bija lauka pupas, gan artajā, gan lobītajā laukā augsnes paraugos noteikts pendimetalīns, kas ir herbicīda darbīgā viela, un boskalīds, ko satur vairāki fungicīdi. Ņemot vērā smidzinājumu vēstures datus, pendimetalīna klātbūtni augsnē var skaidrot ar herbicīda Stomp CS izmantošanu nezāļu ierobežošanai lauka pupu sējumos iepriekšējā gadā. Arī pussadalīšanās laiks DT50 pendimetalīnam ir salīdzinoši ilgs – 1000 dienas. Boskalīdu saturošie fungicīdi ir reģistrēti slimību ierobežošanai gan graudaugu, gan pupu sējumos. Pēc lauka vēstures datiem fungicīdi, kas satur boskalīdu, nav izmantoti, iespējams, ka tie ir lietoti vēl vairāk gadus iepriekš. Boskalīds tika atrasts mazākā daudzumā arī paraugā no 20-40 cm dziļuma. Variantos, kur tiek audzēti ziemas kvieši vairākus gadus pēc kārtas, gan artā, gan lobītā lauka virskārtā konstatētas fungicīdu darbīgās vielas – epoksikonazols un fluksapiroksāds. Abas vielas reģistrētas lietošanai graudaugu sējumos un pamatojamas ar fungicīda Opera N, kura viena no darbīgajām vielām ir epoksikonazols, smidzinājumiem 2019./2020. un 2018./2019. gada veģetācijas sezonā, kā arī ar fungicīda Adexar XE, kas satur gan epoksikonazolu, gan fluksapiroksādu, smidzinājumiem 2017./2018. gadā.

Vēsturiskās vielas DDT, tā metabolīts 4,4'-DDE, kā arī HCH beta, atrastas paraugos no ziemas kviešu sējuma augsnes, kur priekšaugš bija lauka pupas, gan artajā, gan lobītajā variantā. Šie varianti atrodas lauka stūrī, kur, iespējams, pirms vairākiem gadu desmitiem intensīvi izmantoti šīs vielas saturoši insekticīdi. Pēc VAAD datiem DDT izmantošana ir aizliegta 1967. gadā, savukārt viela HCH beta nav reģistrēta kopš 1996. gada, par to, vai šī viela ir bijusi reģistrēta agrāk, nav datu. MPS “Pēterlauki” konkrētos laukus apsaimniekošanā ir pārņēmusi 2001. gadā, tādēļ arī saimniecības rīcībā nav datu par šīs vielas saturošu līdzekļu lietošanas vēsturi. Par DDT pieejama informācija, ka pussadalīšanās laiks augsnē ir ļoti ilgs, pat līdz 30 gadiem, lai arī ir pagājuši jau 53 gadi kopš vielas aizliegšanas, tātad joprojām nelielos daudzumos aktīvā viela un tās metabolīts ir atrodami augsnē. Jāņem vērā arī tas, ka MPS “Pēterlauku” augsne pēc granulometriskā sastāva ir smags putekļu māls (1.3. tabula), kurā AAL atliekvielām ir lielāka iespēja absorbēties augsnes daļiņās un uzkrāties augsnē.

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums LLU MPS “Pēterlauki” ziemas kviešu sējuma augsnē

Darbīgā viela	AAL veids	Priekšaugš, parauga ņemšanas dziļums	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
boskalīds	F	pupas, arts, 0-20 cm	0,028	Karboksamīdi	aktīva	254
pendimetalīns	H	pupas, arts, 0-20 cm	0,016	Diniteoanilīni	aktīva	1000.6
DDT	I	pupas, arts, 0-20 cm	0,032	Organohlorīni	1967	4-30 gadi
4,4'-DDE	I	pupas, arts, 0-20 cm	0,034	Organohlorīni	1967	500
boskalīds	F	pupas, lobīts, 0-20 cm	0,039	Karboksamīdi	aktīva	254
pendimetalīns	H	pupas, lobīts, 0-20 cm	0,044	Diniteoanilīni	aktīva	1000.6
DDT	I	pupas, lobīts, 0-20 cm	0,046	Organohlorīni	1967	4-30 gadi
4,4'-DDE	I	pupas, lobīts, 0-20 cm	0,048	Organohlorīni	1967	500
HCH beta	I	pupas, lobīts, 0-20 cm	0,09	Organohlorīni	n.d.	-
boskalīds	F	pupas, lobīts, 20-40 cm	0,016	Karboksamīdi	aktīva	254
epoksikonazols	F	kvieši, arts, 0-20 cm	0,013	Triazoli	aktīva	97.7
fluksapiroksāds	F	kvieši, arts, 0-20 cm	0,014	Pirazoli	aktīva	181.5
epoksikonazols	F	kvieši, lobīts, 0-20 cm	0,029	Triazoli	aktīva	97.7
fluksapiroksāds	F	kvieši, lobīts, 0-20 cm	0,034	Pirazoli	aktīva	181.5

Augsnes paraugi no vasaras rapša sējumiem LLU MPS “Pēterlauki”, Zemgale

Augsnes paraugi pētījuma ietvaros paņemti arī no LLU MPS “Pēterlauki” vasaras rapša sējumu lauka. Paraugā konstatēta viena fungicīdu aktīvā viela – epoksikonazols, mazā koncentrācijā – 0,011 mg/kg, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai noteikšanas robežai (1.5. tabula). Epoksikonazols nav reģistrēts lietošanai rapša sējumos, tādēļ, visticamāk, tas ir saglabājies augsnē no smidzinājumiem, kas veikti iepriekšējos gados, audzējot šajā laukā graudaugus.

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums LLU MPS “Pēterlauki” vasaras rapša sējuma augsnē

Darbīgā viela	AAL veids	Parauga ņemšanas dziļums	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
epoksikonazols	F	0-20 cm	0,013	Triazoli	aktīva	97.7

Augsnes paraugi no kartupeļu stādījumiem saimniecībā Vidzemē

No kartupeļu stādījuma Vidzemē paņemti trīs paraugi, no kuriem divos tika atrastas četras dažādas AAL atliekvielas (1.6. tabula). Paraugā no augsnes virskārtas konstatēts dimetomorfis, kas ir aktīvā viela fungicīdos, kurus izmanto kartupeļu lakstu puves un kartupeļu lapu sausplankumainības ierobežošanai. Ņemot vērā saimniecībā veiktos smidzinājumu datus (1.13. tabula), dimetomorfu saturoši fungicīdi izmantoti trīs reizes 2020. gada veģetācijas sezonā. Pārējās trīs vielas - DDT, tā metabolīts 4,4'-DDE un tiametoksams, vairs nav reģistrētas izmantošanai augu aizsardzībā. Arī šajā saimniecībā nav pieejama precīza informācija par DDT izmantošanu, bet ir zināms no mutiskas informācijas, ka Padomju laikos DDT saturoši insekticīdi šajās teritorijās ir lietoti, izsmidzinot tos no gaisa ar lauksaimniecībā izmantojamiem lidaparātiem. Ņemot vērā augsnes rādītājus, (1.3. tabula) kartupeļu stādījumā ir samērā skāba

augsnē pH 5,46-5,61. Zināms, ka skābās augsnēs ir traucēts nitrifikācijas process, līdz ar to paslīkstinās mikroorganismu darbība, tas iespējams arī var kavēt pilnīgu DDT un tā metabolīta sadalīšanos. Insekticīdu darbīgā viela tiametoksams lietošanai uz lauka ir aizliegta salīdzinoši nesen – 2018. gadā. Augsnē atliekvielas klātbūtni varētu skaidrot ar tiametoskamu saturošas kartupeļu kodnes Cruiser OSR izmantošanu 2012. un 2013. gadā.

1.6. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums kartupeļu stādījuma augsnē Vidzemē

Darbīgā viela	AAL veids	Parauga ņemšanas dziļums	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
dimetomorfs	F	0-20 cm	0,015	Morfolīni	aktīva	44
DDT	I	0-20 cm	0,016	Organohlorīni	1967	4-30 gadi
4,4'-DDE	I	0-20 cm	0,016	Organohlorīni	1967	500
tiametoksams	I	20-40 cm	0,019	Neonikotinoīdi	2018	39

Augsnes paraugi no kartupeļu stādījumiem AREI Priekuļu pētniecības centrs Vidzemē

No AREI Priekuļu pētniecības centra kartupeļu stādījuma paņemti pieci augšes paraugi, četri no paša kartupeļu stādījuma, nelīdzenā mikroreljefa dēļ paraugi ņemti gan no ieplakas, gan paugura augšdaļas. Buferjoslas paraugs paņemts no kartupeļu stādījumam blakus esošās pļavas paugura augšdaļā, kartupeļu stādījumu no pļavas atdalīja tehnoloģiskā sliede. Augšes paraugos no paša kartupeļu stādījuma AAL atliekvielas netika atrastas, bet viena viela – imidokloprīds, noteikta paraugā no buferjoslas (1.7. tabula). Imidokloprīds ir insekticīdu darbīgā viela, kas tika izņemta no LR AAL reģistra 2018. gadā, ES viela joprojām nav anulēta. Imidokloprīdu saturoši preparāti kartupeļu stādījumos izmantoti kā kodne sēklas materiāla kodināšanai. Pēc AREI Priekuļu pētniecības centra datiem pēdējos gados kartupeļu kodināšanai tiek izmantota kodne Maxim 025 FS, kuras darbīgā viela ir fludioksonils.

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums AREI Priekuļu pētniecības centra kartupeļu stādījuma augsnē

Darbīgā viela	AAL veids	Parauga ņemšanas vieta	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
imidokloprīds	I	Plāva blakus stādījumam	0,011	Neonikotinoīdi	2018	174

Augsnes paraugi no burkānu sējumiem divās saimniecībās Vidzemē

Augsnes paraugi no burkānu sējumiem ņemti divās saimniecībās Vidzemē – no virskārtas 0-20 cm dziļumā, no 20-40 cm dziļuma, kā arī no buferjoslas. Abās saimniecībās AAL atliekvielas tika atrastas paraugos no burkānu sējuma augsnes virskārtas. Katrā paraugā noteiktas divas AAL atliekvielas, vienā saimniecībā – boskalīds un pendimetalīns, otrā saimniecībā – azoksistrobīns un boskalīds (1.8. tabula). Visas identificētās vielas ir reģistrētas lietošanai burkānu sējumos. Boskalīdu saturošie fungicīdi tiek izmantoti čemurziežu melnās puves un baltās puves ierobežošanai, savukārt azoksistrobīnu saturošie preparāti – smidzinājumiem pret burkānu lapu sausplankumainību, čemurziežu īsto miltrasu un burkānu lapu brūnplankumainību. Herbicīdi ar aktīvo vielu pendimetalīns ir reģistrēti īsmūža viendīgļlapju un divdīgļlapju nezāļu ierobežošanai pirms kultūrauga dīgšanas. Nevienam no burkānu sējumiem nav pieejama informācija par veiktajiem smidzinājumiem, tādēļ nevar precīzi pateikt, kuri preparāti ir izmantoti un no kuriem atliekvielas ir nonākušas augsnē. Jāatzīmē, ka vienā no saimniecībām, kuras augsnes paraugā tika noteikts azoksistrobīns un boskalīds, šīs pašas vielas nelielās devās noteiktas augu produkcijas paraugā. Savukārt otras saimniecības paraugā esošais boskalīds un pendimetalīns noteikts arī meliorācijas kontrolakas ūdenī, bet augu produkcijā šīs vielas netika konstatētas. Ņemot vērā augsnes īpatnības, iespējams, ka vienā no saimniecībām, kur granulometriskais sastāvs ir viegls putekļu mālš, AAL atliekvielas no augsnes peļķē nonākušas ar virszemes ūdeni pēc nokrišņiem, savukārt otrā saimniecībā, kur ir ļoti smalka smiltis un sorbcijas procesi nav tik izteikti, AAL atliekvielas vairāk izskalojas, nonākot meliorācijas ūdeņos, un līdz ar to arī meliorācijas kontrolakās.

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums burkānu sējumu augsnē Vidzemē

Darbīgā viela	AAL veids	Saimniecība, parauga ņemšanas dziļums	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
boskalīds	F	Saimniecība 1, 0-20 cm	0,07	Karboksamīdi	aktīva	254
pendimetalīns	H	Saimniecība 1, 0-20 cm	0,02	Diniteoanilīni	aktīva	100.6
azoksistrobīns	F	Saimniecība 2, 0-20 cm	0,07	Strobilurīni	aktīva	180.7
boskalīds	F	Saimniecība 2, 0-20 cm	0,027	Karboksamīdi	aktīva	254

Augsnes paraugi no ābeļu stādījuma saimniecībā Kurzemē

Kopā no ābeļu stādījuma Kurzemē tika paņemti deviņi augsnes paraugi – astoņi no pašā dārza un viens no buferjoslas, kas šajā gadījumā bija neliela plāva blakus ābeļu stādījumam, tās pašas saimniecības teritorijā. Vienīgais paraugs, kur tika konstatēta AAL atliekviela, bija tieši no šīs buferjoslas (1.9. tabula). Dikamba ir herbicīdu aktīvā viela, kas tiek izmantoti

īsmūža un daudzgadīgo nezāļu ierobežošanai graudaugu un kukurūzas sējumos, kā arī zālajos, ganībās un papuvēs.

1.9. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums ābeļu stādījuma augsnē Kurzemē

Darbīgā viela	AAL veids	Parauga ņemšanas vieta	Atliekviela, mg/kg	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 augsnē, dienas
dikamba	H	Pļava blakus dārzam	0,79	Benzoskābe	aktīva	3.9

Vara saturs augsnē no ābeļu stādījumiem

Papildus AAL atliekvielām augsnes paraugos no ābeļu stādījumiem tika noteikts arī vara saturs. Pēdējos gados vara izmantošana augu aizsardzībā tiek samazināta, jo atklāts, ka varš kā smagais metāls ir toksisks dažādām augsnes mikroorganismu grupām, lielās devās tas var ietekmēt arī slieku populāciju. Tāpat šis elements var izraisīt fitotoksisku efektu pašiem augiem. Varu saturošos fungicīdus izmanto dažādiem kultūraugiem sēņu un baktēriju izraisīto slimību ierobežošanai. Ābeļu kraupis un augļu koku vēzis ir slimības, kam smidzinājumi ābeļu dārzos ar vara preparātiem veikti katru gadu, izmantojot lielas devas, pārsniedzot pat 10 kg/ha vienā reizē.

1.10. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums ābeļu stādījuma augsnē Kurzemē

Saimniecība	Parauga ņemšanas vieta	Dziļums, cm	Varš, mg/kg
Saimniecība Zemgalē	Apdobe	0-20	10,2
		20-40	8,8
	Rindstarpa	0-20	11,1
		20-40	6,9
Dārzkopības institūts	Apdobe	0-20	12,4
		20-40	6,2
	Rindstarpa	0-20	14
		20-40	7,1
Saimniecība Kurzemē	Apdobe	0-20	10,1
		20-40	7,5
	Rindstarpa	0-20	6,6
		20-40	4,9

Šobrīd vara lietošana Eiropas valstīs tiek ierobežota, vairumā valstu, arī Latvijā, noteikts, ka gada laikā varu elementa formā drīkst izlietot 6 kg/ha gan integrētajā, gan bioloģiskajā audzēšanā, bet ir valstis, kas varu kā augu aizsardzības līdzekli vispār aizliegušas, piemēram, Nīderlande un dažas Skandināvijas valstis⁴. ES nav noteikts kritiskais sliekšnis vara saturam augsnē, jo elementa saturs ir mainīgs atkarībā no augsnes īpašībām. Atsevišķās vadlīnijās par augsnes piesārņojumu un zinātniskajās publikācijās minēts, ka vara saturam, lai nebūtu ekoloģiskais piesārņojums un apdraudējums cilvēku veselībai, nevajadzētu pārsniegt 100 mg/kg. Kā optimālais vara daudzuma intervāls lauksaimniecības zemēs minēts 5-30 mg/kg, pie kura nebūtu elementa trūkuma pazīmju uz kultūraugiem un riska fitotoksiskumam⁵.

⁴ <https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/expertise-cuivre-en-ab-8-pages-anglais-1.pdf>

⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718314451>

Pētījumā ievāktajos augsnes paraugos no ābeļu stādījumiem noteikts, ka vara saturs atbilst optimālajām normām vai dažos gadījumos ir pat par zemu (1.10.tabula). Augstākais vara saturs augsnē konstatēts Dārzkopības institūta paraugos – 6,2-14 mg/kg. Saimniecībā Zemgalē varš bija 6,9-11,1 mg/kg, savukārt zemākais elementa daudzums novērots augsnes paraugos no saimniecības Kurzemē – 4,9-10,1 mg/kg. Salīdzinot vara saturu paraugos, kas ņemti dažādos dziļumos, var secināt, ka vairumā gadījumu tas ir augstāks augsnes virskārtā – 0-20 cm dziļumā (1.10. tabula).

Augu aizsardzības līdzekļu atliekvielas ūdens paraugos

Pētījumā AAL atliekvielu noteikšanai sējumiem un stādījumiem tuvumā esošā virszemes ūdenī, ievākti astoņi ūdens paraugi no dažādām ūdens tilpnēm. Ūdens tilpnes izvēlētas pēc iespējas tuvāk konkrētā kultūrauga sējumiem vai stādījumiem, no kuriem ņemti arī augsnes un augu produkcijas paraugi. No 11 pētījumā iekļautajām paraugu ņemšanas vietām ūdens paraugus bija iespējams iegūt astoņās vietās (1.11.tabula). Trīs lauku tuvumā ūdens tilpnes nebija atrodamas.

1.11.tabula

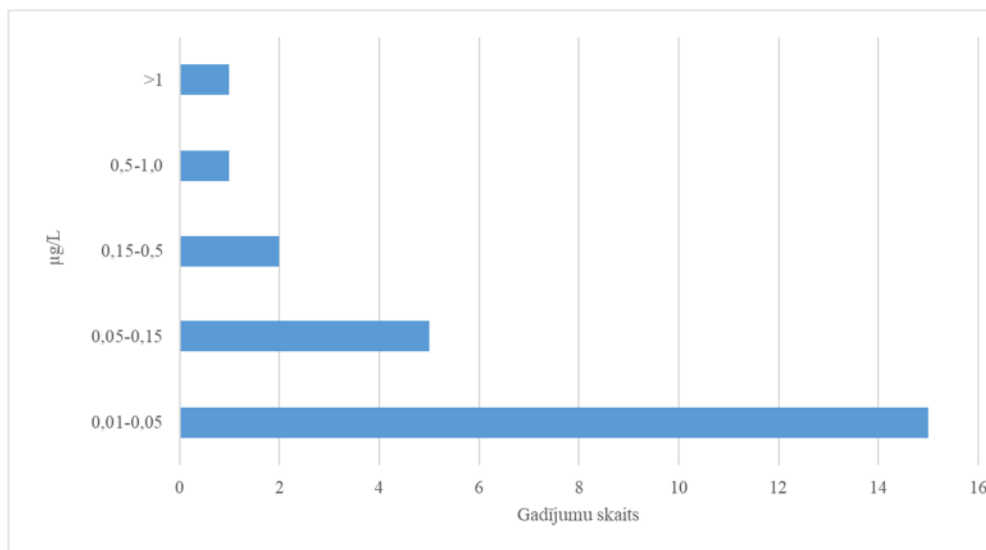
Ievākto ūdens paraugu izcelsme

Saimniecība	Kultūraugs	Ūdens tilpne
LLU MPS “Pēterlauki”	Ziemas kvieši	-
Saimniecība Zemgalē	Ziemas kvieši	Novadgrāvis
LLU MPS “Pēterlauki”	Vasaras rapsis	-
Saimniecība Vidzemē	Vasaras rapsis	Dīķis
AREI Priekuļu pētniecības centrs	Kartupeļi	-
Saimniecība Vidzemē	Kartupeļi	Dīķis - ūdens ņemšanas vieta
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	Peļķe ieplakā
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	Meliorācijas kontrolaka
Dārzkopības institūts	Ābeles	Dīķis
Saimniecība Zemgalē	Ābeles	Dīķis
Saimniecība Kurzemē	Ābeles	Dīķis

No astoņiem analizētajiem paraugiem AAL atliekvielas atrastas piecos ūdens paraugos, divos – no novadgrāvja pie ziemas kviešu sējumiem Zemgalē un dīķa pie vasaras rapša sējumiem Vidzemē, atliekvielas netika konstatētas, savukārt viena parauga kvalitāte no peļķes neatbilda testēšanas prasībām, lai iegūtu ticamus rezultātus. Paraugos atrastas 19 dažādas atliekvielas, no kurām lielākā daļa – 12 atrodamas LR reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā, savukārt septiņas vielas vairs nav atļautas lietošanai kā augu aizsardzības līdzekļi vai arī ir ar citu pielietojumu. Visbiežāk konstatēts boskalīds un fluopirams – trīs paraugos no pieciem, pārējās vielas atrastas vienu reizi. Vielas noteiktas mazos daudzumos 15 gadījumos – 0,01-0,05 µg/L, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai robežai, 0,05-0,15 µg/L robežās bija piecas, 0,15-0,5 µg/L – divas vielas. Tikai vienas vielas daudzums bija robežās no 0,5-1

µg/L un viena pārsniedza 1 µg/L atzīmi (1.3. attēls). Vislielākie atliekvielu daudzumi ūdenī bija fungicīdu darbīgajai vielai fluopirams un herbicīdu darbīgajai vielai metribuzīns.

Atskaitē sīkāk analizēti tikai tie paraugi, kuros konstatētas AAL atliekvielas, tabulās rezultāti par AAL atliekvielu sastāvu un daudzumu iekrāsoti zilā krāsā, ja noteiktā viela ir reģistrēta kultūraugam, kas atrodas blakus ūdens tilpnei, zaļā krāsā, ja viela reģistrēta citiem kultūraugiem, pelēkā, ja viela vairs nav AAL reģistrā.



1.3. attēls. AAL atliekvielu daudzums ūdens paraugos.

Dīķis blakus kartupeļu stādījumiem Vidzemē

Ūdens paraugi ir ņemti no dīķa, kas atrodas blakus kartupeļu laukam (1.4. attēls), kas speciāli izveidots kā ūdens ņemšanas vieta smidzinātāja uzpildīšanai. Veicot meliorācijas sistēmas un izvietojuma augstuma analīzi, ir secināts, ka dīķī virsūdens un drenāžas sistēmas ūdens var nonākt tikai un vienīgi no kartupeļu laukiem. Ūdens paraugā no dīķa atrastas astoņas dažādas atliekvielas, no tām dimetomorfs, fluopikolīds, fluopirams, metalaksils-M un tiakloprīds ir reģistrētas lietošanai kartupeļu stādījumos, savukārt metazahlors, protiokonazols un tebukonazols atļauts citiem kultūraugiem (1.12. tabula). Ņemot vērā, ka saimniecībā ievēro augu maiņu un audzē arī rapsi un graudaugus, tad, izmantojot smidzināšanai to pašu smidzinātāju, citu darbīgu vielu klātbūtni varētu skaidrot ar to, ka, ņemot ūdeni smidzināšanai no dīķa, notiek darbīgo vielu noplūde no smidzinātāja. Piemēram, vasaras rapsim 2020. gadā veikts smidzinājums ar fungicīdu Folicur, kas satur tebukonazolu un insekticīdu Proteus OD, kura darbīgā viela ir tiakloprīds.

1.12. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums dīķa ūdenī

Darbīgā viela	AAL veids	Atliekviela, µg/L	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	Pussadalīšanās laiks ūdenī, dienas
dimetomorfs	F	0,01	Morfolīni	aktīva	10
fluopikolīds	F	0,02	Benzamīdi	aktīva	91,4
fluopirams	F	3,60	Benzamīdi, Piramīdi	aktīva	20,5
metalaksils-M	F	0,02	Fenilamīni	aktīva	24,8
tiakloprīds	I	0,01	Neonikotinoīdi	aktīva	1000
metazahlors	H	0,11	Hloracetamīdi	aktīva	216

protiokonazols	F	0,22	Triazolintioni	aktīva	n.d.
tebukonazols	F	0,04	Triazoli	aktīva	42,6

Smidzinājumi kartupeļu stādījumos 2020. gadā izskaidro darbīgo vielu dimetomorfa un metalaksils-M nokļūšanu ūdenī (1.13. tabula). Tāpat teorētiski iespējams, ka vielas nonākušas ūdenī no iepriekšējos gados veiktajiem smidzinājumiem kultūraugiem, kas auga laukos, kur šogad kartupeļi. Piemēram, 2019. gadā šajos laukos auga vasaras rapsis, kam smidzināts herbicīds Sultan Super, darbīgā vielas metazahloris un kvinmeraks, ņemto vērā, ka metazahlorā pussadalīšanās laiks ūdenī ir 216 dienas, tas varētu būt ticami, ka atliekvielas vēl ir saglabājušās. Savukārt fungicīds Infinito, kas satur propamokarbu un fluopikolīdu, smidzināts kartupeļu laukos blakus ūdens krātuvei 2016. gadā, tik ilgi teorētiski atliekvielām nevajadzētu būt, jo fluopikolīda pussadalīšanās laiks ir apmēram 90 dienas. Pieejamie dati par smidzinājumiem kartupeļos un vasaras rapsī nesniedz skaidrojumu fluopirama un protiokonazola nokļūšanai ūdenī, veidojot augstāko koncentrāciju ūdenī, salīdzinot ar pārējām atliekvielām. Lai noskaidrotu, kuras vielas ūdenī saglabājas no iepriekšējiem gadiem, vajadzētu veikt ūdens analīzes arī pavasarī pirms aktīvās lauksaimniecības sezonas.



1.4. attēls. Ūdens parauga ņemšanas vieta un apkārtējā teritorija.

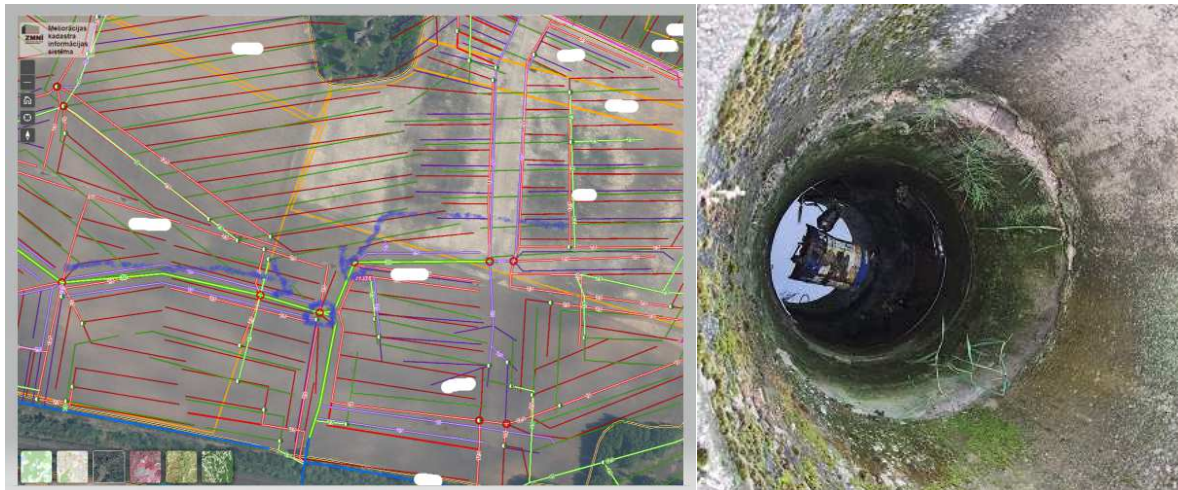
1.13. tabula

Kartupeļu stādījumā izmantotie AAL 2020. gada veģetācijas sezonā

Smidzinājumi kartupeļu saimniecībā Vidzemes novadā					
Datums	Preparāts	Darbīgā viela	AAL veids	Deva, kg/L ha ⁻¹	Nogaidīšanas laiks, dienās
13.05.	Maxim 025 FS	fludioksonils	K	0,20	-
20.06.	Titus 25 d.g	rimsulfurons	H	0,05	-
27.06.	Acrobat Plus	dimetomorfs , mankocebs	F	2,0	7
06.07.	Acrobat Plus	dimetomorfs , mankocebs	F	2,0	7
15.07.	Ridomil Gold MZ 68 WG	mankocebs, metalaksils-M	F	2,5	7
25.07.	Ridomil Gold MZ68 WG	mankocebs, metalaksils-M	F	2,5	7
04.08.	Banjo Forte	fluazinams, dimetomorfs	F	1,0	7
14.08.	Rannman Top	ciazofamīds	F	0,5	7
20.08.	Reglone Super	dīkvāts	D	2,0	14

Meliorācijas kontrolaka blakus burkānu sējumiem Vidzemē

Ūdens paraugi ņemti no drenu akas, kas atrodas uz burkānu lauka (1.5. attēls). Veicot meliorācijas sistēmas analīzi, ir secināts, ka akā ieplūst drenāžas sistēmas ūdens arī no blakus laukiem, kur audzē: kartupeļus, sīpolus, burkānus. Tas izskaidro arī citiem kultūraugiem reģistrētu darbīgo vielu klātbūtni ūdens paraugu analīžu rezultātos.



1.5. attēls. Meliorācijas kontrolaka un tās atrašanās vieta.

Ūdens paraugā no kontrolakas atrastas 10 dažādas atliekvielas, no tām četras – boskalīds, klomazons, metribuzīns un pendimetālīns reģistrētas lietošanai burkānu sējumos un viena viela – metalaksils-M, kas reģistrēta citiem kultūraugiem, piemēram, kartupeļiem, sīpoliem, kas tiek audzēti laukos netālu no ūdens parauga ņemšanas vietas (1.14. tabula). Paraugā konstatētas arī četras vielas – tolilfluānīds, tā metabolīts dmetilaminosulfotoluidīds, procimidons un hloridazons, kas vairs nav reģistrētas Latvijā kā AAL un viela DEET, kas nekad nav bijusi AAL sastāvā. Iepazīstoties ar informāciju par šo vielu, redzams, ka tā ir aktīvā viela dažādu kukaiņu atbaidītāju sastāvā, piemēram, pretodu līdzekļos. DEET pilnais nosaukums ir dietiltoluamīds, vielai raksturīgas repelentas īpašības. Herbicīdu darbīgās vielas hloridazons un procimidons paraugā noteiktas ļoti zemā koncentrācijā. Hloridazons Latvijā anulēts 2015. gadā, procimidons vēl agrāk – 2008. gadā. Aizliegto vielu klātbūtni pagaidām ir grūti skaidrot, jo to sadalīšanās laiks ir salīdzinoši īss, tajā pašā laikā nav pamata uzskatīt, ka audzētāji joprojām izmanto šīs vielas, ja viņiem šobrīd ir pieejamas reģistrētas, legālas alternatīvas. Pēc VAAD datiem hloridazons ir bijis herbicīdu sastāvā, kuri lietoti cukurbiešu audzēšanā.

1.14. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums kontrolakas ūdenī

Darbīgā viela	AAL veids	Atliekviela, µg/L	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	Pussadalīšanās laiks ūdenī, dienas
boskalīds	F	0,10	Karboksamīdi	aktīva	5
metribuzīns	H	0,79	Triazinoni	aktīva	41
pendimetālīns	H	0,21	Dinitroanilīns	aktīva	4
klomazons	H	0,13	Izoksazolidinoni	aktīva	n.d.
metalaksils-M	F	0,02	Fenilamīdi	aktīva	24,8
hloridazons	H	0,01	Piridazinoni	2015	51,5
DEET	-	0,04	-	-	n.d.

dmetilaminosulfotoluidīds	M*	0,07	Sulfamīdi	2010	14
procimidons	H	0,02	Dikarboksīmīdi	2008	0,8
tolilfluanīds	F	0,11	Sulfamīdi	2010	14

*metabolīts

Tāpat kā ūdens paraugā no peļķes, arī šajā paraugā konstatēts tolilfluanīds un tā metabolīts dmetilaminosulfotoluidīds, arī šajā gadījumā ir grūti izskaidrot, kādēļ šīs vielas joprojām ir atrodamas ūdenī, ja anulētas lietošanai 2010. gadā. Arī šī saimniecība nesniedza informāciju par AAL smidzinājumiem ne šajā veģetācijas sezonā, ne iepriekšējos gados.

Dīķis blakus ābeļu stādījumam Kurzemē

Ūdens paraugi ņemti no dīķa, kas atrodas blakus ābeļu stādījumam. Veicot meliorācijas sistēmas analīzi un augstumu analīzi, ir secināts, ka dīķī nonāk drenāžas sistēmas ūdens no vairākiem laukiem, kur audzē citus augļaugus un ziemas kviešus (1.6. attēls).

Paraugā atrastas tikai divas AAL darbīgās vielas – boskalīds un fluopirams, abas nelielā koncentrācijā – 0,02 µg/L (1.15. tabula). Neviena no vielām nav reģistrēta lietošanai ābelēs. Abu darbīgo vielu klātbūtne ūdenī var būt skaidrojama ar attiecīgās vielas saturošu fungicīdu lietošanu netālu no dīķa esošajos graudaugu sējumos.



1.6. attēls. Dīķa atrašanās vieta un tuvumā audzētie kultūraugi.

1.15. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums dīķa ūdenī

Darbīgā viela	AAL veids	Atliekviela, µg/L	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	DT50 ūdenī, dienas
boskalīds	F	0,02	Karboksamīdi	aktīva	5
fluopirams	F	0,02	Benzamīdi, Piramīdi	aktīva	20,5

Dīķis blakus ābeļu stādījumam Dārzkopības institūtā, Zemgalē

Ūdens paraugi Dārzkopības institūtā ņemti no dīķa, kas atrodas netālu no ābeļu stādījumiem (1.7. attēls). Veicot meliorācijas sistēmas analīzi un augstumu analīzi, ir secināts, ka drenāžas ūdeņi nenonāk dīķī, arī virszemes ūdeņu ieplūšana dīķī varētu būt minimāla, jo

dīķis atrodas reljefa paaugstinājumā. Ūdenī nelielā koncentrācijā atrastas divas vielas – hlorpirifoss un permetrīns, abas augu aizsardzībā aizliegtas kopš 1996. gada. Savukārt tirdzniecībā joprojām ir pieejami permetrīnu saturoši līdzekļi, kas lietojami sadzīvē un sabiedriskās vietās dažādu kukaiņu – odu, tarakānu, skudru u.c. ierobežošanai, iespējams, ka pavisam nelielos daudzumos ūdenī šī viela varēja nokļūt arī no šādiem līdzekļiem. Hlorpirifoss ES tika anulēts tikai 2020. gadā, atrodama informācija, ka šī ir viena no AAL atliekvielām, kas visbiežāk sastopama ES pārtikā un visbiežāk pārsniedz maksimāli pieļaujamo atlieku daudzumu. Hlorpirifoss ir organofosfātu grupas insekticīds, viens no zināmākajiem preparātiem ir “Dursban”, agrāk plaši lietots insekticīds mājās un dārzos. Grūti izskaidrot hlorpirifosa klātbūtni dīķa ūdenī, jo zināms, ka Dārzkopības institūtā smidzinājumi tiek veikti atbildīgi, ievērojot integrētās augu aizsardzības principus un izmantojot tikai reģistrētus preparātus. Ņemot vērā pieejamo informāciju par vielas sadalīšanās laikiem augsnē un ūdenī, nevajadzētu būt, ka viela būtu saglabājusies 24 gadus.



1.7. attēls. Dīķa atrašanās vieta un drenāžas sistēma DI stādījumos.

1.16. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums DI dīķa ūdenī

Darbīgā viela	AAL veids	Atliekviela, $\mu\text{g/L}$	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	Pussadalīšanās laiks ūdenī, dienas
hlorpirifoss	I	0,03	Organofosfāti	1996	5
permetrīns	I	0,02	Piretroīdi	1996	23

Dīķis blakus ābeļu stādījumam, Zemgalē

Ūdens paraugi saimniecībā ņemti no dīķa blakus ābeļu stādījumiem (1.8. attēls). Pēc meliorācijas kartes datiem, drenāžas ūdens no apkārtējiem laukiem dīķī neieplūst. Pēc saimnieka sniegtās informācijas uzzinājām, ka drenas caurules ir ieraktas gar ceļu, kas iet pa dārza teritoriju paralēli lielajam ceļam, lai novadītu lieko ūdeni uz dīķi. Ūdens paraugā tika atrastas divas AAL atliekvielas – boskalīds un fluopirams, neviena no tām nav reģistrēta lietošanai ābeļu stādījumos (1.17. tabula). Ņemot vērā, ka ābeļu stādījumu tuvumā atrodas graudaugu sējumi, apmēram 15 m attālumā no dārza malas, iespējams, ka vielas ūdenī

nokļuvošas no smidzinājumiem ar nonesi vai arī drenāžas ūdeni, kas tiek novadīts uz dīķi no dārza ceļa, kas atrodas vēl tuvāk labības laukiem. Abas vielas dīķa ūdenī konstatētas zemā koncentrācijā – 0,04 un 0,01 µg/L.

1.17. tabula

AAL atliekvielu sastāvs un daudzums dīķa ūdenī

Darbīgā viela	AAL veids	Atliekviela, µg/L	Ķīmiskā grupa	Reģistrācija	Pussadalīšanās laiks ūdenī, dienas
boskalīds	F	0,04	Karboksamīdi	aktīva	5
fluopirams	F	0,01	Benzamīdi, Piramīdi	aktīva	20,5



1.8. attēls. Dīķis un tā atrašanās vieta ābeļu stādījumā Zemgalē.

Augu aizsardzības līdzekļu atliekvielas augu produkcijā

Latvijā katru gadu realizē divas AAL atlieku uzraudzības programmas pārtikas produktos – Latvijas nacionālo programmu un ES koordinēto AAL kontroles programmu. ES koordinēto programmu izstrādā Eiropas Komisija, pamatojoties uz Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (EFSA) izvērtējumu par aktuālajām AAL atliekām, iepriekšējo gadu pārbažu rezultātiem un citiem aspektiem⁶.

Nacionālo AAL atlieku kontroles programmu Latvijā izstrādā Zemkopības ministrija sadarbības ar VAAD un PVD, pamatojoties uz AAL atlieku kontroles rezultātiem iepriekšējos gados, lauksaimniecības kultūraugu ražošanas apjomu, augu aizsardzības līdzekļu lietojumu Latvijā un to risku patērētājiem. No 2020.-2022. gadam programmā paredzēta kartupeļu, burkānu, medus, krūmmelleņu, sīpolu, dzērveņu, ķiršu, smiltsērķšķu, galviņkāpostu, ziedkāpostu, rapšu, zemeņu, ābolu, kviešu, miežu un griķu pārbaude kopumā uz 149 pesticīdu atliekvielām ik gadu turpmāko trīs gadu laikā⁷. AAL atlieku līmeņa kontroli augu un dzīvnieku valsts izcelsmes produktos veic Pārtikas un veterinārais dienests sadarbībā ar Pārtikas drošības, dzīvnieku veselības un vides zinātnisko institūtu „BIOR”. Laika periodā no 2016.-2019. gadam katru gadu analizēti 29-37 augu izcelsmes un bišu produkti, tikai 2017. gadā konstatēts pārsniegts atliekvielas pirimifosa metils daudzums pelēkajos zirņos.

Pēdējā ES koordinētā programma AAL atliekvielu noteikšanai īstenota 2018. gadā, analizējot 12 dažādus ES tirgū esošos pārtikas produktus: baklažānus, banānus, brokoļus,

⁶ <https://www.zm.gov.lv/presei/latvija-audzeties-augli-un-darzeni-pilniba-atbilst-noteiktajam-prasibam?id=9963>

⁷ <https://www.zm.gov.lv/partika/statiskas-lapas/pesticidu-atliekas-partika?id=1048>

kultivētās sēnes, greipfrūtus, melones, papriku, galda vīnogas, kviešu graudus, neapstrādātu olīveļļu, vistu olas un liellopu taukus. ES dalībvalstīs, Islandē un Norvēģijā paņemtajos paraugos tika analizēti 177 pesticīdi. Programmas ziņojumā minēts, ka Latvija pētījumā piedalījies ar 368 paraugiem⁸, 132 paraugi no tiem bija vietējās izcelsmes produkcija. No Latvijas izcelsmes produkcijas analizētajiem paraugiem 115 paraugos netika konstatētas atliekvielas, 16 paraugos atliekvielu daudzums nepārsniedza maksimāli pieļaujamās atliekvielu līmeņus un vienā paraugā maksimālais atliekvielu līmenis tika pārsniegts.

Paralēli AAL atliekvielas savā izaudzētajā produkcijā pārbauda arī paši zemnieki, it īpaši tie, kas to eksportē, šajā gadījumā dati nav publiski pieejami. Šobrīd lielveikalos kļūst aizvien stingrākas kvalitātes kontroles prasības un pieprasīts tiek GLOBALG.A.P sertifikāts, kas apliecina, ka ražotājs izmanto ražošanas paņēmienus, kas samazina lauksaimniecības ietekmi uz vidi, samazina ķīmisko vielu izmantošanu un efektīvi izmanto dabas resursus, vienlaikus aizsargājot gan darba ņēmēju, gan lauksaimniecības dzīvniekus, ievērojot labturību. GLOBALG.A.P. ir starptautiski atzīts lauksaimniecības standartu kopums, kas apliecina labas lauksaimniecības prakses (GAP) izpildi sertificētajā uzņēmumā⁹. Viens no nosacījumiem sertifikācijā, ir augu produkcijas analīžu veikšana dažādu ķīmisko savienojumu noteikšanai, lai pats audzētājs būtu pārliecināts par savas produkcijas atbilstību standartiem.

LLU “Agrihorts” veiktajā pētījumā par AAL atliekvielu noteikšanai augu produkcijā ievākti paraugi no ziemas kviešiem (5), vasaras rapša (2), burkāniem (2), kartupeļiem (3) un āboliem (6), kopā analizēm nosūtot 18 paraugus. Ziemas kviešu paraugi ņemti no divām saimniecībām Zemgalē – LLU MPS “Pēterlauki” un privātas graudaugu saimniecības. Vasaras rapša paraugi ievākti LLU MPS “Pēterlauki” un privātā saimniecībā Vidzemē. Kartupeļu paraugi ievākti no AREI Priekuļu pētniecības centra un privātas saimniecības Vidzemē stādījumiem, burkāni – no divām privātām saimniecībām Vidzemē.

1.18. tabula

Ievāktu augu paraugu skaits

Saimniecība	Kultūraugs	Augu produkcijas paraugi
LLU MPS “Pēterlauki”	Ziemas kvieši	4
Saimniecība Zemgalē	Ziemas kvieši	1
LLU MPS “Pēterlauki”	Vasaras rapsis	1
Saimniecība Vidzemē	Vasaras rapsis	1
AREI Priekuļu pētniecības centrs	Kartupeļi	2
Saimniecība Vidzemē	Kartupeļi	1
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	1
Saimniecība Vidzemē	Burkāni	1
Dārzkopības institūts	Ābeles	2
Saimniecība Zemgalē	Ābeles	2
Saimniecība Kurzemē	Ābeles	2

⁸ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6057>

⁹ https://www.globalgap.org/uk_en/

Ābolu paraugi ņemti trīs ābeļu stādījumos – Zemgalē no Dārzkopības institūta stādījumiem un privātas saimniecības, un Kurzemē no privātas ābolu audzēšanas saimniecības. Augu produkcijas paraugi ņemti no tām pašām saimniecībām, kur ievākti augsnes un ūdens paraugi AAL atliekvielu noteikšanai.

No visiem analizētajiem paraugiem **AAL atliekvielas atrastas visu trīs saimniecību ābolu paraugos un burkānos no vienas saimniecības. Ziemas kviešu, vasaras rapša, kartupeļu un vienā burkānu paraugā AAL atliekvielas netika konstatētas.** Turpmāk atskaitē analizēti tikai tie paraugi, kur identificēta AAL atliekvielu klātbūtne.

Ābolu paraugi

Sākot audzēt kādu kultūraugu lielākās platībās, jārēķinās, ka ar laiku savairosies kaitīgie organismi, kas ir specifiski konkrētajam augam. Literatūrā minēts, vēl līdz 1900. gadam Eiropā ābeles augs pļāvās kā atsevišķi koki vai nelielos piemājas dārzos kopā ar citiem augļaugiem. Attīstoties komerciālajai augļkopībai, kļuva svarīgs gan ražas apjoms, gan kvalitāte, ko būtiski ietekmēja kaitīgie organismi, tādēļ pieauga nepieciešamība pēc AAL izmantošanas. Ābeļu stādījumos ekonomiski nozīmīgus zaudējumus var izraisīt gan slimību ierosinātāji, gan kaitēkļi, kā arī nezāles. Visvairāk smidzinājumu parasti nepieciešami ābeļu kraupja ierobežošanai, kas tiek uzskatīts par vienu no nozīmīgākajām ābeļu slimībām. Slimībai labvēlīgos apstākļos, neveicot augu aizsardzības pasākumus, ražas zudumi var būt lieli līdz pat 90%, būtiski samazinās arī augļu kvalitāte. Arī nelieli kraupja bojājumi uz augļiem augļkopjiem rada zaudējumus, jo tie vairs neatbilst augstākās klases produkcijas prasībām. Atšķirībā no daudzām citām kultūraugu slimībām kraupis jāierobežo profilaktiski, pirms parādījušās vizuālas pazīmes. Fungicīdu apstrāžu skaits ir atkarīgs no laika apstākļiem konkrētajā veģetācijas periodā un infekcijas slodzes konkrētajā dārzā. Vairums Latvijas augļkopju strādā, ievērojot integrētās augu aizsardzības principus, un veic smidzinājumus, ņemot vērā lēmuma atbalsta sistēmas prognozes. Tāpat ābeļu dārzos svarīgi ierobežot arī citas slimības – augļu koku vēzi, ābeļu miltrasu, dažādus puves ierosinātājus u.c. No kaitēkļiem parasti nozīmīgākos bojājumus izraisa ābeļu ziedu smecernieks, dažādi lapu tinēji, laputis, ābolu tinējs, ābolu zāglapsene u.c. Jāņem vērā, ka katram kaitīgajam organismam ir savs individuāls attīstības cikls, līdz ar to nav iespējams veikt vienu smidzinājumu visu slimību vai kaitēkļu ierobežošanai vienlaicīgi. Augu aizsardzību apgrūtina arī tas, ka ir vairāki kaitīgi organismi, kas attīstās un izplatās visas veģetācijas sezonas garumā, tādēļ smidzinājumi to ierobežošanai ir regulāri jāatkārto. Pētījumā iekļautās saimniecības strādā pēc integrētās audzēšanas principiem. Dārzkopības institūtā fungicīdu smidzinājumu skaits parasti ir mazāks nekā pārējās divās privātajās saimniecībās, 2020. gadā – četras apstrādes, jo kraupja infekcijas slodze institūta stādījumos ir zemāka, insekticīdi izmantoti divas reizes un ar herbicīdu veikta viena apstrāde (1.19. tabula).

1.19. tabula

Smidzinājumi Dārzkopības institūtā Zemgales novadā					
Datums	Preparāts	Darbīgā viela	AAL veids	Deva, kg/L ha ⁻¹	Nogaidīšanas laiks, dienās
06.04.2020.	Champion 50 WG	vara hidroksīds	fungicīds	1,00	-
30.04.2020.	Manfil 75 WG	makocebs	fungicīds	3,20	35
12.05.2020.	Gallup Super 360	glifosāts	herbicīds	2,00	-
18.05.2020.	Chorus 50 WG	ciprodinils	fungicīds	0,45	7
10.06.2020.	Manfil 75 WG	makocebs	fungicīds	3,20	35

	Difcor 250 EC	difenokonazols	fungicīds	0,20	14
	Teppeki	flonikamīds	insekticīds	0,14	21
25.06.2020.	Biscaya OD	tiakloprīds	insekticīds	0,30	14

Abās privātajās ābeļu saimniecībās Zemgalē un Kurzemē ābeļu kraupja izplatība slimībai labvēlīgos apstākļos un uz ieņēmīgām šķirnēm parasti ir augsta, tādēļ fungicīdu smidzinājumi tiek veikti intensīvāk, sasniedzot deviņas apstrādes sezonā. Insekticīdi šajās saimniecībās lietoti 3-4 reizes, herbicīds – 1-2 reizes (1.20. un 1.21. tabulas).

1.20. tabula

Smidzinājumi ābeļu saimniecībā (2) Zemgales novadā					
Datums	Preparāts	Darbīgā viela	AAL veids	Deva, kg/L ha ⁻¹	Nogaidīšanas laiks, dienās
28.03.2020.	Fibro	paraflinēļa	insekticīds	20,0	-
06.04.2020.	Champion 50 WG	vara hidroksīds	fungicīds	1,00	-
04.05.2020.	Syllit 544 SC	dodīns	fungicīds	1,25	60
12.05.2020.	Chorus 50 WG	ciprodinils	fungicīds	0,30	7
	Merpan 80 WG	kaptāns	fungicīds	2,00	28
25.05.2020.	Delan Pro	ditianons, kālija fosfonāts	fungicīds	2,50	35
	Chorus 50 WG	ciprodinils	fungicīds	0,30	7
04.06.2020.	Merpan 80 WG	kaptāns	fungicīds	2,00	28
08.06.2020.	Score 250 EC	difenokonazols	fungicīds	0,20	21
	Delan Pro	ditianons, kālija fosfonāts	fungicīds	2,50	35
12.06.2020.	Score 250 EC	difenokonazols	fungicīds	0,20	21
	Syllit 544 SC	dodīns	fungicīds	1,25	60
08.07.2020.	Biscaya OD	tiakloprīds	insekticīds	0,30	14
	Candit	metil-krezoksims	fungicīds	0,20	28
	Merpan 80 WG	kaptāns	fungicīds	2,25	28
28.07.2020.	Dithane NT	mankocebs	fungicīds	2,00	28

Smidzinājumiem ierasta prakse ir izmantot AAL maisījumus, kuros tiek kombinēti pieskares un sistēmas iedarbības fungicīdi, kā arī nepieciešamības gadījumā pievienots arī insekticīds. Fungicīdu maisījumi tiek izmantoti ar mērķi nodrošināt augu virsmas pārklājumu turpmākajai aizsardzībai pret kraupi, izmantojot pieskares preparātu, un ārstēt ar sistēmas preparātu jau notikušu kraupja infekciju, kas ir bijusi kritiski augsta. Lai arī parasti ieteikums ir smidzinājumu labāk veikt atsevišķi, zemnieki tomēr dod priekšroku maisījumiem. Maisījumu izmantošanai galvenais pamatojums ir zemākas izmaksas, jo bieži vien cilvēka darba stundas un traktora motorstundas izmaksā vairāk nekā izmantotie preparāti, tāpat arī jāņem vērā mainīgie laika apstākļi, kas neļauj veikt apstrādi paredzētajā laikā. Visās saimniecībās, izmantojot dažādus AAL, tiek ņemts vērā katra preparāta atļauto lietošanas reizu skaits, kā arī nogaidīšanas laiks līdz ražai. Parasti AAL smidzinājumi tiek beigti jūlijā vai pat jūnijā, kā tas ir redzams Dārzkopības institūta smidzinājumu sarakstā.

1.21. tabula

Smidzinājumi ābeļu saimniecībā Kurzemes novadā					
Datums	Preparāts	Darbīgā viela	AAL veids	Deva, kg/L ha ⁻¹	Nogaidīšanas laiks, dienās
20.02.2020.	Champion 50 WG	vara hidroksīds	fungicīds	1,00	-
28.03.2020.	Champion 50 WG	vara hidroksīds	fungicīds	1,00	-
03.05.2020.	Syllit 544 SC	dodīns	fungicīds	1,25	60
10.05.2020.	Dithane NT	mankocebs	fungicīds	2,00	28
	Fastaks 50	alfa-cipermetrīns	insekticīds	0,50	14
	Difcor 250 EC	difenokonazols	fungicīds	0,20	14
25.05.2020.	Effector	ditianons	fungicīds	0,50	28
04.06.2020.	Teppeki	flonikamīds	insekticīds	0,14	21
07.06.2020.	Delan Pro	ditianons, kālija fosfonāts	fungicīds	2,50	35
12.06.2020.	Merpan 80 WG	kaptāns	fungicīds	1,80	28
	Difcor 250 EC	difenokonazols	fungicīds	0,20	14
01.07.2020.	Chorus 50 WG	ciprodinils	fungicīds	0,40	7
	Dithane NT	mankocebs	fungicīds	2,00	28
06.07.2020.	Mospilan 20 SG	acetamiprīds	insekticīds	0,375	14
09.07.2020.	Rodeo FL	glifosāts	herbicīds	4,00	-
26.07.2020.	Chorus 50 WG	ciprodinils	fungicīds	0,40	7
	Fastaks 50	alfa-cipermetrīns	insekticīds	0,50	14

No katras pētījumā iekļautās ābeļu saimniecības tika paņemti divi ābolu paraugi – no agrākas un vidēji vēlas vai vēlas ābeļu šķirnes. No dažādām šķirnēm, lai saprastu, cik atliekvielas ir uz āboliem, kas ir tuvu gatavībai un ir jau patērējami uzturā, un uz tādiem, kas vēl dažus mēnešus tiks uzglabāti līdz realizācijai.

AAL atliekvielas tika atrastas visos ābolu paraugos, **neviens no paraugiem to daudzums nepārsniedza Eiropas Savienības AAL¹⁰ datu bāzē noteikto maksimālo atlieku līmeni ābolos (1.9. attēls)**. Visbiežāk noteiktā atliekviela bija insekticīda Teppeki darbīgā viela flonikamīds un tā metabolīti TFNA un TFNG – šie savienojumi tika atrasti visos analizētajos paraugos ļoti nelielos daudzumos, kas tikai nedaudz pārsniedza zemākās analītiskās noteikšanas robežu - 0,01 mg/kg. Neskatoties uz mazajiem daudzumiem, tāpat pārsteidz, cik ilgi konkrētā atliekviela saglabājas, jo Teppeki parasti dārzos tiek izmantots vasaras pirmajā pusē īsi pēc ziedēšanas, kad tikai sāk veidoties augļaižmetņi. Preparāts izmantots laputu ierobežošanai. Visās saimniecībās bija pagājušas vairāk nekā 90 dienas no preparāta izmantošanas līdz paraugu ievākšanai. Datu bāzē atrodama informācija par AAL darbīgo vielu pussadalīšanās laiku augā un uz tā (RL₅₀), pēc pētījumu datiem flonikamīdam tās ir četras dienas.

Paraugos no privātā ābeļu stādījuma Zemgalē abos paraugos tika atrasts kaptāns un tā metabolīts tetrahydroftalimīds, vielas nepārsniedza atļauto maksimālo atlieku līmeni, kas ir salīdzinoši liels – 10 mg/kg. Saimniecībā kaptānu saturošais fungicīds bija lietots trīs reizes ābeļu kraupja ierobežošanai, nepārsniedzot atļautās devas un ievērojot nogaidīšanas laiku. Pēdējais smidzinājums veikts 8. jūlijā, kas ir apmēram 60 dienas pirms paraugu vākšanas. Citās valstīs kaptānu saturošos preparātus lieto daudz biežāk, līdz pat 10 reizēm sezonā. Vienā no paraugiem – šķirnes ‘Auksis’ ābolos atrastas arī tiakloprīda atliekvielas, no insekticīda Biscaya

¹⁰<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN>

OD izmantošanas ābolu tinēja ierobežošanai, bet ļoti mazā daudzumā – 0,011 mg/kg, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai noteikšanas robežai.

Ābeļu stādījums (1) Zemgalē, Dārzkopības institūts					
Šķirne	Darbīgā viela	AAL veids	Preparāts	Atliekviela, mg/kg	MAL, mg/kg
Agra ābeļu šķirne 'Kovaļenkovskoje'	flonikamīds	I	Teppeki	0,023	0,300
	TFNA	M*		0,019	
Vidēji vēla ābeļu šķirne 'Gita'	flonikamīds	I	Teppeki	0,023	0,300
	TFNA	M*		0,019	
Ābeļu stādījums (2) Zemgalē					
Agra ābeļu šķirne 'Auksis'	kaptāns	F	Merpan 80 WG	0,200	10,00
	tetrahidroftalimīds	M*		0,100	
	flonikamīds	I	Teppeki	0,017	0,300
	TFNA	M*		0,010	
	TFNG	M*		0,005	
		tiakloprīds	I	Biscaya OD	0,011
Vēla ābeļu šķirne 'Sinap Orlovskij'	kaptāns	F	Merpan 80 WG	0,060	10,00
	tetrahidroftalimīds	M*		0,030	
	flonikamīds	I	Teppeki	0,025	0,300
	TFNA	M*		0,017	
	TFNG	M*		0,005	
	Ābeļu stādījums Kurzemē				
Agra ābeļu šķirne 'Kovaļenkovskoje'	ciprodinils	F	Chorus 50 WG	0,130	2,000
	flonikamīds	I	Teppeki	0,016	0,300
	TFNA	M*		0,013	
Vēla ābeļu šķirne 'Sinap Orlovskij'	acetamiprīds	I	Mospilan 20 SG	0,010	0,400
	alfa-cipermetrīns	I	Fastac 50	0,014	1,000
	ciprodinils	F	Chorus 50 WG	0,130	2,000
	flonikamīds	I	Teppeki	0,024	0,300
	TFNA	M*		0,020	

* metabolīts

1.9. attēls. AAL atliekvielas un daudzums ābolos no trīs saimniecībām.

Visvairāk atliekvielas atrastas paraugā no saimniecības Kurzemē, šķirnes 'Sinap Orlovskij' ābolos noteiktas četras atliekvielas – acetamiprīds, alfa-cipermetrīns, ciprodinils, flonikamīds un viens metabolīts – TFNA. Atliekviela ciprodinils bija vislielākajā koncentrācijā – 0,13 mg/kg, smidzinājums ar šo darbīgo vielu saturošo fungicīdu Chorus 50 WG tika veikts salīdzinoši vēlu – 26. jūlijā ar mērķi ierobežot ābeļu kraupi. Nogaidīšanas tika ievērots, jo Chorus 50 WG tas ir visīsākais no visiem ābelēm reģistrētajiem fungicīdiem, tikai septiņas dienas, no smidzinājuma līdz paraugu vākšanai bija pagājušas 47 dienas. Tomēr šie rezultāti būtu jāizvērtē un jāpievērš lielāka uzmanība Chorus 50 lietošanai īsi pirms ražas, kas ābeļu audzētājiem ir ierasta prakse, būtu jāpārbauda atliekvielas daudzums septiņas dienas pēc smidzinājuma, lai pārliecinātos, ka netiek pārsniegts MAL 2 mg/kg. Pat datu bāzē atrodamā vērtība (RL₅₀), par AAL darbīgo vielu pus sadalīšanās laiku augā un uz tā, rāda, ka pēc pētījumu datiem ciprodinilam ir astoņas dienas.

Darbīgās vielas alfa – cipermetrīns un acetamiprīds, ko satur insekticīdi Fastac 50 un Mospilan 20 SG, paraugos bija mazos daudzumos – 0,014 un 0,010 mg/kg, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai noteikšanas robežai. Otrā ābolu paraugā no šķirnes 'Kovaļenkovojskoje', tika atrasts flonikamīds, kas ir insekticīda Teppeki darbīgā viela un tā metabolīts TFNA un ciprodinils tādā pašā daudzumā kā šķirnes 'Sinap Orlovskij' paraugā – 0,13 mg/kg.

Eiropas pārtikas drošības iestāde (EFSA) 2016. gadā analizēja 1680 ābolu paraugus. 614 paraugos (36,5%) netika atrastas AAL atliekvielas, savukārt 1066 paraugos (63,5%) tika noteiktas atliekvielas, 46 no tiem atliekvielu līmenis bija pārsniegts. Biežāk konstatētās vielas bija kaptāns, boskalīds un ditianons.

Burkānu paraugi

Vienā no analizētajiem burkānu paraugiem noteiktas divas fungicīdu darbīgās vielas – azoksistrobīns un boskalīds, atlieku daudzums bija neliels, attiecīgi 0,025 un 0,01 mg/kg (1.10. attēls). Abas vielas ir reģistrētas lietošanai burkānu sējumos. Ņemot vērā, ka nebija pieejami dati par lietotajiem AAL konkrētajā saimniecībā, var tikai izteikt minējumu, ka smidzinājumi veikti ar kādu no trīs azoksistrobīnu saturošajiem fungicīdiem un Signum, kam aktīvā viela ir boskalīds. Azoksistrobīna preparāti, atbilstoši AAL reģistram, ir izmantojami burkānu lapu sauspilnkumainības, čemurziežu īstās miltrasas un burkānu lapu brūnplankumainības ierobežošanai, atļauts ir tikai viens smidzinājums sezonā. Savukārt boskalīdu saturošais Signum ir reģistrēts čemurziežu melnās puves un baltās puves ierobežošanai divas reizes sezonā. Jāatzīmē, ka arī ES koordinētā programma AAL atliekvielu noteikšanai ietvaros boskalīds un azoksistrobīns bija biežāk konstatētās atliekvielas burkānu paraugos¹¹.

Darbīgā viela	AAL veids	Preparāts	Atliekviela, mg/kg	MAL, mg/kg	Nogaidīšanas laiks, dienās
azoksistrobīns	F	Amistar 250 SC, Mirador 250 SC, Attila 250 SC	0,025	1,00	14
boskalīds	F	Signum	0,01	2,00	14

1.10. attēls. AAL atliekvielas un daudzums burkānu paraugā.

AAL atliekvielas augu produkcijā tika noteiktas ražas laikā, parasti raža netiek uzreiz realizēta un nodota patēriņam. Parasti gan āboli, gan burkāni tiek nogādāti glabātavā un uzglabāti noteiktu laiku, atkarībā no šķirnes, līdz pat vairākiem mēnešiem.

¹¹ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2019.5743>

1.3. Secinājumi

1. Pētījumā ievākti augsnes, ūdens un augu produkcijas paraugi no 11 dažādām saimniecībām, lai pārbaudītu AAL atliekvielu sastopamību un daudzumu tajos. Kopā ievākts, 51 augsnes, 11 ūdens un 18 augu produkcijas paraugi no pieciem dažādiem kultūraugiem – ziemas kviešiem, vasaras rapša, kartupeļiem, āboliem un burkāniem.
2. No 51 analizētā parauga AAL atliekvielas atrastas 12 augsnes paraugos – piecos paraugos no ziemas kviešu sējumiem, vienā no vasaras rapša sējuma, divos no kartupeļu stādījumiem, divos no burkānu sējumiem un divos no teritorijas blakus kartupeļu un ābeļu stādījumiem.
3. Augsnes paraugos atrastas 12 dažādas atliekvielas, no kurām septiņas atrodamas LR reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā, piecas vielas vairs nav atļautas lietošanai kā augu aizsardzības līdzekļi. Visbiežāk augsnes paraugos konstatēts boskalīds – piecos paraugos, DDT un tā savienojums 4,4'-DDE, epoksikonazols un pendimetalīns – trīs paraugos, fluksapiroksāds atrasts divos paraugos, pārējās vielas noteiktas vienu reizi.
4. Vairumā gadījumu vielas noteiktas mazos daudzumos 0,01-0,05 mg/kg, tuvu zemākajai analītiskajai robežai, 0,05-0,15 mg/kg robežās vielas bija trīs gadījumos un tikai vienā paraugā viela bija robežās no 0,5-1 mg/kg.
5. Augsnes paraugos no ābeļu stādījumiem tika noteikts arī vara saturs, noskaidrots, ka tas atbilst optimālajām normām vai dažos gadījumos ir pat par zemu.
6. Ūdens paraugi ņemti no dažādām ūdens tilpnēm, kas atradās pēc iespējas tuvāk konkrētā kultūrauga sējumiem vai stādījumiem, no kuriem ņemti arī augsnes un augu produkcijas paraugi. Ūdens tilpnes ir dažāda veida un izcelsmes, tādēļ nav salīdzināmas savā starpā.
7. No astoņiem analizētajiem paraugiem AAL atliekvielas atrastas piecos ūdens paraugos – četros gadījumos no diķa ūdens un vienā paraugā no meliorācijas kontrolakas.
8. Ūdens paraugos atrastas 19 dažādas atliekvielas, no kurām lielākā daļa – 12 atrodamas LR reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā, savukārt septiņas vielas vairs nav atļautas lietošanai kā augu aizsardzības līdzekļi vai ir ar citu pielietojumu.
9. Visbiežāk ūdens paraugos konstatēts boskalīds un fluopirams – trīs paraugos no pieciem, pārējā vielas noteiktas vienu reizi.
10. Vairumā gadījumu vielas noteiktas mazos daudzumos 0,01-0,05 µg/L, kas ir tuvu zemākajai analītiskajai robežai, 0,05-0,15 µg/L robežās bija piecas, 0,15-0,5 µg/L – divas vielas. Tikai vienas vielas daudzums bija robežās no 0,5-1 µg/L un viena pārsniedza 1 µg/L atzīmi.
11. No 18 analizētajiem augu produkcijas paraugiem AAL atliekvielas atrastas visu trīs pētījumā iekļauto saimniecību ābolu paraugos un burkānos no vienas saimniecības. Ziemas kviešu, vasaras rapša, kartupeļu un vienā burkānu paraugā AAL atliekvielas netika konstatētas.

12. AAL atliekvielu koncentrācijas ābolos un burkānos bija ļoti zemas. Nevienā no ābolu un burkānu paraugiem AAL atliekvielu daudzums nepārsniedza Eiropas Savienības AAL¹² datu bāzē noteikto maksimālo atliekvielu līmeni konkrētajā produktā.
13. Ābolu paraugos konstatētas deviņas dažādas atliekvielas, visbiežāk noteikts flonikamīds un tā metabolīts TFNA, ciprodinils un kaptāns. Visas ābolu paraugos atrastās AAL atliekvielas šobrīd ir reģistrētas lietošanai augu aizsardzībā un izmantotas smidzinājumiem kaitēkļu un slimību ierobežošanai. Saimniecībās smidzinājumi veikti pamatoti un, ievērojot nogaidīšanas laiku, līdz ražas vākšanai.
14. Burkānu paraugā atrastas divas AAL atliekvielas – azoksistrobīns un boskalīds, nelielos daudzumos. Abas vielas ir reģistrētas lietošanai burkānu sējumos, lai ierobežotu burkānu slimības.
15. AAL atliekvielas ābolos un burkānos tika noteiktas ražas laikā, parasti raža netiek uzreiz realizēta un nodota patēriņam. Parasti gan āboli, gan burkāni tiek nogādāti glabātavā un uzglabāti noteiktu laiku, atkarībā no šķirnes, līdz pat vairākiem mēnešiem, tādēļ sagaidāms, ka AAL atliekvielu koncentrācija augļu un dārzeņu realizācijas laikā būtu vēl zemāka vai arī vispār būtu zem analītiskā noteikšanas līmeņa.

¹²<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=pesticide.residue.selection&language=EN>

Izmantotā literatūra

1. Andreu, V., & Picó, Y. (2004). Determination of pesticides and their degradation products in soil: critical review and comparison of methods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 23(10-11), 772–789. doi:10.1016/j.trac.2004.07.008
2. Arias-Estévez, M., López-Periago, E., Martínez-Carballo, E., Simal-Gándara, J., Mejuto, J.-C., & García-Río, L. (2008). The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4), 247–260. doi:10.1016/j.agee.2007.07.011
3. Barriuso, E., Benoit, P., & Dubus, I. G. (2008). Formation of Pesticide Nonextractable (Bound) Residues in Soil : Magnitude , Controlling Factors and Reversibility. *Environmental Science Technology*, 42(6), 1845–1854.
4. Borggaard, O. K., & Gimsing, A. L. (2008). Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters : a review. *Pest Management Science*, 64(December 2007), 441–456. doi:10.1002/ps
5. Carlon, C., 2007. Derivation Methods of Soil Screening Values in Europe. A Review and Evaluation of National Procedures Towards Harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, p. 306.
6. Covaci, A., Hura, C., Schepens, P., 2001. Selected persistent organochlorine pollutants in Romania. *Sci. Total Environ.* 280, 143–152.
7. Dubus, I. G., Barriuso, E., & Calvet, R. (2001). Sorption of weak organic acids in soils: Clofencet, 2,4-D and salicylic acid. *Chemosphere*, 45(6-7), 767–774. doi:10.1016/S0045-6535(01)00108-4
8. Ghadiri, H., & Rose, C. W. (2001). Degradation of endosulfan in a clay soil from cotton farms of western Queensland. *Journal of Environmental Management*, 62(2), 155–169. doi:10.1006/jema.2001.0428
9. Gilliom, R. J., Barbash, J. E., Kolpin, D. W., & Larson, S. J. (1999). Testing Water Quality for Pesticide Pollution. *Environmental Science Technology*, 33(7), 164A– 169A.
10. Kah, M., Beulke, S., & Brown, C. D. (2007). Factors Influencing Degradation of Pesticides in Soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4487–4492.
11. Masia, A., Vasquez, K., Campo, J., Pico, Y., 2015. Assessment of two extraction methods to determine pesticides in soils, sediments and sludges. Application to the Turia River Basin. *J. Chromatogr. A* 1378, 19–31.
12. Miyamoto, J & Kearney, P.C. (1983) Pesticide Chemistry: Human Welfare and the Environment. Vol 4. International IUPAC Congress of Pesticide Chemistry. Kyoto, Japan.
13. Noble, A. (1993). Partition coefficients (n-octanol-water) for pesticides. *Journal of Chromatography*, 642(1-2), 3–14. doi:10.1016/0021-9673(93)80072-G
14. Ockleford, C., Adriaanse, P., Berny, P., Brock, T., Duquesne, S., Grilli, S., et al., 2017. Scientific opinion addressing the state of the science on risk assessment of plant protection products for in-soil organisms. *EFSA J.* 15.
15. Orton, T.G., Saby, N.P.A., Arrouays, D., Jolivet, C.C., Villanneau, E.J., Marchant, B.P., et al., 2013. Spatial distribution of Lindane concentration in topsoil across France. *Sci.Total Environ.* 443, 338–350.
16. Pontolillo, J. and, & Eganhouse, R. P. (2001). *The Search for Reliable Aqueous Solubility (S w) and Octanol-Water Partition Coefficient (K ow) Data for Hydrophobic Organic Compounds : DDT and DDE as a Case Study.*
17. Pose-Juan, E., Sanchez-Martin, M.J., Andrades, M.S., Rodriguez-Cruz, M.S., Herrero-Hernandez, E., 2015. Pesticide residues in vineyard soils from Spain: spatial and temporal distributions. *Sci. Total Environ.* 514, 351–358.
18. Qu, C.K., Albanese, S., Chen, W., Lima, A., Doherty, A.L., Piccolo, A., et al., 2016. The status of organochlorine pesticide contamination in the soils of the Campanian Plain, southern Italy, and correlations with soil properties and cancer risk. *Environ. Pollut.* 216, 500–511.

19. Ružicková, P., Klanova, J., Cupr, P., Lammel, G., Holoubek, I., 2008. An assessment of air-soil exchange of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides across Central and Southern Europe. *Environ. Sci. Technol.* 42, 179–185.
20. Silva, V., Montanarella, L., Jones, A., Fernandez-Ugalde, O., Mol, H.G.J., Ritsema, C.J., et al., 2018. Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. *Sci. Total Environ.* 621, 1352–1359.
21. Zachariah, J. T. (2011). Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides. In *Pesticides in the Modern World - Trends in Pesticides Analysis*.

2. Augu aizsardzības līdzekļu atlieku daudzuma noteikšana apsmidzinātā platībā pēc apstrādes atkarībā no kultūrauga un lietotajiem AAL

Pētījuma izpildītāji: Viktorija Zagorska, Regīna Rancāne, Kitija Konošonka

Ievads

Augu aizsardzības līdzekļi (AAL) ir plaši izmantoti lauksaimniecībā jau vairāk nekā 100 gadus. Izmantojot augu aizsardzības līdzekļus iespējams iegūt lielākas ražas, kā arī nodrošināt augstāku produkcijas kvalitāti. Tomēr jāņem vērā, ka ilgstošas un intensīvas AAL lietošanas rezultātā, AAL atliekvielas var uzkrāties augsnē, nonākt ūdenī, kā arī augu produkcijā. Latvijā trūkst datu par pesticīdu atliekvielu sastopamību un izplatību vidē un produkcijā, dati, kas šobrīd ir pieejami, tikai daļēji atspoguļo esošo situāciju. Tāpat trūkst datu par pieļaujamo AAL atliekvielu daudzumu un nogaidīšanas laiku pēc smidzinājuma, lai novērstu risku nodarbinātajiem, kas apmeklē ar AAL apstrādātas platības. AAL ilgtspējīgu lietošanu, mazinot AAL lietošanas radīto risku un ietekmi uz cilvēku veselību un vidi, paredz 2020. gada 22. janvārī pieņemtais MK rīkojums Nr. 27 “Par Latvijas rīcības plānu augu aizsardzības līdzekļu ilgtspējīgai izmantošanai”.

Izmantotie apzīmējumi un paskaidrojumi

- AAL - augu aizsardzības līdzeklis;
- AOEL - pieļaujamais iedarbības līmeni uz operatoru (angl. - *acceptable operator exposure level*);
- ASV VAA – Amerikas Savienoto Valstu Vides aizsardzības aģentūra (angl. - *United States Environmental Protection Agency*);
- BROWSE - Augu aizsardzības līdzekļu ekspozīcijas garāmgājēju, iedzīvotāju, operatoru un darbinieku modeļiem (angl. - *Bystanders, Residents, Operators and Workers Exposure models for plant protection products*);
- Darbinieks - persona, kas, veicot sava darba pienākumus, nonāk ar augu aizsardzības līdzekli apstrādātā teritorijā, vai persona, kas strādā ar kultūraugiem, kas apstrādāti ar augu aizsardzības līdzekli;
- EFSA - Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestāde (angl. - *EFSA - European Food Safety Authority*);
- EUROPOEM - Eiropas prognozētās iedarbības uz operatoru modeļa datubāzes izstrāde, uzturēšana un izplatīšana (angl. - *The development, maintenance and dissemination of a European predictive operator exposure model database*);
- Garāmgājēji - personas, kuras varētu atrasties tieši blakus teritorijai, kurā notiek vai nesen ir pabeigti ar AAL saistīta apstrāde; kuru klātbūtne ir diezgan nejauša un nesaistīta ar darbu, kas saistīts ar AAL, bet kuru atrašanās stāvoklis var izraisīt to pakļaušanu AAL iedarbībai; kuri neveic nekādas darbības, lai izvairītos no iedarbības vai to kontrolētu;
- Iedzīvotāji - personas, kas dzīvo, strādā vai apmeklē skolu vai jebkuru citu iestādi blakus teritorijai, kas ir apstrādāta ar augu aizsardzības līdzekli; kuru klātbūtne ir nejauša un nesaistīta ar darbu, kas saistīts ar augu aizsardzības līdzekli, bet kuru atrašanās stāvoklis var izraisīt to

pakļaušanu AAL iedarbībai; kuri neveic nekādas darbības, lai izvairītos no iedarbības vai to kontrolētu; kuri varētu atrasties šajā teritorijā 24 stundas diennaktī;

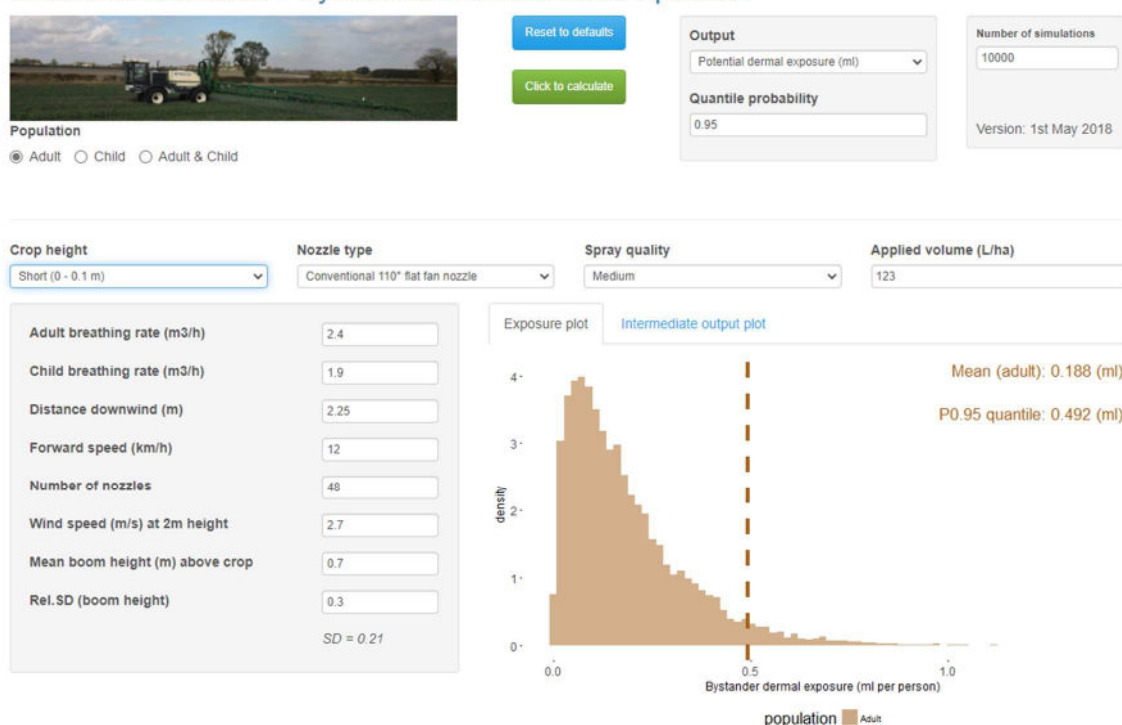
- Operators - persona, kas iesaistīta darbībās, kas saistītas ar augu aizsardzības līdzekļa lietošanu; šādas darbības ietver darba šķīduma sajaukšanu/ieliešanu augu aizsardzības līdzekļu lietošanas iekārtā, šīs iekārtas vadīšana, labošana, kamēr tanī ir darba šķīdums, kā arī iekārtas/tvertņu iztukšošana un tīrīšana pēc lietošanas. Operators var būt profesionālis (piemēram, lauksaimnieks vai darbinieks, kas nodarbojas ar laukkopību) vai amatieris (piemēram, piemājas dārza lietotājs);
- PEARL - augu aizsardzības līdzekļu emisijas novērtējums reģionālā un vietējā mērogā (angl. - *Pesticide Emission Assessment at Regional and Local scale*).

Lai novērtētu risku, kuram tiek pakļautas dažādas personu grupas, kuras darba specifikas, mājokļa izvietojuma vai citu apstākļu dēļ ir pakļautas riskam būt saskarē ar augu aizsardzības līdzekļiem (AAL) vai to atliekvielām, Eiropā un pasaulē ir veikti vairāki pētījumi un izveidoti dažādi aprēķinu modeļi. Veicot pieejamo modeļu analīzi, tika secināts, ka BROWSE kalkulators ir ar plašākām pielietošanas iespējām: riska grupu ziņā, apkārtējo vides faktoru ietekmes ziņā, dažādu pieejamo riska faktoru izvēles ziņā. Tāpēc izvēlējamies šo kalkulatoru dažādu situāciju modelēšanai, lai sākotnēji izvērtētu riskus dažādām riska grupām, lietojot dažādus AAL, imitējot dažādas situācijas.

Salīdzinot BROWSE programmatūru ar citām AAL radīto risku novērtēšanas programmām, ***BROWSE priekšrocības ir tādās, ka iedzīvotāju un garāmgājēju ekspozīcijas modeļi ir vērsti uz strēles smidzinātājiem un augļu dārza smidzinātājiem, kā arī tvaika emisijām no apstrādātajiem kultūraugiem.*** Tā kā BROWSE programmatūrā ir salīdzinoši daudz scenāriju iespēju, tad ir plašs iespējamo iznākumu klāsts. BROWSE modelis ietver vairāk ekspozīciju maršrutus akūtajai un ilglaicīgai ekspozīcijai nekā pašreizējie reglamentējošie modeļi, un noklusējuma vērtības ir balstītas uz sliktākā gadījuma scenāriju, kas daudzās situācijās nodrošina augstāku prognozēto ekspozīcijas līmeni. Šajā programmatūrā arī tiek ņemts vērā darbīgās vielas tvaika spiediens, tādējādi ņemot vērā arī AAL izgarošanu konkrētajos meteoroloģiskajos apstākļos. BROWSE programmatūra ņem vērā daudz un dažādus parametrus, ko mēs nenovērojam citās programmatūrās. Piemēram, gan izmantoto darba aizsardzības apģērbu un tā radīto pārklāšanas koeficientu, gan to, ka AAL atliekvielu daudzumu ir iespējams aprēķināt, izmantojot trīs dažādas opcijas, gan iepriekš jau pieminētais darbīgās vielas tvaika spiediens, gan to, kāds ir elpošanas ātrums atkarībā no darbinieka dzimuma un aktivitātes intensitātes u.c.

Ja mēs salīdzinām BROWSE ar EFSA atzīto BREAM kalkulatoru (<https://www.fera.co.uk/the-breem2-calculator>), tad var secināt, ka šis BREAM modelis paredz modelēšanu tikai iedzīvotājiem un garāmgājējiem un tikai daļai parametru, kas ir pieejami BROWSE kalkulatorā, kā gala lēmuma pieņemšanas nosacījums (2.1. att.).

BREAM2 Calculator - Bystander and Resident Exposure



2.1. attēls. BREAM2 iedzīvotāju un garāmgājēju kalkulatora uzlabotā versija.

EFSA izstrādātais modelis "Operator exposure models and local risk assessment" (<http://www.fao.org/pesticide-registration-toolkit/registration-tools/assessment-methods/method-detail/en/c/1187029/>) ir sarežģītāks un lietotājam, kas ikdienā nestrādā ar šāda veida kalkulatoriem, ne tik ērts lietošanai, jo rezultāti ir sarežģītāk interpretējami, salīdzinot ar BROWSE modeli. EFSA modelī netiek vērtēti katram ģeolokācijas izvietojumam raksturīgākie meteoroloģiskie apstākļi. BROWSE kalkulatorā pēc noklusējuma ir definētas vairākas ievadparametru vērtības ar atsaucēm uz datu bāzēm. Vēl viena būtiska priekšrocība BROWSE kalkulatoram ir tā, ka tas prognozē ilgstošu pakļaušanu AAL lietošanas riskam.

Pamatā visiem kalkulatoriem ir identiskas aprēķina formulas ar nelielām atšķirībām koeficientu izvēlē un dažādu parametru modelēšanā. Sazinoties ar BROWSE izstrādātājiem, tika secināts, ka BROWSE projekta mērķis ir bijis izveidot kalkulatoru, kurš modelē teorētiski reālāku/reālistiskāku situāciju, nevis sliktākā scenārija principu. Līdz ar to var skaidrot, ka vērtības, kuras ir iegūtas ar BROWSE kalkulatoru, ir nedaudz zemākas, nekā citu kalkulatoru iegūto rezultātu vērtības (https://secure.fera.defra.gov.uk/browse/openFile.cfm?dir=documents&name=AAB_Kim-Doan-Ngoc.pdf).

Pētījuma uzdevums: Izstrādāt metodiku augu aizsardzības līdzekļu atlieku daudzuma noteikšanai apsmidzinātā platībā pēc apstrādes atkarībā no kultūrauga un lietotajiem AAL.

Ir izvēlēti dažādi modelēšanas scenāriji:

1. Augļu dārzs, kurā tiek vērtēts risks ābeļu veidošanas fāzē, ābolu vākšanas fāzē.
2. Zemeņu lauks, kurā tiek vērtēts risks zemeņu lasītājiem.
3. Nosmidzināts ziedošs rapša lauks, kurā tiek vērtēts risks garāmgājējiem, kas tajā ieiet iekšā uz 15 min, lai uzņemtu bildes.

4. Rapša lauks, kurā tiek vērtēts risks iedzīvotājiem un garāmgājējiem atkarībā no attālumā līdz apsmidzinātajam laukam.

2.1. BROWSE lietošanas pamācībā un izmantotās pamatformulas

Programmatūru iespējams atrast BROWSE mājaslapā, izmantojot zemāk norādīto saiti:
<https://secure.fera.defra.gov.uk/browse/software/>

1. Lai lejupielādētu programmatūru, ir jānoklikšķina uz 2.2. attēlā redzamās pogas. Lai programmatūru ieinstalētu, ir nepieciešama *Java* programmatūra.



Run the latest release of BROWSE

2.2. attēls. Poga BROWSE programmatūras lejuplādei.

2. Kad programmatūra ir atvērta, ir jābūt redzamiem tādiem logiem kā norādīts **2.3. attēlā**. Augšpusē ir izvēlņu josla, kurā ir izvēlnes elementi *File* un *Help*. Poga “aprēķināt” (*Calculate*) atrodas labajā augšējā stūrī.

Zem izvēlņu joslas ir cilņu josla, kas sastāv no šādām cilnēm:

- Novērtējums (*Assessment*)
- Scenārijs (*Scenario*)
- Operators (*Operator*)
- Darbinieks (*Worker*)
- Iedzīvotājs/Garāmgājējs (*Resident/Bystander*)
- Konsole (*Console*)
- Rezultāti (*Results*)

2.3. attēls. Cilnes “novērtējums” ekrānšāviņš.

Pirmā ir "**novērtējuma**" cilne, kurā lietotājam ir jāievada vispārīgā informācija par ekspozīcijas novērtējumu.

Cilnes - "**operators**", "**darbinieks**", "**iedzīvotājs/garāmgājējs**" - uzrādās tikai gadījumos, ja tās ir pieejamas izvēlētajam scenārijam un ja lietotājs ir izvēlējis tās aprēķināt, novērtējuma cilnē atzīmējot atbilstošo.

Piemēram, gadījumā, ja tiek izvēlēts sekojošs scenārijs: kultūrauga veids (*Crop type*) ir “augļu dārzs” (*Orchard*), apstrādes veids (*Application technique*) ir izvēlēts “jebkāds – tikai darbinieks” (*Any – worker only*) un scenārijs (*Scenerio*) ir “augļu novākšana, apgriešana vai retināšana” (*Harvesting, pruning or thinning orchard fruit*), tad šāda scenārija gadījumā tikai darbinieka modeļa ekspozīcijas novērtēšana ir iespējama, un cilnes, kas attiecas uz šo modeli un ko ir nepieciešams aizpildīt, uzrādās cilņu joslā (skat. 2.4. att).

Cilnē “scenārijs” lietotājs var ievadīt datus, kas ir kopīgi visiem programmas modeļiem. Šim scenārijam nav pieejamas cilnes “operators” un “iedzīvotājs/garāmgājējs”, bet tās būs pieejamas citu scenāriju gadījumā (piemēram, izvēloties labības tīrumu apstrādi).

2.4. attēls. Scenārijs, kas paredzēts tikai darbinieka ekspozīcijas novērtēšanai.

Lai aizpildītu ievades, ir iespējams izmantot piedāvātās noklusētās vērtības un/vai savus ievades datus.

3. Turpmākajā dokumentā būs redzami piemēri darbinieka un iedzīvotāja/garāmgājēja modeļu izpildei. Šo modeļu aprēķināšana aizņem līdz 5 minūtēm (vecākiem datoriem ilgāk), kad konkrētajā gadījumā aprēķinam tiek izmantota tvaika iedarbība (*vapor exposure*), kas tiek uzskatīts par šī kalkulatora nepilnību, jo gadījumā, ja ir nepieciešams salīdzināt dažādu parametru ietekmi uz rezultātu, tiek patērēts liels laika resurss, toties tiek iegūti precīzāki rezultāti. Katra aprēķina modeļa piemērā tiks izmantoti konkrēti augu aizsardzības līdzekļi (AAL).

Lai uzsāktu iedarbības novērtēšanu darbiniekam, ir jāaizpilda vērtību lodziņi, ierakstot konkrēto informāciju vai izvēloties no piedāvātajām noklusējuma vērtībām. Iedarbības novērtēšanai darbinieka piemērā informācija tiks aizpildīta atbilstoši fungicīdam *Syllit 554 SC*, ko izmanto ābeļu stādījumu smidzināšanā (skat. 2.5. attēlu).

Piezīme: Dažām ievadēm ir iespējams izmantot noklusējuma datus, izvēloties kuras organizācijas pētījuma rezultātus izmantot. Izmantojot Eiropas Pārtikas nekaitīguma iestādes (EFSA) datus, tiks apskatīts sliktākā gadījuma scenārijs, bet, izmantojot BROWSE datus, tiks apskatīts reālāka gadījuma scenārijs. Taču, ja ir pieejami citi pētījuma dati, tad šīs ievadvērtības ir iespējams mainīt, izvēloties iespēju “sava vērtība” (*Own value*).

Dažiem parametriem ir noteiktas minimālās un maksimālās vērtības. Gadījumā, ja tiks ievadīta mazāka vērtība par noteikto minimālo, tad automātiski tā tiks izlabota uz noteikto minimālo vērtību. Gadījumā, ja tiks ievadīta lielāka vērtība par atļauto maksimālo, tad automātiski tā tiks izlabota uz noteikto maksimālo vērtību.

Exposure

AOEL	0.045	mg/kg body weight/day
Acute AOEL	0.045	mg/kg body weight/day
Dermal absorption of product	10.0	%
Dermal absorption of in use dilution	50.0	%
Oral absorption	100.0	%
Skin to mouth transfer factor	43.0	%
Percentage of hand area making contact with mouth	7.0	%
Inhalation absorption factor	100.0	%

Product

Product name: Syllit 544 SC

Active substance name: Dodins

Compound code in MCRA (if applicable):

N.B. Browse software is only applicable to products that are applied with water as the carrier.

Product formulation type: Liquid

Concentration (active substance) in product: 544.0 g/l

Product dose: 1.25 l/ha

Active substance dose: 680.0 g/ha

Scenario

Harvesting of table grapes and wine grapes.

Informācija par darbīgo vielu

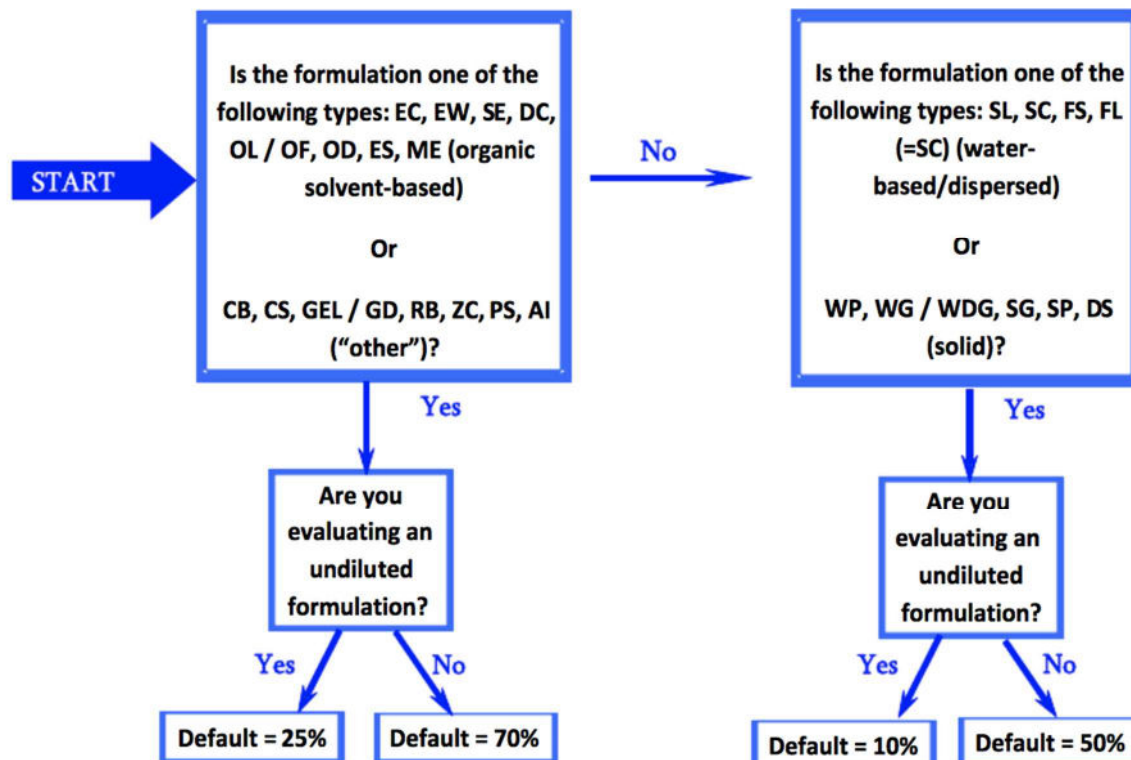
Informācija par AAL

2.5. attēls. Ievades funkcijām Syllit 544 SC.

Sadaļā “produkts” (*Product*) tiek aizpildīta informācija par izmantojamo AAL – tā nosaukums (*Product name*), līdzekļa preparatīvā forma (koncentrāts vai granulas) (*Product formulation type*) un deva (*Product dose*), darbīgās vielas nosaukums (*Active substance name*), tās koncentrācija līdzeklī (*Concentration in product*) un deva (*Active substance dose*) uz ha. Šo informāciju iespējams atrast gan AAL aizsargiepakojuma marķējumā, gan Valsts augu aizsardzības dienesta mājaslapā.

Sadaļā "ekspozīcija" (*Exposure*) aizpilda informāciju par pieļaujamo iedarbības līmeni uz operatoru (*AOEL*), kas katrai vielai ir raksturīgas robežvērtības un tiek noteikts tās pirmreizējās vai atkārtotās izvērtēšanas laikā. Šīs robežvērtības ir noteiktas visā Eiropā vienādas, un tās ir atrodamas Eiropas Komisijas augu aizsardzības darbīgo vielu datubāzē.¹³ Akūtais iedarbības līmenis uz operatoru (*Acute AOEL*) ir tāds pats kā AOEL, jo pagaidām tas nav izpētīts visām Eiropā reģistrētajām vielām. Ja AAL nav noteikta konkrēta dermālā absorbcija (*Dermal absorption of product*) un šī AAL šķīduma dermālā absorbcija (*Dermal absorption of in use dilution*), tad šim parametram tiek izmantotas EFSA Dermālās absorbcijas vadlīnijās noteiktās vērtības, izmantojot **2.6. attēlā** redzamo shēmu. Browse piedāvātās vērtības šiem parametriem ir mazākas, attiecīgi AAL dermālā absorbcija 2%, bet šī AAL šķīduma dermālā absorbcija ir 10%, kas arī ietekmē ekspozīcijas rezultātus - ekspozīcijas lielumi ir mazāki, nekā izmantojot EFSA piedāvātās dermālās absorbcijas vērtības: 10% un 50%. Savos aprēķinos izmantojam EFSA datubāzē piedāvātās dermālās absorbcijas vērtības darbīgajām vielām.

¹³<https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=activesubstance.selection&language=EN>

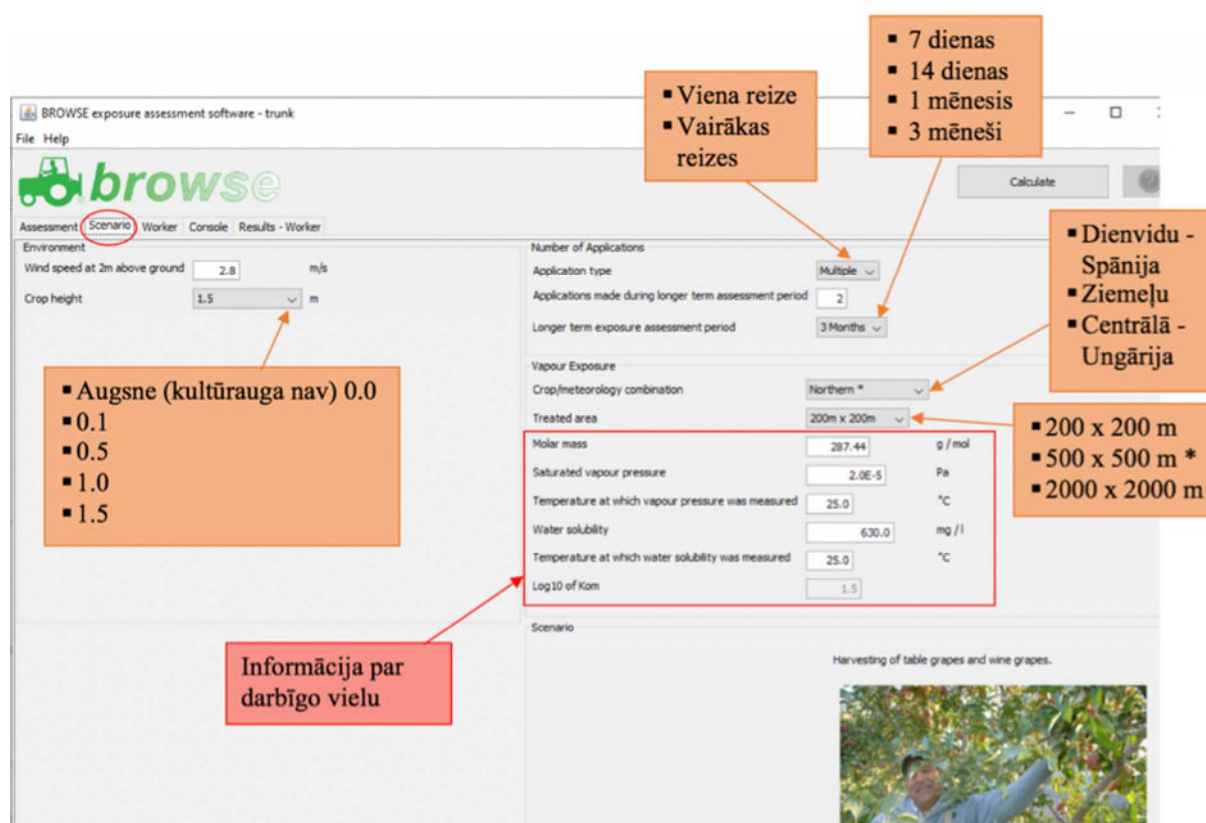


2.6.attēls. Dermālās absorbcijas noklusējuma vērtību izvēles shēma. Avots: EFSA, 2017.

Tālāk norādītajiem parametriem tiek izmantotas noklusējuma vērtības: "orālā absorbcija" (*Oral absorption*) - absorbcija, kas nonāk ķermenī AAL ieēdot, "no ādas uz muti pārvades koeficients" (*Skin to mouth transfer factor*) - procentuālais lielums, ko no rokām var pārnest uz muti. Noklusējuma vērtība, pamatojoties uz Browse sniegtajiem datiem. "Rokas laukuma daļa, kas veido kontaktu ar muti" (*Percentage of hand area making contact with mouth*) - plaukstas procentuālais daudzums, kas saskaras ar muti. Noklusējums balstīts un pieņemumu, ka tikai pirkstu gali veido kontaktu ar muti. "Inhalācijas absorbcijas koeficients" (*Inhalation absorption factor*) - absorbcija kas nonāk ķermenī AAL ieelpojot. Savos aprēķinos esam vadījušies pēc EFSA rekomendācijām, ievadot 2.5. attēlā redzamās vērtības.

4. Tālāk jānoklikšķina uz cilnes "scenārijs".

Šajā cilnē aizpilda informāciju par smidzinājumu/iem. 2.7. attēlā norādīts, kādas noklusējuma vērtības iespējams izvēlēties no piedāvātajām opcijām. Kā arī šī sadaļa aizpildīta attiecīgi fungicīdam *Syllit*.



2.7. attēls. Cilnes “scenārijs” noklusējuma iespējamās opcijas.

Sadaļā “vide” (*Environment*) aizpilda informāciju par vēja ātrumu 2 m virs zemes un par kultūrauga augstumu smidzināšanas laikā (šim rādītājam ir pieejami 4 dažādi lielumi : 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 m).

Sadaļā “smidzinājumu skaits” (*Number of Applications*) pie apstrādes veida (*Application type*) iespējams izvēlēties, cik reizes sezonas laikā ir veikti smidzinājumi - viena vai vairākas reizes. Tālāk norāda, cik smidzinājumu veikti ilgākā laika perioda vērtējumā (*Applications made during longer term assessment period*) un kāds ir šis ekspozīcijas vērtēšanas ilgāka laika periods (*Longer term exposure assessment period*). Ekspozīcijas vērtēšanas ilgāka laika periods ir periods, kurā tiek vērtēta vidējā ekspozīcija ilgākā ekspozīcijas periodā.

Sadaļā “tvaika iedarbība” (*Vapour Exposure*) aizpilda informāciju par smidzinājuma reģionu (*Crop/meteorology combination*) un apstrādāto platību (*Treated area*). Lai noteiktu meteoroloģiskos apstākļus konkrētajā reģionā, tika veikts Browse pētījums, lai noskaidrotu vidējo gaisa temperatūru vienas veģetācijas periodā (no aprīļa līdz oktobrim), pamatojoties uz 90. procentīli.¹⁴ Šajā pētījumā meteoroloģiskie dati konkrētajai teritorijai tika vākti laika posmā no 2005. līdz 2009. gadam. Apstrādātās platības vērtību ir iespējams izvēlēties no 3 piedāvātajām opcijām: 200x200 m, 500x500 m vai 2000x2000 m. Visos gadījumos tiek pieņemts, ka darbinieks atrodas apstrādājamās teritorijas centrā,

¹⁴https://secure.fera.defra.gov.uk/browse/software/documentation/model_documentation_wp2_appendices_final.pdf, 38.lpp

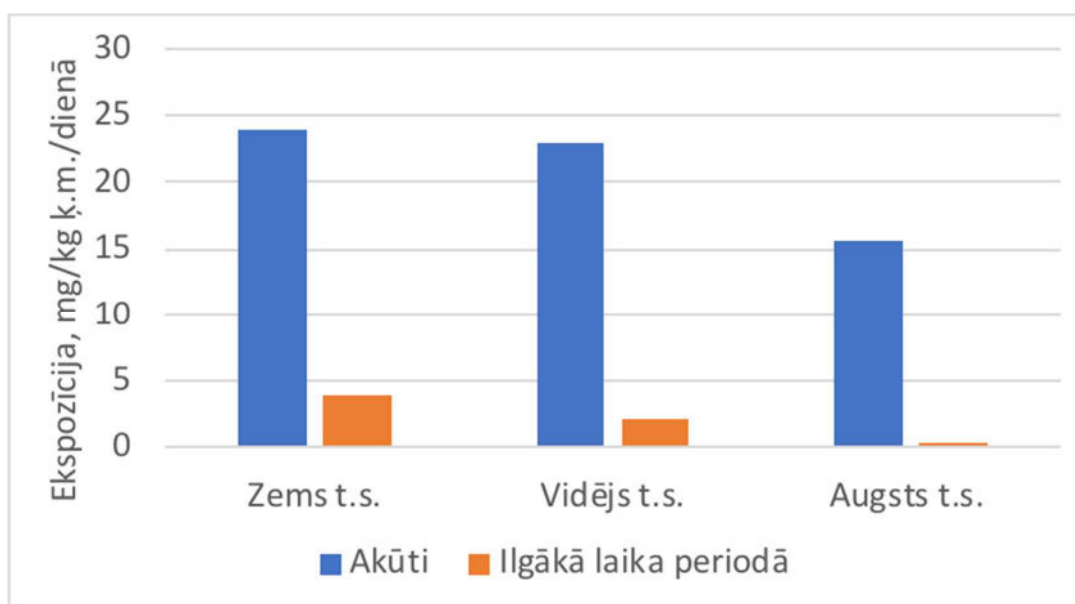
* Gadījumā, ja nav iespējams atrast konkrētās darbīgās vielas īpašības šajā datu bāzē, tās iespējams arī meklēt jebkur citur, piemēram, interneta servera meklētājā ievadot nepieciešamo parametru. Uzmanību jāpievērš mērvienībām, vajadzības gadījumā pārveidot uz nepieciešamo.

taču izvēlētais apstrādātās teritorijas lielums neietekmē gala ekspozīciju. Tālāko informāciju “molārā masa” (*Molar mass*), “piesātināta tvaika spiediens” (*Saturated vapour pressure*), “temperatūra, pie kādas tika mērīts tvaika spiediens” (*Temperature at which vapour pressure was measured*), “šķīdība ūdenī” (*Water solubility*), “temperatūra, pie kādas tika mērīta šķīdība ūdenī” (*Temperature at which water solubility was measured*) aizpilda par darbīgo vielu konkrētajā AAL. Šos parametrus iespējams atrast Hertfordšīras Universitātes izveidotajās datu lapās par augu aizsardzības līdzekļu īpašībām, izmantojot norādīto saiti un meklētājā ierakstot darbīgās vielas nosaukumu*: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>.

Gadījumā, ja parametra “DFR” aprēķināšanā tiek izvēlēta opcija, ka to aprēķina Browse programmatūra, tad parametrs “tvaika spiediens” ir noteicošs dermālās ekspozīcijas rezultātos. 2.8. attēlā parādīts, kā mainās dermālā ekspozīcija atkarībā no darbīgās vielas tvaika spiediena. Tvaika spiediens pēc tā lieluma tiek uzskatīts par:

- 2×10^{-5} Pa (zemu)
- 2×10^{-3} Pa (vidēji augstu)
- 2×10^{-2} Pa (augstu)

Taču, ja parametra “DFR” aprēķināšanai tiek izvēlēta opcija, ka lietotājs aizpilda pats, tad darbīgās vielas tvaika spiediens netiek ņemts vērā. Savos aprēķinos dermālās ekspozīcijas vērtēšanai esam izmantojuši opciju pašiem ievadīt DFR_0 sākotnējo vērtību un rēķināt DFR pēc vispārpieņemtās formulas 2.6.:



2.8. attēls. Ekspozīcija atkarībā no darbīgās vielas tvaika spiediena.

5. Tālāk jānoklikšķina uz cilnes “darbinieks” (Skat. 2.9. att.).

Ābolu ražas novākšanas scenārijam, kurā tika izmantots AAL *Syllit*, lielākā daļa parametru tika atstāti ar noklusējuma vērtībām, taču šajā gadījumā sadaļā “dienas starp smidzinājumiem” (*Days between applications*) tika uzstādītas 7, kā to paredz AAL ražotāji.

2.9. attēls. Cilnes “darbinieks” ekrānu uzņēmums.

5.1. Parametrs “Pārvades koeficients” (*Transfer coefficient*).

Sadāļā "aktivitāte" (*Activity*) izvēlas, kādu darbību veic darbinieks konkrētajā scenārijā. Atkarībā no darbības mainās arī pārvades koeficients (PK). Pārvades koeficients ir mērvienība saskarei ar kultūraugu, un tas ir specifisks katram scenārijam (kultūrauga tipa un un darbinieku aktivitātes apvienojums). Dažādi pārvades koeficientu avoti tika noteikti:

- BROWSE: pamatojoties uz literatūras meklēšanu, kas bija pieejama uz kalkulatora izstrādes brīdi;
- EFSA: pamatojoties uz Eiropas prognozētās iedarbības uz operatoru modeļa datubāzes izstrādi, uzturēšana un izplatīšana (EUROPOEM) un Amerikas Savienoto Valstu Vides aizsardzības aģentūras (ASV VAA) pārvades koeficientiem (EFSA, 2014);
- ASV VAA: pamatojoties uz Lauksaimniecības atkārtotas iekļūšanas darba grupas (angl. - *ARTF - Agricultural Re-entry Task Force*) veiktajiem pētījumiem.

BROWSE programmatūrā pārvades koeficienti ir pieejami no katra iepriekš minētā avota. Šo pārvades koeficientu pārskats ir sniegts 1. tabulā. Turklāt lietotājs var norādīt savu pārvades koeficientu, izvēloties opciju "sava vērtība".

Piezīme: 2.1. tabulas b1: EFSA avots sniedz tikai pārvades koeficientus kopējai ekspozīcijai (EFSAI, 2014). Tā kā pārvades koeficienti augļu, dekoratīvo augu un dārzu novākšanas scenārijiem ir balstīti uz EUROPOEM pārvades koeficientiem, attiecīgie pārvades koeficienti attiecībā uz roku un ķermeņa ekspozīciju tika ņemti no EUROPOEM ziņojuma par atkārtotu iekļūšanu (Van Hemmen et al., 2002.).

Piezīme: 2.1. tabulas b2: EFSA ierosinātie pārvades koeficienti vīnogu novākšanas scenārijam ir balstīti uz ASV VAA datubāzi, jo EUROPOEM šim scenārijam nesniedz pārvades koeficientu. EFSA ierosina iespējamai ekspozīcijai (*Potential exposure*) izmantot pārvades koeficientu 30000 cm²/h un faktiskajai ekspozīcijai (*Actual exposure*), kad ķermenis ir nosepts, bet rokas kailas, 10100 cm²/h. Baugers (2005) pētīja atlieku sadalījumu pa dažādām ķermeņa daļām, izmantojot ARTF ekspozīcijas pētījumu datus. Šis ziņojums liecina, ka 24% no kopējās iespējamās ekspozīcijas ir uz rokām vīnogu novākšanas gadījumā. Izmantojot šo informāciju, tika aprēķināts indikatīvs pārvades koeficients (30000 x 0.24 =) 7200 cm²/h iespējamai roku ekspozīcijai. Pieņemot, ka atlikušie 76% no ekspozīcijas ir uz ķermeņa, tika noteikta atbilstoša vērtība (30000 x 0.76 =) 22800 cm²/h iespējamai ķermeņa ekspozīcijai. Pieņemot, ka apģērbs nodrošina desmitkārtīgu ekspozīcijas samazinājumu, iespējamai faktiskajai ekspozīcijai tika iegūta vērtība (22800 x 0.1 =) 2300 cm²/h. Saskaitot vērtības roku un ķermeņa ekspozīcijai, kopējā faktiskā ekspozīcijā pārvades koeficients tika noteikts (7200 + 2300 =) 9500 cm²/h, kas ir tuvu ierosinātajai vērtībai 10100 cm²/h.

2.1. tabula

Pārvadīšanas koeficienta noklusējuma vērtības, cm²/h

			Augļu dārza novākšana	Avots	Augļu koku apgriešana	Avots	Augļu koku retināšana	Avots	Vīnogu novākšana	Avots	Dekoratīvo augu novākšana	Avots	Dārzu novākšana	Avots	Miksto augļu novākšana	Avots
BROWSE	Iespējamā dermālā ekspozīcija (IDE)	Rokas	1500	a					1200	a	3800	a	2700	a	4900	a
		Ķermenis	21800	a					12000	a	27000	a	300	a	9000	a
		Kopā	23300	a					13200	a	30800	a	5700	a	13900	a
	Faktiskā dermālā ekspozīcija (FDE)	Rokas	1500	a					1200	a	3800	a	3700	a	4900	a
		Ķermenis	2200	a					1200	a	2700	a	300	a	900	a
		Kopā	3700	a					2400	a	6500	a	3000	a	5800	a
EPNI	IDE	Rokas	2500	b1					7200	b2	4000	b1	2200	b1		
		Ķermenis	20000	b1					22800	b2	10000	b1	3600	b1		
		Kopā	22500	b1					30000	b2	14000	b1	5800	b1		
	FDE	Rokas	2500	b1					7200	b2	400	b1	2200	b1	2500	b1
		Ķermenis	2000	b1					2300	b2	1000	b1	300	b1	1200	b1
		Kopā	4500	b1					9500	b2	5000	b1	2500	b1	3700	b1
ASV VAA	FDE	Kopā	1400	c1	600	c2	3600	c3	7800	c4	4800	c5	800	c6	1100	c7

Izmantotie avoti:

a) pamatojoties uz BROWSE literatūras meklēšanu

b1) EFSA ieteikums, bet pamatojoties uz EUROPOEM datiem (EFSA, 2014; Van Hemmen et al., 2002),

b2) EFSA ieteikums, bet pamatojoties uz ASV VAA datiem (EFSA, 2014; ASV VAA, 2013). Skat. iepriekš.

c1) ASV VAA pārvades koeficients, novācot ražu augļu koku dārzā (ASV VAA, 2013).

c2) ASV VAA pārvades koeficients, augļu koku dārza apgriešana (ASV VAA, 2013).

c3) ASV VAA pārvades koeficients, augļu koku dārza retināšana (ASV VAA, 2013).

c4) ASV VAA pārvades koeficienta vidējas vērtības, novācot vīnogu ražu (ASV VAA, 2013).

c5) ASV VAA pārvades koeficients, novācot ražu siltumnīcā (ASV VAA, 2013).

c6) ASV VAA pārvades koeficienta vidējas vērtības, attiecīgi novācot lauka kultūraugus ar gludām lapām un lauka kultūraugus ar lapām, uz kurām ir apmatojums (ASV VAA, 2013).

c7) ASV VAA pārvades koeficients, novācot lauka kultūraugus ar gludām lapām (ASV VAA, 2013).

5.2. Parametrs "Ekspozīcijas daļa ar rokām/ķermeni" (*Fraction of exposure with hands/body*)

Ekspozīcijas sadalījuma koeficienti rokām (F_{rokas}) un ķermenim ($F_{\text{ķermenis}}$) norāda, kā ekspozīcija tiek sadalīta pa rokām un ķermeni. Šie sadalījuma koeficienti ir svarīgi, ja tiek izmantots kopējās ekspozīcijas kombinētais pārvades koeficients, jo šie koeficienti ļauj atsevišķi novērtēt roku un ķermeņa ekspozīciju. Tādējādi var ņemt vērā aizsardzību, ko nodrošina apģērbs vai cimdi, un var aprēķināt orālo ekspozīciju, ko izraisa rokas saskare ar muti.

Ja tiek izmantoti atsevišķi pārvades koeficienti roku un ķermeņa ekspozīcijai, ekspozīcijas sadalījuma koeficienti ir īpaši informatīvi, jo ekspozīcijas sadalījums ir jau noteikts ar pārvades koeficientiem. Tādējādi BROWSE un EUROPOEM – EFSA pārvades koeficientiem ekspozīcijas sadalījuma koeficientus nosaka, aprēķinot rokas un ķermeņa ekspozīcijas pārvades koeficienta attiecību pret kopējo ekspozīcijas pārvades koeficientu (1), (2):

$$F_{\text{rokas}} = PK_{\text{rokām}}/PK_{\text{kopējais}} \quad (2.1)$$

$$F_{\text{ķermenis}} = PK_{\text{ķermenim}}/PK_{\text{kopējais}} = 1 - F_{\text{rokām}} \quad (2.2)$$

Piemērs BROWSE pārvades koeficientiem augļu novākšanai augļu dārzā:

$$F_{\text{IDE,rokas}} = PK_{\text{IDE,rokam}} / PK_{\text{IDE,kopējais}} = 1500/23300 = 0.06 = 6 \%$$

$$F_{\text{IDE,ķermenis}} = PK_{\text{IDE,ķermenim}}/PK_{\text{IDE,kopējais}} = 21800/23300 = 0.95 = 94\%$$

Ekspozīcijas sadalījuma koeficienti, kas balstīti uz BROWSE pārvades koeficientiem, tiek izmantoti kā noklusējumi opcijā "sava vērtība > kombinētais pārvades koeficients rokām un ķermenim". Tomēr lietotājs var norādīt arī citas vērtības.

Tā kā ASV VAA sniedz tikai pārvades koeficientus attiecībā uz kopējo faktisko ekspozīciju, tad nav iespējams izmantot iepriekš aprakstīto pieeju ekspozīcijas sadalījuma koeficientu aprēķināšanai. Tas attiecas uz ASV VAA pārvades koeficientiem, kas norādīti 2.1. tabulā avotos no c1 līdz c7. Tādēļ to vietā tiek izmantoti Baugera (2005) ekspozīcijas sadalījuma koeficienti.

Piemērs ASV VAA pārvades koeficientiem augļu novākšanai augļu dārzā:

$$F_{\text{FDA,rokas}} = 70\% \text{ (Baugher, 2005, 2. tabula)} \rightarrow F_{\text{FDA,ķermenis}} = 100 - 70 = 30\%$$

2.2. tabulā sniegts pārskats par BROWSE programmatūras izmantotajiem ekspozīcijas sadalījuma koeficientiem.

2.2. tabula

Ekspozīcijas sadalījuma koeficientu noklusējuma vērtības, %

			Augļu dārza novākšana	Avots	Augļu koku apgriešana	Avots	Augļu koku retināšana	Avots	Vīnogu novākšana	Avots	Dekoratīvo augu novākšana	Avots	Dārzerģu novākšana	Avots	Miksto augļu novākšana	Avots
BROWSE	IDE	Rokas	6	a					9	a	12	a	47	a	35	a
		Ķermenis	94	a					91	a	88	a	53	a	65	a
	FDE	Rokas	41	a					50	a	58	a	90	a	84	a
Ķermenis		59	a					50	a	42	a	10	a	16	a	
EPNI	IDE	Rokas	11	a					24	b	29	a	38	a		
		Ķermenis	89	a					76	b	71	a	62	a		
	FDE	Rokas	56	a					76	a	80	a	88	a	68	a
Ķermenis		44	a					24	a	20	a	12	a	32	a	
ASV VAA	FDE	Rokas	70	b	55	b	70	b	59	b	64	b	77	b	84	b
		Ķermenis	30	b	45	b	30	b	41	b	36	b	23	b	16	b

Izmantotie avoti:

- pamatojoties uz pārvades koeficientiem no 2.1. tabulas
- pamatojoties uz ekspozīcijas sadalījuma koeficientiem no Baugera literatūras (2005).

5.3. Parametrs "Ekspozīcijas ilgums" (*Duration of exposure*).

Ekspozīcijas ilgums ir laiks, kas pavadīts apstrādātajā teritorijā, veicot, piemēram, ražas novākšanu.

Browse programmatūrā, lai norādītu ekspozīcijas ilguma noklusētās vērtības katra scenārija gadījumā, tika izmantoti aptaujas dati. Šie dati tika apkopoti BROWSE un CAPEX aptaujas ietvaros. BROWSE aptaujas tika veiktas, lai programmatūras sastādītāji varētu veikt apdomātus lēmumus par noklusēto vērtību iestatīšanu. Informācija tika apkopota, izmantojot tiešās intervijas trijās valstīs: Itālijā, Grieķijā un Apvienotajā Karalistē. BROWSE iegūtie dati tika papildināti ar datiem no CAPEX aptaujām. Šo aptauju mērķis bija ar uzturu nesaistītu AAL kopējo ekspozīciju novērtēšana, veicot izmēģinājuma aptaujas Apvienotajā Karalistē, Beļģijā, Spānijā, Grieķijā, Polijā un Itālijā (Glass et al., 2012).

Pamatojoties uz šo aptauju datu analīzi, noklusējamās vērtības ekspozīcijas ilgumam tika ieteiktas un ieviestas programmatūrā. Šīs vērtības ir parādītas 2.3. tabulā. Papildus šiem noklusējumiem ir iespējams norādīt arī citu vērtību, izvēloties opciju "konstante - sava vērtība".

2.3. tabula

Ekspozīcijas ilguma noklusējuma vērtības, h. Avots: BROWSE un CAPEX

Kultūrauga grupa	Darbība	Ekspozīcijas ilgums
Augļudārzs	Novākšana/apgriešana/retināšana	8
Vīnogas	Novākšana	8

Dārzeņi	Novākšana	8
Dekoratīvie augi	Novākšana	7
Mīkstie augļi	Novākšana	8

5.4. Apģērbs, galvassega un cimdi.

BROWSE programmatūra piedāvā dažādas apģērba, galvassega un cimdu izvēles opcijas. Šīs opcijas atspoguļo darba ņēmēja visbiežāk valkāto apģērba veidu, kā norādīts BROWSE un CAPEX veiktajās aptaujās. Izvēlētais apģērbs nosaka, cik lielā mērā darbinieka āda ir pārklāta, saskaroties ar kultūraugu.

5.5. Parametrs “Pārklājums, ko nodrošina apģērbs” (*Coverage provided by clothing*)

Apģērba sniegto ķermeņa pārklājumu izsaka ar koeficientu *c*. Katrai apģērba un galvassega kombinācijai tika noteikti piemēroti pārklājuma koeficienti, izmantojot ASV VAA datus par ķermeņa daļas virsmas laukumiem vīriešiem un sievietēm (ASV VAA, 2011). Šo datu vērtības ir norādītas 2.4. tabulā. Ņemot vērā šos ķermeņa daļas virsmas laukumus, ķermeņa pārklājuma koeficienti tika aprēķināti, pieņemot ka:

- pēdas vienmēr ir nosegtas;
- t - kreklis nosedz rumpi un augšdelmus;
- kreklis ar garām piedurknēm nosedz rumpi un rokas visā to garumā;
- šorti nosedz augšstilbus;
- bikses nosedz kājas visā to garumā;
- cepure nosedz galvu.

2.4. tabula

Vidējās ķermeņa daļas virsmas laukuma noklusējuma vērtības, m². Avots: ASV VAA, 2011

Ķermeņa daļa	Vīrietis	Sieviete
Galva	0,136	0,114
Rumpis	0,827	0,654
Augšdelms/i	0,172	0,127

Apakšdelmi	0,148	0,110
Augšstilbi	0,412	0,364
Apakšstilbi	0,268	0,233
Pēdas	0,137	0,122
Kopējais ķermenis	2,100	1,724

Piemērs: darbinieks vīrietis ir uzvilcis t – kreklu un šortus, šie apģērba gabali nosedz augšdelmus (0.172 m²), rumpi (0.827 m²) un augšstilbus (0.421 m²). Un tiek pieņemts, ka arī pēdas ir nosegtas (0.137 m²):

$(0.172 + 0.827 + 0.412 + 0.137)/2.1 = 0.74 = 74\%$.

Rezultātā ķermeņa pārklājuma koeficients ir 74 %, t.i. 74% no ķermeņa ir nosegts ar apģērbu.

Izmantojot šo pašu metodi attiecībā uz pārējiem apģērbiem un galvassegu kombinācijām, tika noteikts pilns noklusējuma ķermeņa pārklājuma koeficientu kopums (skat. 2.5. tabulu).

2.5. tabula

Ķermeņa pārklājuma koeficientu noklusējuma vērtības, %

Apģērbs un galvassegas	Vīrietis	Sieviete
Šorti un t - kreklis	74	74
Šorti un kreklis ar garām piedurknēm	81	80
Bikses un t - kreklis	86	87
Bikses un kreklis ar garām piedurknēm	94	93
Šorti un t - kreklis + cepure	77	77
Šorti un kreklis ar garām piedurknēm + cepure	84	83
Bikses un t – kreklis + cepure	90	90

Bikses un kreklis ar garām piedurknēm + cepure	97	97
--	----	----

5.6. Parametrs “Apģērba un cimdū caurlaidības koeficients” (*Migration factor for clothing; Migration factor for gloves*)

Apģērbu caurlaidības koeficients (MF_C) tiek izmantots kombinācijā ar ķermeņa pārklājuma koeficientu c , lai ņemtu vērā apģērba sniegto aizsardzību, turpretim cimdū caurlaidības koeficients (MF_G) ņem vērā cimdū nodrošināto aizsardzību rokām.

6. tabulā ir norādītas caurlaidības koeficientu noklusējuma vērtības, pamatojoties uz EFSA (EFSA, 2010) ierosinātajām vērtībām. Parastam darba apģērbam un cimdiem (piemēram, kokvilnas cimdi) izmanto caurlaidības koeficienta vērtību 20% (EFSA ierosinājums vienkārtainam darba apģērbam), turpretim ķīmiski izturīgu darba cimdū caurlaidības koeficients ir 5%.

2.6. tabula

Caurlaidības koeficientu noklusējuma vērtības apģērbam, galvassegām un cimdiem. Avots: EFSA,, 2010

Apģērbs vai cimdi	Apzīmējums	Caurlaidības koeficients, %
Apģērbs un galvassega	MG_C	20
Cimdi:		
Ķīmiski izturīgi	MF_G	5
Parasti	MF_G	20

5.7. Parametrs “Atkārtotas iekļūšanas intervāls” (*Re-entry interval*).

Atkārtotas iekļūšanas intervāls ir laika posms no brīža, kad ar AAL ir apstrādāta teritorija, līdz brīdim, kad darbinieks atkārtotai iekļūst apstrādātajā teritorijā.

Programmatūrā iespējams izvēlēties kādu no trim opcijām:

- Konstante – reālistisks sliktākais gadījums (*Constant – realistic worst-case*): 0 dienas;
- Konstante – BROWSE/CAPEX aptaujas dati (*Constant – BROWSE/CAPEX surveys*): noklusējuma vērtības dotas 2.7. tabulā;
- Konstante – sava vērtība (*Constant – own value*).

Noklusējuma opcija 0 dienas tiek uzskatīta par reālistiski sliktāko gadījumu un to izvēlās gadījumos, kad darbinieks ir iegājis ar AAL apstrādātajā teritorijā tajā pašā dienā, kad ir veikta šī apstrāde.

2.7. tabula

Atkārtotas iekļūšanas intervāla noklusējuma vērtības, d

Kultūrauga grupa	Darbība	Atkārtotas iekļūšanas intervāls, d
Augļudārzs	Novākšana/apgriešana/retināšana	Nav pieejamu datu
Vīnogas	Novākšana	2
Dārzeni	Novākšana	2
Dekoratīvie augi	Novākšana	1
Mīkstie augļi	Novākšana	1

5.8. Parametrs “Ķermeņa masa” (*Body weight*).

Darba ņēmēja ķermeņa masa ir nozīmīgs parametrs, lai ārējo dermālo ekspozīciju pārvērstu absorbētajā devā. Tā kā ķermeņa svars atspoguļo dzimumam atšķirības, tad dažādas vērtības tika izmantotas attiecīgi lietotāja izvēlētajam dzimumam (*Gender*) - vīrietis vai sieviete. Pēc noklusējuma programmatūra izmanto ķermeņa masas sadalījumu (*Distribution - EFSA **), pamatojoties uz EFSA datiem (EFSA, 2012b). Tomēr programmatūras lietotājs var izmantot arī konstantu vērtību, pamatojoties uz EFSA datu vidējo vērtību (*Constant - EFSA*), vai arī izmantot savu vērtību (*Constant - own value*). Ķermeņa masas sadalījuma parametri (t.s. vidējās vērtības) ir pieejami 8. tabulā.

Ķermeņa masas sadalījuma parametri vīriešiem un sievietēm, kg. Avots: EFSA, 2012b

Dzimums	Ķermeņa masa statistikas dati, kg						
	Vidējā vērt.	SD	Mediāna	P5	P95	≤70 kg, %	>70 kg, %
Vīrietis	82.0	13.1	82.0	63.0	105.0	18.4	81.6
Sieviete	67.2	12.8	66.0	50.0	90.7	70.9	29.1

5.9. Parametrs “AAL atliekvielas - DFR” (*Dislodgeable Foliar Residue*).

DFR (*Dislodgeable foliar residue*) ir darbīgās vielas atliekvielu daudzums, kas atrodas uz lapu virsmas un var tikt pārņemts uz darbinieku, saskaroties ar kultūraugu.

Programmatūra piedāvā 3 dažādas opcijas, kā DFR tiek aprēķināts. Pirmajā opcijā tiek izmantots PEARL – OPS modelis (par to vairāk informācijas 5.13. nodaļā), lai aprēķinātu DFR, taču otrajā un trešajā opcijā ir iespējams ievadīt savas vērtības.

1. opcija: DFR aprēķina programmatūra.

PEARL – OPS modelis imitē vielas izgarošanu no kultūrauga, tāpēc modelis aprēķina nogulšņu daudzumu uz kultūrauga, t.i. izgarošanas avotam. Sākotnējo vielas nogulsnešanos uz kultūrauga aprēķina, pamatojoties uz izmantotās darbīgās vielas devu un kultūrauga pārtveršanas koeficientu (*Crop interception factor*) (3):

$$\text{INITIAL DEPOSIT} = \text{ASD} \times \text{CI}, \text{ kur} \quad (2.3)$$

Initial deposit - Sākotnējais depozīts uz kultūrauga

ASD - Darbīgās vielas deva kg, aprēķināts cilnē "novērtējums", kg d.v./ha

CI - kultūrauga pārtveršanas koeficients, %

Laika gaitā šis kultūrauga depozīts samazināsies, jo notiek izgarošana. Vēlākā modeļa izstrādes posmā var apsvērt arī citus procesus, piemēram, degradāciju, ieviešot atbilstošus pussabrukšanas laikus. Lai gan kultūraugu sākotnējo depozītu ietekmēja kultūrauga pārtveršanas koeficients, izmantotās devas daļa kultūraugam tagad ir mazāka, un to isaka AmaCrp PEARL - OPS koeficients. Plašāka informācija par PEAR - OPS modeli atrodama 5.13. sadaļā (4):

$$\text{INITIAL DEPOSIT} = \text{ASD} \times \text{AmaCrp}, \text{ kur} \quad (2.4)$$

Initial deposit - Sākotnējais depozīts uz kultūrauga

ASD - Darbīgās vielas deva (kg d.v./ha), aprēķināts cilnē "novērtējums"

AmaCrp - Izmantotās devas procentuālais daudzums, kas atlicis uz kultūrauga, %

Šī vērtība tiek pārvērsta uz DFR, izmantojot lapu laukuma indeksu. Šajā algoritmā ir ieviests papildu parametrs F_D , lai ņemtu vērā depozīta atbrīvojamo daļu (5). Pašlaik šis parametrs pēc noklusējuma ir iestatīts 100%, jo nav datu, kas dotu informāciju par citu vērtību. Kad ir pieejami dati, tad šo koeficientu var atjaunināt uz atbilstošāku vērtību.

$$\text{DFR} = \text{DEPOSIT} \times F_D / \text{LAI}, \text{ kur} \quad (2.5)$$

DFR - atliekvielas, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

Deposit - atlikušās nogulsnes uz kultūrauga, aprēķina PERL - OPS, kg d.v./ha

F_D - sadalīšanās koeficients, %

LAI - lapu laukuma indekss, lietotāja ievade (skat. zemāk)

2. opcija: Sava vērtība - vienkāršots

Otro opciju var izmantot, ja ir pieejami eksperimentāli DFR dati. Izvēloties šo opciju, lietotājs var ievadīt savu DFR vērtību. Tā kā lietotāja DFR ir punktu novērtējums, kas neatspoguļo atlieku samazināšanos laika gaitā, tiks aprēķināta tikai akūtā ekspozīcija, jo šis DFR nav piemērots ilgtermiņa ekspozīcijas novērtēšanas veikšanai. Tas ir līdzīgi, kā darbinieka ekspozīcijas novērtēšana šobrīd tiek veikta.

EUROPOEM ierosina izmantot vērtību $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ uz kg d.v./ha, pamatojoties uz 90. procentili DFR datiem, kas iegūti no literatūras (Van Hemmen et al., 2002). Šī konservatīvā DFR vērtība tiek izmantota kā noklusējuma vērtība BROWSE programmatūrā. Tā kā šo vērtību pielāgo izmantotās darbīgās vielas devai, BROWSE programma to pārvērš uz mērvienību $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, reizinot šo vērtību ar izmantotās darbīgās vielas devu (kā aprēķināts "novērtējuma" cilnē). Kā arī lietotājs var uzreiz aizpildīt DFR vērtību jau $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

3. opcija: Sava vērtība - advencēts

Trešā opcija ļauj lietotājam modelī ievadīt detalizētākas ievades par DFR. Šie dati ir - atkārtotas iekļūšanas intervāls, ilgākā laika perioda vērtējums, sākotnējais DFR un darbīgās vielas uz lapu virsmas pussabrukšanas periodu (foliar half-life). No šīs informācijas, izmantojot zināmo smidzinājumu skaitu - viena vai vairākas reizes, var aprēķināt akūto un ilgāka laika perioda ekspozīciju.

DFR akūtai ekspozīcijai pēc vienas smidzināšanas reizes aprēķina, izmantojot DFR_0 (sākotnējo DFR uz kultūrauga tikko pēc AAL lietošanas). EUROPOEM vērtība $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ uz $\text{kg d.v.}/\text{ha}$ ir iestatīta kā noklusējuma vērtība (Van Hemmen et al., 2002). Šo vērtību vispirms pārvērš $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, reizinot to ar darbīgās vielas devu, kas aprēķināta cilnē “novērtējums”. Vai lietotājs var norādīt citu ievades vērtību, pēc tam DFR_t (t.i. DFR atkārtotas iekļūšanas brīdī) var aprēķināt šādi (6):

$$DFR_t = DFR_0 \times E^{-k \cdot t}, \text{ kur} \quad (2.6)$$

DFR_t - DFR atkārtotas iekļūšanas brīdī, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

DFR_0 - sākotnējo DFR uz kultūrauga tikko pēc AAL lietošanas, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

k - noārdīšanās koeficients, aprēķināts no darbīgās vielas pussabrukšanas laika:
 $k = \ln(2)/DT_{50}$, d

DT_{50} - darbīgās vielas pussabrukšanas laiks uz auga lapas/lapā, d

t - atkārtotas iekļūšanas laiks

DFR ilgāka laika perioda ekspozīcijai pēc vienas smidzināšanas reizes aprēķina, izmantojot līdzīgu formulu, taču šajā gadījumā DFR aprēķina katrai ilgāka termiņa novērtējuma perioda dienai (DFR_x) un pēc tam aprēķina vidējo vērtību attiecīgajā periodā (DFR_x) (7):

$$DFR_x = DFR_0 \times E^{-k \cdot x}, \text{ kur} \quad (2.7)$$

DFR_x - DFR atkārtotas iekļūšanas brīdī, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

DFR_0 - sākotnējo DFR uz kultūrauga tikko pēc AAL lietošanas, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$

k - noārdīšanās koeficients, aprēķināts no darbīgās vielas pussabrukšanas laika:
 $k = \ln(2)/DT_{50}$, d

DT_{50} - darbīgās vielas pussabrukšanas laiks uz auga lapas/lapā, d

x - atkārtotas iekļūšanas laiks

5.10. Paramters “Augšanas stadijas un kultūrauga pārtveršanas koeficienti” (*Growth stages and crop interception factors*).

Kultūrauga pārtveršanas koeficienti tiek izmantoti PEARL-OPS, lai aprēķinātu izmantotās devas daļu, kas ir nogulsņējusies uz kultūrauga. Noklusējuma vērtības ir pieejamas 2.9. tabulā, kas ir ieteiktas, pamatojoties uz FOCUS gruntsūdeņos izmantotajiem pārtveršanas koeficientiem (FOCUS, 2000). Tā kā pārtveršanas apjoms palielinās, kultūraugam sezonas laikā augot, tad ir pieejami dažādi kultūrauga pārtveršanas koeficienti ir pieejami atkarībā no kultūrauga augšanas stadijas. Kultūrauga pārtveršanas koeficientus var mainīt, izvēloties citu augšanas stadiju vai arī izvēloties opciju "konstante - sava vērtība".

2.9. tabula.

Kultūrauga pārtveršanas koeficientu noklusējuma vērtības, %. Avots : FOCUS (2000).

Kultūrauga grupa	FOCUS kultūraugs	Augšanas stadija	Pārtveršanas koeficients
Augļudārza augļi	Āboli	Bez lapām - agra	50
		Ziedēšana	65
		Lapu attīstība	70
		Pilna lapu attīstība -	80
Vīnogas	Vīnogulāji	Bez lapām	40
		Pirmās lapas	50
		Lapu attīstība	60
		Ziedēšana	70
		Nogatavošanās	85
Mīkstie augļi	Zemenes	Bez lapām	0
		Lapu attīstība	30

		Stublāja pagarināšanās	50
		Ziedēšana	60
		Nogatavošanās	60

Iedzīvotāja un garāmgājēja modelī tiek izmantota kultūrauga pārtveršanas koeficienta noklusējuma vērtība 100%. Tādēļ ir pieejama opcija "konstatne - sliktākais gadījums", lai nodrošinātu, ka darbinieka un iedzīvotājs/garāmgājējs modeļi ir saderīgi, kad tiek veikta vienreizēja programmatūras palaišana. Ikreiz, kad tiks izmantota vienreizēja darbinieka un iedzīvotājs/garāmgājējs modeļu palaišana, šāda opcija būs vienīgā pieejamā. Pašlaik tas attiecas tikai uz augļu dārza scenāriju. Kad ir nepieciešams aprēķināt darbinieka modeli, var izmantot augšanas stadijas un kultūrauga pārklāšanās koeficientus.

Lai nodrošinātu turpmāku darbinieka modeļa un iedzīvotājs/garāmgājējs modeļa saskaņotību, augļu dārza scenārijā augšanas stadijas izvēles ir ierobežotas līdz "agra" un "pilna lapu attīstība". Šīs attīstības stadijas ir izmantotas iedzīvotājs/garāmgājējs modelī, lai novērtētu ekspozīciju, kas radusies no augļu dārza smidzināšanas un vairāk vai mazāk atbilst FOCUS attīstības stadijām "bez lapām" un "pilna lapu attīstība".

Augļu koku apgriešanas scenārijā pēc noklusējuma attīstības stadija ir iestatīta "agra", bet augļu novākšanas un augļu koku retināšanas scenārijos attīstības stadija ir iestatīta "vēla vai pilna lapu attīstība". Attiecībā uz pārējiem scenārijiem (vīnogas, mīkstie augļi), noklusējums augšanas stadijai ir "nogatavošanās".

5.11. Parametrs "Lapas virsmas laukuma indekss" (*Leaf area index*)

Lapas virsmas laukuma indeksu izmanto, pārvēršot depozītu uz kultūrauga, izmantojot PEARL-OPS, lai aprēķinātu DFR. Noklusējuma vērtības ir pieejamas 2.10. tabulā, kas balstītas uz vērtībām, ko izmanto atkārtotas iekļūšanas riska indikatoros, un to ir izstrādājis HAIR projekts (HAIR, 2013).

Lapas virsmas laukuma indeksa noklusējuma vērtības, %. Avots : HAIR, 2003.

Kultūrauga grupa	Agra attīstības stadija	Vēla attīstības stadija
Vīnogas	2	4
Augļu dārza augļi	2	4
Dārzeni	1	2
Mīkstie augļi	1	2

5.12. Parametrs “Elpošanas ātrums” (*Breathing rate*).

Elpošanas ātrums ir ievades parametrs, lai aprēķinātu darbinieka inhalācijas ekspozīciju. Noklusētās vērtības 2.11. tabulā ir balstītas uz datiem no ASV VAA ekspozīcijas koeficienta rokasgrāmatas, kas ietver elpošanas tempus vīriešiem un sievietēm dažādu aktivitāšu laikā (ASV VAA, 2011). Elpošanas ātrumi “vieglas intensitātes” un “vidējas intensitātes” aktivitātēm ir uzstādītas programmatūrā.

Viegla intensitātes aktivitāte ir definēta ar metabolisko ekvivalentu (MET) vērtībā no 1.5 līdz 3, turpretim vidējās intensitātes aktivitātei MET vērtība ir no 3 līdz 6. MET definē aktivitātes intensitāti. 2011. gada fizisko aktivitāšu apkopojums sniedz MET vērtību sarakstu vairāk nekā 800 darbībām, tostarp vairākām ar lauksaimniecību saistītām aktivitātēm, kurām MET vērtības svārstās no 1,8 līdz 7,8, ar vērtību 4,8 ražas novākšanas darbībām (Ainsworth et al. 2011; Ainsworth et al., 2014).

Ir pieejamas gan sadales (*Distribution*), gan nemainīgas vērtības (*Constant - EFSA*) (pamatojoties uz sadales vidējām vērtībām), kā arī lietotājs var ievadīt savu vērtību, izvēloties “Konstante - sava vērtība”.

Noklusējuma vērtības parametram elpošanas ātrums vīriešiem un sievietēm, m³/h. Avots: ASV VAA, 2011.

Dzimums	Darbības intensitāte	Elpošanas ātruma statistiskie parametri, m ³ /h								
		Vidējā vērtība	5	10	25	50	75	90	95	Max

Vīrietis ¹	Viegla	0,88	0,67	0,70	0,78	0,86	0,95	1,08	1,16	1,53
	Vidēja	1,96	1,34	1,44	1,68	1,88	2,22	2,50	2,75	4,23
Sieviete ¹	Viegla	0,72	0,59	0,61	0,65	0,71	0,78	0,85	0,89	1,07
	Vidēja	1,51	1,13	1,19	1,31	1,56	1,69	1,91	2,10	2,92

¹Vecuma grupa tika izvēlēta no 51 līdz 61 gads, kam max vērtības tika norādītas VAA ekspozīcijas koeficienta rokasgrāmatā.

5.13. PEARL – OPS modelis (*Pesticide Emission Assessment at Regional and Local scales*)

Tvaiku emisijas gaisā pēc AAL izsmidzināšanas uz kultūraugiem aprēķina ar PEARL (augu aizsardzības līdzekļu emisijas novērtējums reģionālā un vietējā mērogā, angl. - *Pesticide Emission Assesment at Regional and Local scale*) modeļa. PEARL versija BROWSE programmatūrai ir balstīta uz PEARL versiju, ko pašlaik izmanto, lai novērtētu ieplūdi grunstūdeņos reģistrācijas procesā ES līmenī. Šī versija ietver uzlabotu aprakstu par AAL izgarošanu no kultūraugiem, kā arī citu procesu aprakstu, kas notiek uz augu virsmas, piemēram, par AAL iekļūšanu auga audos, noskalošanos un fototransformāciju (van den Berg & Leistra, 2004). Turklāt šai versijai ir iespēja nolasīt meteoroloģiskos datus pa stundām, tāpēc AAL izgarošanu var novērtēt, pamatojoties uz stundām.

PEARL ir sasaistīts ar atmosfēras izkliedes modeli OPS, kas imitē piesārņojošo vielu koncentrāciju atmosfērā un tās nogulsšanās noteiktajā interesējošajā teritorijā. OPS imitē izkliedes, transportēšanāsķīmiskās pārveides un visbeidzot nogulsšanās atmosfēras procesa secību (van Jaarsveld, 2004).Īpašā augstas izšķirtspējas OPS modeļa versija, kas tiek izmantota BROWSE programmatūrā, ļauj iekļaut emisiju izmaiņas stundu laikā (van Pul et al., 2008). OPS ir izveidots kā universāls satvars, kas atbalsta dažādu piesārņojošu vielu un konkrētu pielietojumu modeļēšanu.

OPS spēj aprēķināt koncentrāciju stundas laika posmos, izmantojot mainīgu virsmas avota stiprumu. Iznākums ir aprēķināts receptora punktiem, kas jānorāda lietotājam. Stiulāciju laikā ņem vērā: 1) avota īpašības un stiprumu; 2) meteoroloģiskos apstāļus; 3) vietējo zemes segumu un zemes izmantojumu teritorijā un konkrētajos ietekmētajos punktos. BROWSE programmatūrai uzlabotais PEARL modelis tika savienots ar OPS, lai nodrošinātu no laika atkarīgu gaisa koncentrāciju paredzēšanu ar stundas izšķirtspēju ap avota lauku un tajā iekšā. Apvienotais PEARL - OPS modelis nosaka koncentrāciju divos augstumos (0,7 un 1,4 m) attiecībā uz izkārtojumu un atrašanās vietām.

PEARL - OPS izvades dati ir aprstrādāti, lai noteiktu koncentrācijas gaisā atkārtotas iekļūšanas dienā vidējo vērtību laika posma no 8:00 līdz 18:00. Atkārtotas iekļūšanas dienu nosaka ar atkārtotas iekļūšanas intervālu, un laika posmu no 8:00 līdz 18:00 uzskata par laika posmu, kurā strādnieki varētu

būt aktīvi. Kā arī PEARL - OPS izvades dati ir aprēķināti, lai noteiktu vidējo koncentrāciju ilgāka laika periodā 7 dienu laikā katrā AAL lietošanas reizē, atkal ņemot vērā darba laiku no plkst. 8:00 līdz 18:00.

6. Rezultāti

Kad dati ir savādīti, tad var spiest uz pogas “aprēķināt”. Kā jau instrukcijas sākumā tika minēts, tad programmatūra rēķina aptuveni 5 min. Un galā uzrādās rezultāti cilnē “rezultāti - darbinieks” (*Results - Worker*) (skat. **2.13. attēlu**).

Zemāk no **2.10.** līdz **2.13.** attēlam tiks parādīti aizpildītie parametri ābeļu fungicīda AAL *Syllit* darbinieka modeļa ekspozīcijas novērtēšanai.

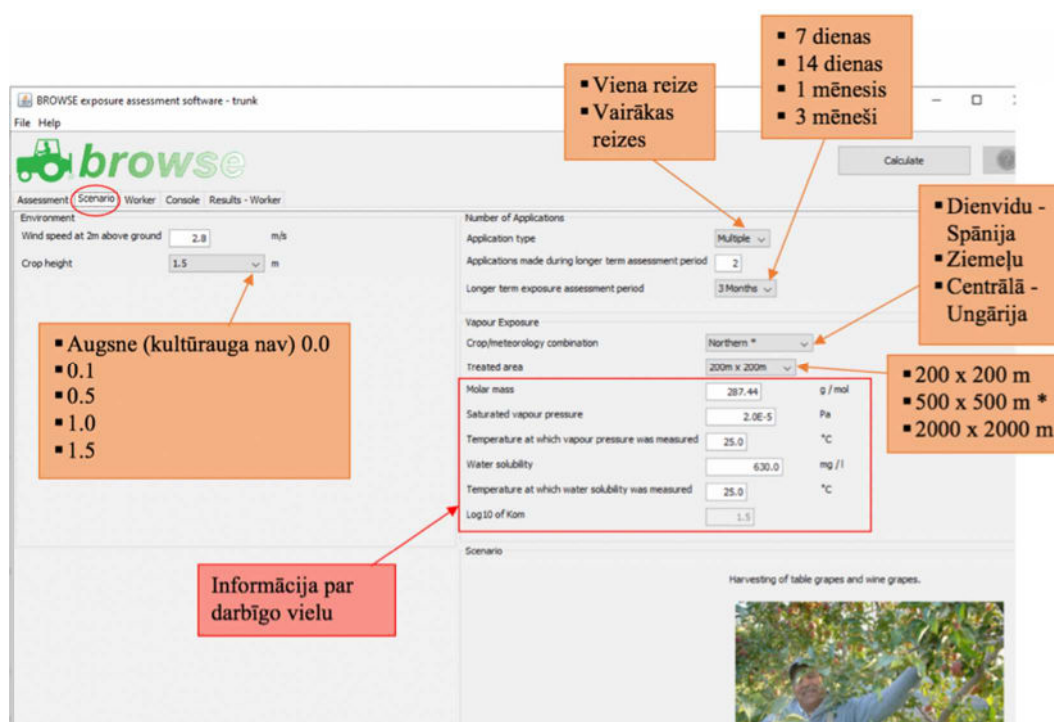
The screenshot displays the BROWSE exposure assessment software interface. The window title is "BROWSE exposure assessment software - trunk". The interface includes a menu bar (File, Help) and a toolbar with a "Calculate" button. The main area is divided into several sections:

- Assessment:** Fields for "Run title" and "Assessor name".
- Scenario:** Fields for "Crop name" (filled with "Ābeles"), "Crop type" (filled with "Orchard"), "Application technique" (filled with "Any - worker only"), and "Scenario" (filled with "Harvesting, pruning or thinning orchard fruit").
- Calculate exposure for:** Checkboxes for "Operator", "Resident/Bystander", and "Worker" (checked). A "Default exposure percentile" field is set to "75.0 %".
- Product:** Fields for "Product name" (filled with "Syllit 544 SC"), "Active substance name" (filled with "Dodins"), "Compound code in MCRA (if applicable)", "Product formulation type" (filled with "Liquid"), "Concentration (active substance) in product" (filled with "544.0 g/l"), "Product dose" (filled with "1.25 l/ha"), and "Active substance dose" (filled with "680.0 g/ha").
- Exposure:** A table showing calculated exposure values:

AOEL	0.045	mg/kg body weight/day
Acute AOEL	0.045	mg/kg body weight/day
Dermal absorption of product	10.0	%
Dermal absorption of in use dilution	50.0	%
Oral absorption	100.0	%
Skin to mouth transfer factor	43.0	%
Percentage of hand area making contact with mouth	7.0	%
Inhalation absorption factor	100.0	%
- Scenario:** A text description "Harvesting of table grapes and wine grapes." and a photograph of a worker in a blue shirt harvesting grapes.

Two red boxes with arrows highlight specific areas: one box labeled "Informācija par darbīgo vielu" points to the "Product" section, and another box labeled "Informācija par AAL" points to the "Exposure" table.

2.10. attēls. Cilnes “novērtējums” ievades.



2.11. attēls. Cilnes “scenārijs” ievades.

BROWSE exposure assessment software - trunk

File Help

browse

Assessment Scenario Worker Console Results - Worker

Activity: Harvesting

Source of transfer coefficients: BROWSE

Type of transfer coefficient: Based on Potential Dermal Exposure (POE)

Transfer coefficient type: Separate TC for hands and body

Hands TC: 1500 cm²/hour

Body TC: 21800 cm²/hour

Combined TC: 23300 cm²/hour

Fraction of exposure with hands: 6.44 %

Fraction of exposure with body: 93.56 %

Re-entry interval: Constant - realistic worst case 0 days

Days between applications: 7 days

Duration of task: Constant - BROWSE/CAPEX surveys 8 h/day

Worker: Male

Gender: Male

Body weight: Distribution - EFSA N(82.0, 13.1) kg

Breathing Rate: Moderate intensity Distribution - US EPA N(1.96, 0.4) m³/hour

Clothing: Shorts and t-shirt

Head wear: None

Coverage provided by clothing: Constant - US EPA 74.0 %

Gloves: None

Migration factor for gloves: Constant - EFSA 100.0 % migration

Crop: Dislodgeable Foliar Residue (DFR) Calculated by software

Growth stage: Early or dormant

Crop interception ratio: Constant - FOCUS Groundwater 50.0 %

Leaf area index (LAI): Constant - MA3R 2

DFR distribution type: 90th percentile

DFR Units: µg/cm²

Dislodgeable Foliar Residue (DFR) value: 1.5 µg/cm²

DFR just after application: 2.21 µg/cm²

Foliar half-life time: 30 days

DFR just after application for re-entry: 2.776 µg/cm²

DFR just after application for re-entry (average): 1.3394 µg/cm²

Active substance dose: 0.68 kg/ha

Vapour Exposure: Vapour Exposure parameters are now on the scenario tab.

Calculate

2.12. attēls. Cilnes “darbinieks” ievades

BROWSE exposure assessment software - trunk

File Help

browse

Assessment Scenario Worker Console Results - Worker

Scenario: Harvesting, pruning or thinning orchard fruit

Statistic: izvēlas ar kādu procentili rēķinās rezultātus

Statistic: Own value 0.75

Ekspozīcijas novērtējums attiecīgi laika periodam:
- akūti
- ilgāka laika

Kopējais rezultāts attiecīgi pa kolonām

Ekspozīcija, mg/kg k.m./d

Absorbētais daudzums, mg/kg k.m./d

Proporcija no AOEL

Acute/Longer term	Exposure route	Exposure (mg/kg bodyweight/day)	Absorbed amount (mg/kg bodyweight/day)	Proportion of (A)AOEL*
Acute	Dermal (hands)	0.689	0.344	7.65
	Dermal (body bare)	0.937	0.468	10.4
	Dermal (body clothed)	0.533	0.267	5.93
	Dermal (total)	2.15	1.08	23.9
	Ingestion	0.00196	0.00196	0.0436
	Inhalation	0.00000181	0.00000181	0.0000403
TOTAL		2.16	1.08	24.0
Longer term	Dermal (hands)	0.112	0.056	1.25
	Dermal (body bare)	0.154	0.0772	1.72
	Dermal (body clothed)	0.0879	0.0439	0.977
	Dermal (total)	0.354	0.177	3.94
	Ingestion	0.000320	0.000320	0.00711
	Inhalation	0.000000250	0.000000250	0.00000555
TOTAL		0.355	0.178	3.95

* Acute exposures are expressed as a proportion of the AOEL; longer term exposures are expressed as a proportion of the AOEL.
* Acute exposures are not calculated for Multiple applications.

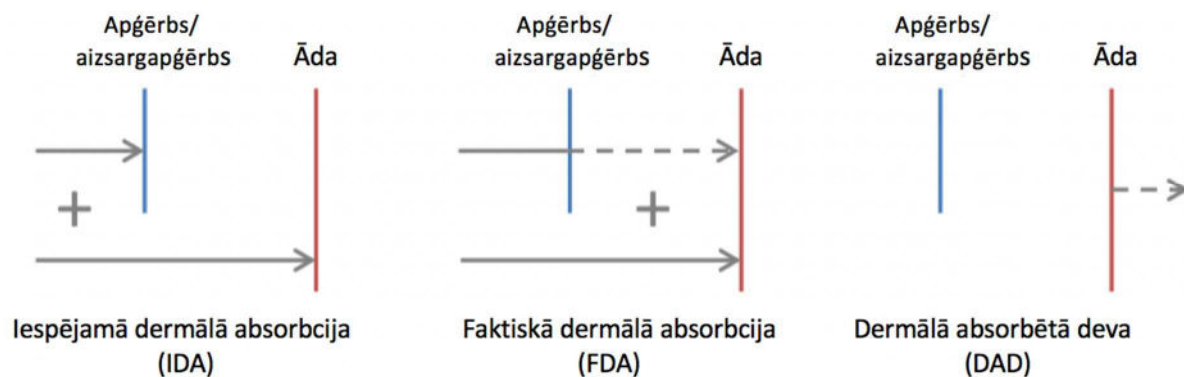
2.13. attēls. Cilnes “rezultāti - darbinieks” ekrānšāviņš

Šajā scenārijā ekspozīcija ir nedaudz palielināta un proporcija no AOEL ir 24%, jo parametrs “atkārtotas iekļūšanas intervāls” tika atstāts pēc noklusējuma 0 dienas, kas nozīmē, ka darbinieks ieiet apsmidzinātajā teritorijā tajā pašā dienā.

6.1. Dermālā ekspozīcija (*Dermal total*)

Atkarībā no pārvades koeficienta veida, kas tiek izmantots, lai novērtētu iedarbību uz ādu, tiek izmantoti dažādi algoritmu kopumi, lai novērtētu ādas ekspozīciju. Pārvades koeficienti var būt balstīti uz iespējamo ādas ekspozīciju vai faktisko ādas ekspozīciju. Uz iespējamo ādas ekspozīciju pamatotie pārvades koeficienti ļauj lietotājam norādīt apģērbu un cimdus, ko izmanto darbinieks. To ņem vērā, izmantojot pārklāšanās koeficientu (*Coverage factor*) un caurlaidības koeficientu (*Migration factor*). Pārklāšanās koeficients nosaka, cik daudz no ķermeņa virsmas laukuma sedz apģērbs, bet caurlaidības koeficients nosaka, cik daudz vielas migrē caur apģērbu/cimdiem un sasniedz darbinieka ādu. Izvēloties pārvades koeficientu, pamatojoties uz faktisko ekspozīciju, jau tiek ņemts vērā caurlaidības apjoms, izmantojot aizsargapģērbu un darba apģērbu (skat. **2.14. attēlu**). Tāpēc, izmantojot šāda veida pārvades koeficientu, nav nepieciešams izmantot pārklāšanās vai caurlaidības koeficientus.

Turklāt ir iespējams izmantot atsevišķus vai kombinētus (apvienotus) pārvades koeficientus attiecībā uz roku un ķermeņa ekspozīciju. Lai novērtētu darba apģērba vai cimdus ietekmi uz darbinieka ekspozīcijas novērtējumu, nepieciešams atsevišķs roku un ķermeņa ekspozīcijas novērtējums. To var izdarīt, izmantojot atsevišķus pārvades koeficientus roku un ķermeņa ekspozīcijai. Lai aprēķinātu orālās iedarbības apjomu, kas saistīts ar rokas saskari ar muti, nepieciešams arī atsevišķs roku ekspozīcijas novērtējums. Tomēr var būt iespējams, ka ir pieejams tikai kombinēts pārvades koeficients attiecībā uz kopējo ekspozīciju, šādā gadījumā lietotājs var norādīt, kā ekspozīcija tiek sadalīta starp rokām un ķermeni, vai izmantot programmatūrā noklusējuma vērtības.



2.14. attēls. Vielas caurlaidības apjoms atkarībā no apģērba.

Formulās norādīts, kā dažāda veida pārvades koeficienti ietekmē dermālo absorbciju.

1. Pārvades koeficients, pamatojoties uz iespējamo ādas ekspozīciju: atsevišķs pārvades koeficients rokām un ķermenim (8), (9), (10):

$$DE_{\text{rokas}} = DFR \times PK_{\text{IDE,rokas}} \times T \times MF_G \quad (2.8)$$

$$DE_{\text{ķermenis,k}} = DFR \times PK_{IDE,\text{ķermenis}} \times T \times (1 - c) \quad (2.9)$$

$$DE_{\text{ķermenis,a}} = DFR \times PK_{IDE,\text{ķermenis}} \times T \times c \times MF_C, \text{ kur} \quad (2.10)$$

DE_{rokas} - roku dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

DFR - atliekvielas, $\mu\text{g/cm}^2$

$PK_{IDE,\text{rokas}}$ - pārvades koeficients rokām, pamatojoties uz iespējamo dermālo ekspozīciju, cm^2/h

T - ekspozīcijas laiks, h/d

MF_G - cimdū caurlaidības koeficients, %

$DE_{\text{ķermenis,k}}$ - kailo ķermeņu daļu dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

$PK_{IDE,\text{ķermenis}}$ - pārvades koeficients ķermenim, pamatojoties uz iespējamo dermālo ekspozīciju, cm^2/h

c - ķermeņa pārklājums, ko nodrošina apģērbs, %

$DE_{\text{ķermenis,a}}$ - apsegto ķermeņu daļu dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

MF_C - apģērba caurlaidības koeficients, %

2. Pārvades koeficients, pamatojoties uz **iespējamo** ādas ekspozīciju: **kombinētais** pārvades koeficients rokām un ķermenim (11), (12), (13):

$$DE_{\text{rokas}} = DFR \times PK_{IDE,\text{kopējais}} \times F_{\text{rokas}} \times T \times MF_G \quad (2.11)$$

$$DE_{\text{ķermenis,k}} = DFR \times PK_{IDE,\text{kopējais}} \times F_{\text{ķermenis}} \times T \times (1 - c) \quad (2.12)$$

$$DE_{\text{ķermenis,a}} = DFR \times PK_{IDE,\text{kopējais}} \times F_{\text{ķermenis}} \times T \times c \times MF_C, \text{ kur} \quad (2.13)$$

DE_{rokas} - roku dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

DFR - atliekvielas, $\mu\text{g/cm}^2$

$PK_{IDE,\text{kopējais}}$ - kopējais pārvades koeficients rokām un ķermenim, pamatojoties uz iespējamo dermālo ekspozīciju, cm^2/h

F_{rokas} - ekspozīcija rokām/kopējā ekspozīcija, %

T - ekspozīcijas laiks, h/d

MF_G - cimdū caurlaidības koeficients, %

$DE_{\text{ķermenis,k}}$ - kailo ķermeņu daļu dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

$F_{\text{ķermenis}}$ - ekspozīcija ķermenim/kopējā ekspozīcija, %

c - ķermeņa pārklājums, ko nodrošina apģērbs, %

$DE_{\text{ķermenis,a}}$ - apsegto ķermeņu daļu dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

MF_C - apģērba caurlaidības koeficients, %

3. Pārvades koeficients, pamatojoties uz **faktisko** dermālo ekspozīciju: **atsevišķs** pārvades koeficients rokām un ķermenim (14), (15):

$$DE_{\text{rokas}} = DFR \times PK_{FDE, \text{rokas}} \times T \quad (2.14)$$

$$DE_{\text{ķermenis}} = DFR \times PK_{FDE, \text{ķermenis}} \times T, \text{ kur} \quad (2.15)$$

DE_{rokas} - roku dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

DFR - atliekvielas, $\mu\text{g/cm}^2$

$PK_{FDE, \text{rokas}}$ - pārvades koeficients rokām, pamatojoties uz faktisko dermālo ekspozīciju, cm^2/h

T - ekspozīcijas laiks, h/d

$DE_{\text{ķermenis}}$ - ķermeņa dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

$PK_{FDE, \text{ķermenis}}$ - pārvades koeficients ķermenim, pamatojoties uz faktisko dermālo ekspozīciju, cm^2/h

4. Pārvades koeficients, pamatojoties uz **faktisko** dermālo ekspozīciju: **kombinētais** pārvades koeficients rokām un ķermenim (16), (17):

$$DE_{\text{rokas}} = DFR \times PK_{FDE, \text{kopējais}} \times F_{\text{rokas}} \times T \quad (2.16)$$

$$DE_{\text{ķermenis}} = DFR \times PK_{FDE, \text{kopējais}} \times F_{\text{ķermenis}} \times T, \text{ kur} \quad (2.17)$$

DE_{rokas} - roku dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

DFR - atliekvielas, $\mu\text{g/cm}^2$

$PK_{FDE, \text{kopējais}}$ - kopējais pārvades koeficients rokām un ķermenim, pamatojoties uz faktisko dermālo ekspozīciju, cm^2/h

F_{rokas} - ekspozīcija rokām/kopējā ekspozīcija, %

T - ekspozīcijas laiks, h/d

$DE_{\text{ķermenis}}$ - ķermeņa dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g/d}$

$F_{\text{ķermenis}}$ - ekspozīcija ķermenim/kopējā ekspozīcija, %

6.2. Inhalācijas ekspozīcija (*Inhalation*)

Inhalācijas ekspozīcija ir ieelpotā gaisa, kas piesārņots ar AAL, rezultāts. BROWSE projekta ietvaros, AAL izgarošana no kultūraugiem tiek uzskatīta par vienīgo inhalācijas ekspozīcijas avotu. Citi avoti kā pilieni un putekļi netiek ņemti vērā.

Inhalācijas ekspozīcija tiek aprēķināta, izmantojot formulu (18):

$$IE = AirCt \times BR \times T, \text{ kur} \quad (2.18)$$

IE - inhalācijas ekspozīcija, $\mu\text{g}/$

AirCt - koncentrācija gaisā pie atkārtotas iekļūšanas, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

BR - elpošanas ātrums, m^3/h

T - ekspozīcijas laiks, h/d

6.3. Orālā ekspozīcija (*Ingestion*)

Daļa no dermālās ekspozīcijas var nokļūt mutē, rokām saskaroties ar muti. Šī kontakta laikā noteikts AAL daudzums tiek pārņemts no rokām uz muti. Lai aprēķinātu šo risku, tiek izmantota šāda formula (19):

$$OE = DE_{\text{rokas}} \times Am/Ah \times SE \times (N \times T), \text{ kur} \quad (2.19)$$

OE - orālā ekspozīcija, $\mu\text{g}/\text{d}$

DE_{rokas} - roku dermālā ekspozīcija, $\mu\text{g}/\text{d}$

Am/Ah - rokas laukuma daļa, kas veido kontaktu ar muti, aizpilda cilnē “novērtējums” (noklusējuma vērtība = 7%), %

N - rokas saskarsme ar muti kontakta reizes, fiksētais lielums = 1 reize/h

T - ekspozīcijas ilgums, h/d.

6.4. Absorbētā daudzums (*Absorbed amount*)

Kopējais absorbētais daudzums ir dermālās, inhalācijas un orālās ekspozīcijas summa. Absorbēto daudzumu katrai ekspozīcijai nosaka, reizinot ekspozīcijas novērtējumu ar atbilstošo absorbcijas koeficientu. Šie absorbcijas koeficienti ir lietotāja ievadnes cilnē “novērtējums” (skat. 8. att.):

- AAL dermālā absorbcija;
- AAL šķīduma dermālā absorbcija;
- Orālā absorbcija;
- Inhalācijas absorbcija.

Kā jau tika minēts iepriekš, tad vajadzētu izmantot EFSA dermālās absorbcijas vērtības atbilstoši EFSA Dermālās absorbcijas vadlīnijām (EFSA, 2012a).

Kopējo absorbēto daudzumu aprēķina pēc formulas (20):

$$AA = (DE \times DAF_{p/d} + IE \times IAF + OE \times OAF) / 1000 / BW, \text{ kur} \quad (2.20)$$

AA - Absorbētais daudzums, mg/kg ķ.m./d

DE - Kopējā dermālā absorbcija, µg/d

DAF_{p/d} - AAL dermālā absorbcija/AAL šķīduma dermālā absorbcija, %

IE - Inhalācijas absorbcija, µg/d

IAF - Inhalācijas absorbcijas koeficients, %

OE - Orālā absorbcija, µg/d

OAF - Orālā absorbcijas koeficients, %

1000 - Koeficients, lai pārvērstu µg uz mg

BW - Ķermeņa masa, kg

6.5. Proporcija no AOEL (*Proportion on AOEL*)

Kā jau iepriekš tika minēts, tad pieļaujamais iedarbības līmenis uz operatoru (*AOEL*) katrai vielai ir raksturīgas robežvērtības un tiek noteikts tās pirmreizējās vai atkārtotās izvērtēšanas laikā, šīs robežvērtības ir noteiktas visā Eiropā vienādas. Proporciju no AOEL ir lielums, ko persona ir absorbējusi no pieļaujamās absorbētās devas, to aprēķina pēc sekojošās formulas:

$$\text{Proportion (AOEL)} = AA / AOEL, \text{ kur}$$

Proportion (AOEL) - Proporcija no AOEL

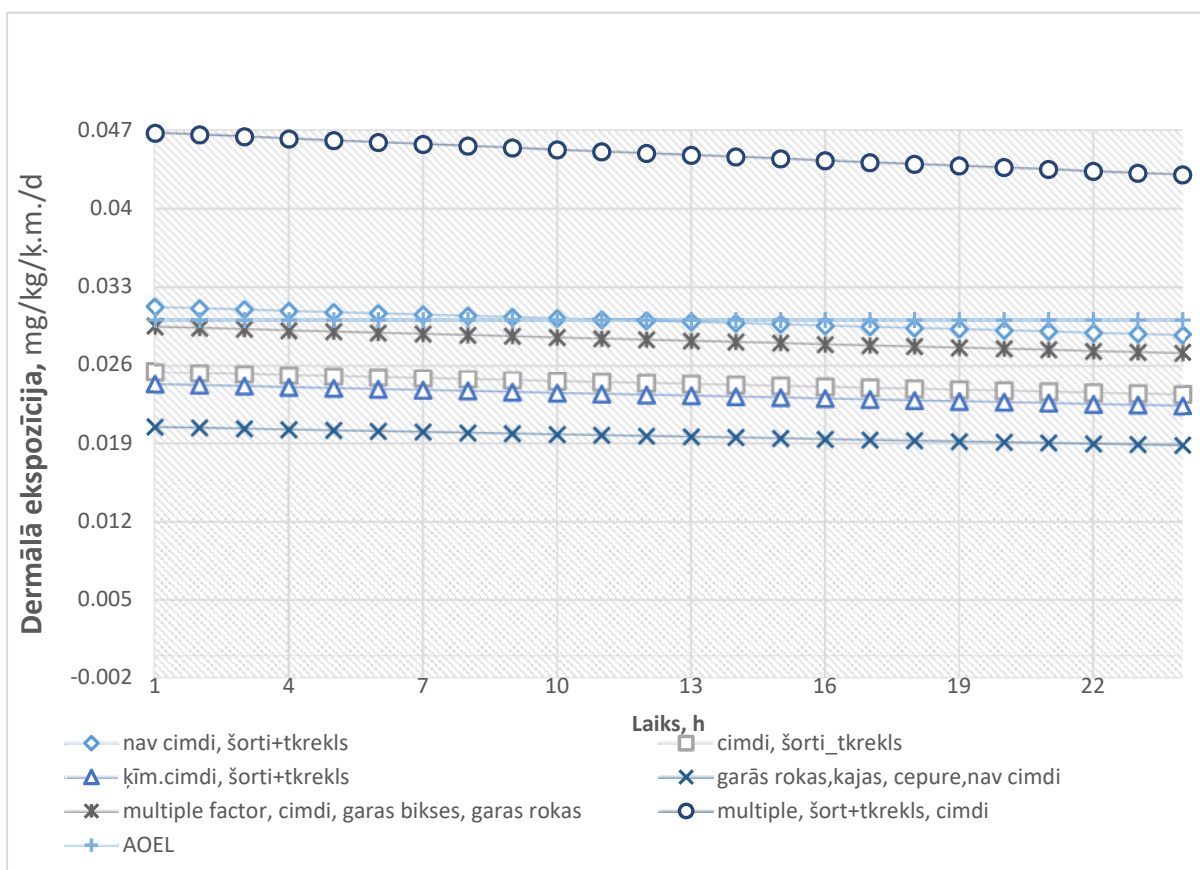
AA - Absorbētais daudzums, mg/kg ķ.m./d

AOEL - Pieļaujamais iedarbības līmenis uz operatoru, mg/kg ķ.m./d

2.2. Modelēšanas rezultāti

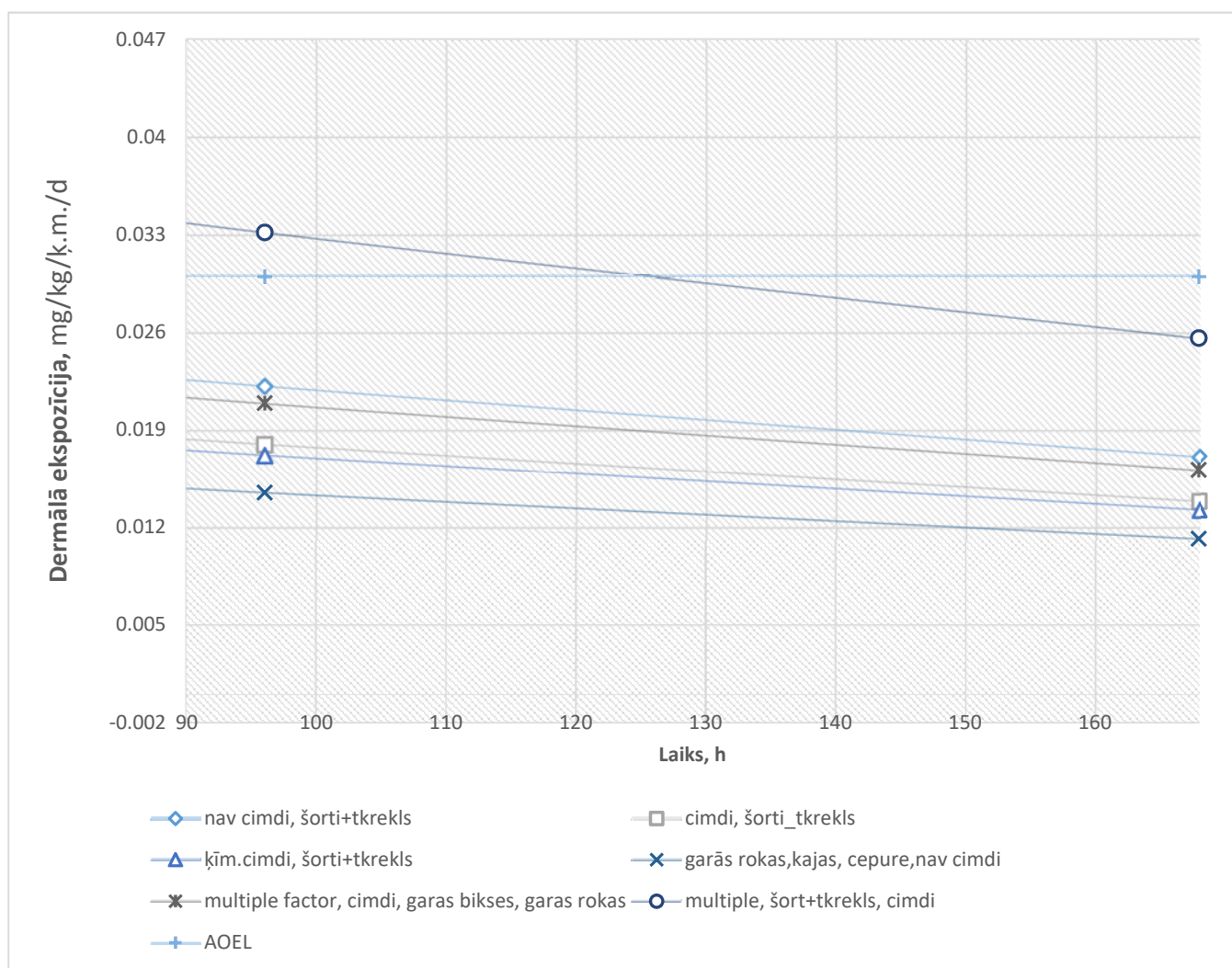
Tika modulēti vairāki varianti darba drošības riska novērtēšanai.

1. Pirmajā gadījumā tika izvēlēts ābeļdārzs, kurā tika veikti smidzinājumi pret kraupi, izmantojot darbīgo vielu ciprodinīls.



2.15. attēls. Droša darbošanās ābeļdārzā pēc vienreizējās Chorus WG 50 lietošanas (ciprodinīls)

Veicot modelēšanu, tika secināts, ka, smidzinot ciprodinīlu vienu reizi ābeļdārzā, darbinieki, kuri veic, piemēram, koku veidošanu, neievērojot darba drošības prasības, t.i. kā darba apģērbu izvēloties šortus un t-kreklu, bez veselības apdraudēšanas, var iet darboties ābeļdārzā tikai pēc 13 stundām. Vēlreiz vēršam uzmanību, ka aprēķiniem tika izmatots dermālās absorbcijas koeficients konkrētam produktam/darbīgajai vielai. Gadījumā, ja veic aprēķinu pēc konservatīvās metodes (pieņemot koeficientu vienādu ar 50%- pēc EFSA vadlīnijām), tad tie rezultāti sanāk pavisam citi - ar lielāku veselības apdraudēšanas risku.

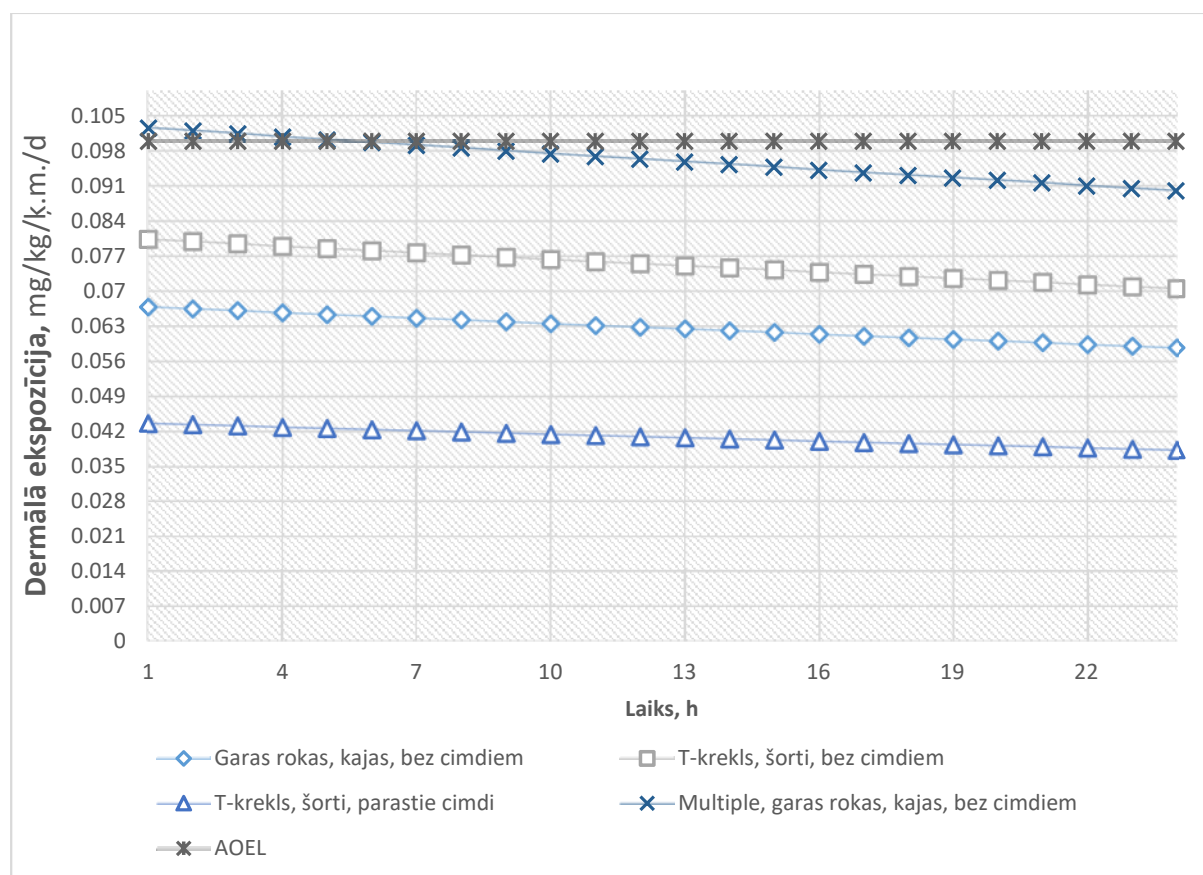


2.16. attēls. Droša darbošanās ābeļdārzā pēc vairākkārtējās (3 reizes) Chorus WG 50 lietošanas (ciprodināls)

Toties, ja ābeļdārzs tika smidzināts atkārtoti 3 reizes ar 7 dienu intervālu, tad nepieciešamos darbus ābeļdārzā drīkst veikt tikai velkot parastos cimdus, apģērbu ar garām rokām un garajām biksēm. Attēlā nav parādīts, bet, modelējot dažādas situācijas, *tika secināts*, ka, veicot darbus ābeļdārzā, **pirmās 5 dienas obligāti ir jāvelk garās bikses un garā jaka un cimdi**. Tādā gadījumā, ja, piemēram, darbiniekam ir uzvilkti šorti, t-krekls un uz rokām ir uzvilkti parastie cimdi, tad pieļaujamā dermālā ekspozīcija tiks **pārsniegta pirmās 5 dienas**. Pie nosacījuma, ja darbinieks nevilks arī cimdus - ražas vākšana ir pieļaujama tikai 8. dienā kopš pēdējās smidzināšanas. Ciprodinālam nogaidīšanas laiks ir 7 dienas, tas nozīmē, ka ražas vākšana pēc nogaidīšanas laika ir droša, pie nosacījuma, ka zemnieks nav smidzinājis vēl kādas citas vielas, kuras paaugstinātu dermālās ekspozīcijas risku.

Ābeļdārza modelēšanas variants tika izvēlēts, jo ļoti bieži uz ražas vākšanas laiku tiek pieaicināti dažādi darbinieki, tai skaitā arī skolnieki, kuriem parasti netiek nodrošināts darba aizsardzības inventārs.

2. Otrais scenārijs tika izvēlēts kā zemeņu lasīšana. Šis scenārijs tika izvēlēts, jo zemeņu lasīšanai tiek piesaistīti darbinieki “no malas”, nenodrošinot darba aizsardzības inventāru.

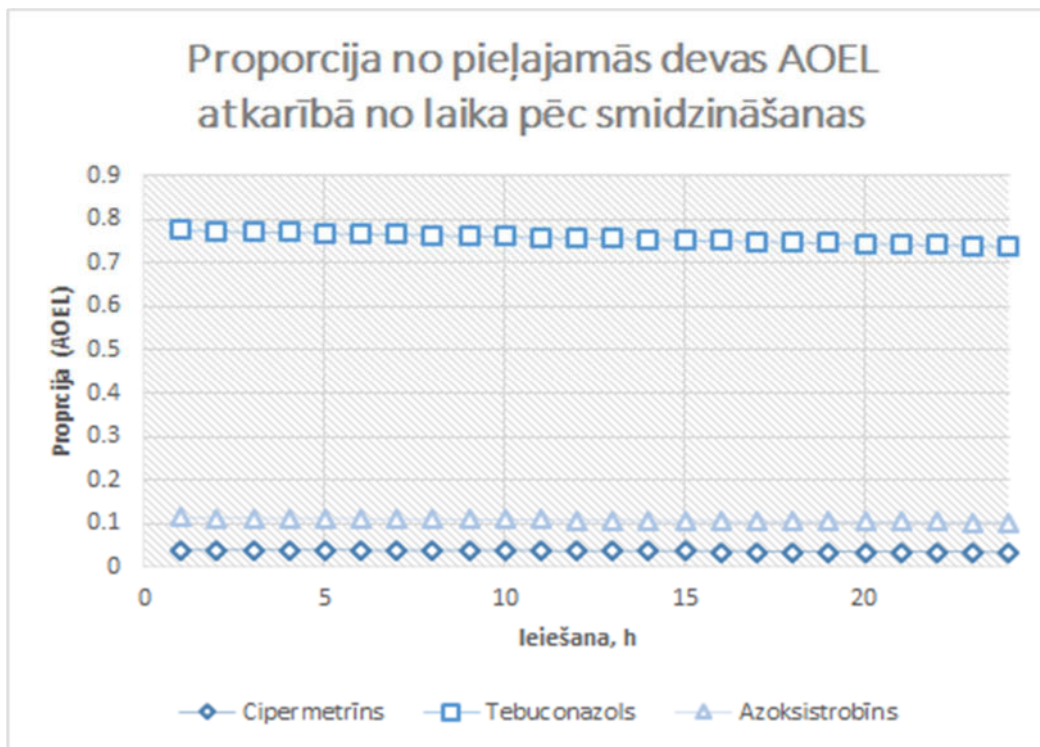


2.17. attēls. Droša darbošanās zemeņu laukā pēc Signum lietošanas

Arī šajā gadījumā dermālās ekspozīcijas risks nebija kritisks, pat gadījumā, kad Signum tiktu teorētiski lietots atkārtoti. Šo faktu varētu izskaidrot ar to, ka boskalīdam ir diezgan augsta norma AOEL - 0.1 mg/kg ķ.m./d un arī ar to, ka galvenā saskares virsma ir rokas un kāju apakšējā daļa.

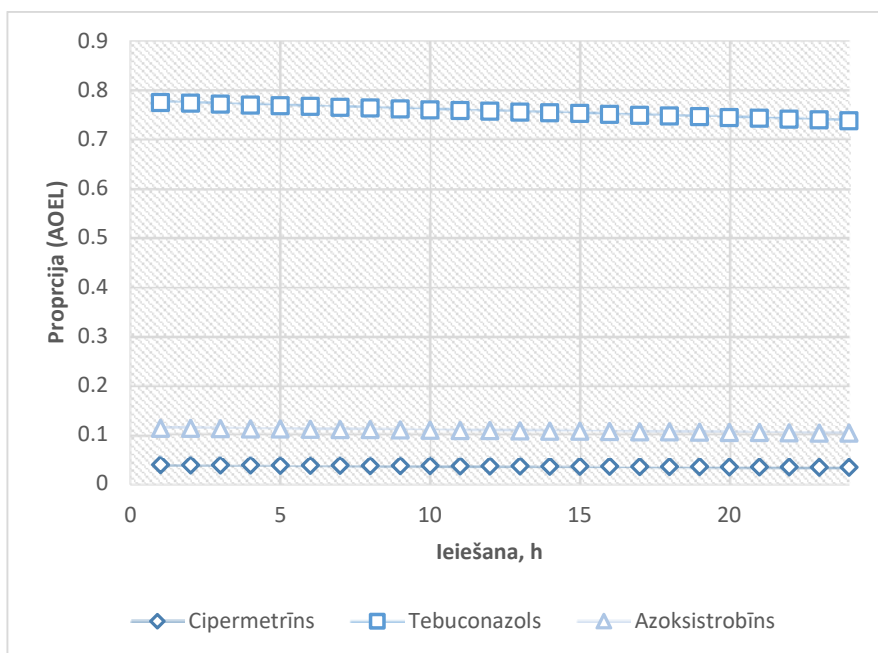
Modelēšanai tika izvēlēts TC zemeņu vākšanai, bet var pieļaut arī, ka ravēšanai TC neatšķirtos kritiski, tāpēc ravēšanu varētu būt pieļaujam 1 dienā pēc pirmreizējās vai atkārtotās smidzināšanas. Gadījumā, ja smidzināšana notiek atkārtoti, būtu tomēr vēlams vismaz vilkt garos apģērba gabalus.

3. Trešā modelēšanas opcija tika veltīta rapšu lauku apmeklētājiem. Tika modelēta situācija, kad garāmbraucēji apstājas un 15 minūšu laikā nobildējas ziedošā rapša lauka vidū. *Tika secināts*, ka pat 1-jā stundā pēc smidzināšanas, ejot laukā uz 15 minūtēm, to var darīt. Zemāk redzami rezultāti atspoguļo rezultātus, aprēķinā pat neņemot vērā dermālās absorbcijas koeficientu. Bet tas neizslēdz risku, ka cilvēkam var notikt alerģiska reakcija uz darbīgo vielu. Iegūtais rezultāts parāda darbīgās vielas daudzumu, kas nonāk asinsritē. No 2.18. attēla ir redzams, ka vislielākā proporcija (gandrīz 80% no atļautās AOEL devas) tiek potenciāli absorbēts, ja tika lietots Tebuconazols, ar mazāku risku ir Cipermetrīna darbīgā viela.



2.18.attēls. Droša rapšu lauka apskate

4.Ceturtnā modelēšanas opcija tika veltīta rapšu lauku smidzinājumiem un to ietekmi uz apkārtējiem iedzīvotājiem. Tika modelēta rapšu lauku smidzināšanas situācija, kad smidzina rapšu lauku, kurš atrodas dzīvojamās mājas tuvumā, ar strēles smidzinātāju (Pielikumā Nr.1 ievaddati ir redzami). Izmantojot divu modeļu dažādus pieļautos dermālās absorbcijas koeficientus (EFSA un BROWSE) - tika iegūtas dažādas vērtības, **kuras nepārsniedza ne vienā, ne otrā gadījumā** pieļaujamo darbīgās vielas AOEL vērtību, kura ir noteikta 0.06.



2.19.attēls. Smidzinājuma ietekme uz absorbēto darbīgās vielas daudzumu

Secinājumi

1. Browse kalkulatora algoritmu ir ieteicams izmantot dažādu riska grupu vērtēšanai. Nosakot primārās grupas un darbības, ir iespējams noteikt darba drošības prasības pa grupām: ābeļdārzi, zemeņu lauks, zona blakus apsmidzinātajam laukam utt.
2. Ieteicams BROWSE modeli pilnveidot, novēršot nelielas simulācijas kļūmes, kas tika atklātas, izmantojot šo kalkulatoru.
3. Interfeiss, kuru izmanto šim kalkulatoram ir lietotājam draudzīgs – būtu vēlams to papildināt ar “i” sadaļu, kur plašāk tiek aprakstītas aprēķina formulas un aprēķinā izmantoto kritēriju pamatojums.
4. Ņemot vērā dermālās absorbcijas koeficientu, ekspozīcijas risks daudzkārt samazinās darbiniekiem, vērtējot dermālo ekspozīciju. Izvēlētajā simulācijas modelī ābeļdārzā un zemeņu laukā, pieņemot, ka vielai tiek ņemts 50% dermālās absorbcija koeficients – EFSA vadlīnijās minētais koeficients pret datu bāzēs pieejamo dermālās absorbcijas koeficientu, situācija krasi mainās un darbiniekam rezultējošā dermālās ekspozīcijas vērtība pārsniegs atļauto līmeni vairākkārt. Tas nozīmē, ka vērtējot riskus, ievadot precīzākus datus - tiks iegūts zemāks risks, jo vidēji pieņemtās vērtības parasti tiek paņemtas ar lielāku drošības pakāpi.
5. Vēl ir īpaši svarīgs parametrs ir pārvades koeficients, jo dažādās datu bāzēs tiek izmantotas dažādas vērtības, kas arī nozīmīgi ietekmē galarezultātu. Savos aprēķinos esam izmantojuši EFSA vadlīnijās esošos datus.
6. Veicot literatūras izpēti, tika atklāts, ka DFR_0 75% gadījumos ir vienāds vai mazāks ar $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ un ir atkarīgs no DT50. Tas nozīmē, ka kultūrauga grupai nav tik liela ietekme uz DFR_0 , un, veicot modelēšanu, DFR_0 ir pieņemams par vienādu ar $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Gadījumā, ja DFR_0 ir mazāks par $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, iegūtās dermālās ekspozīcijas vērtības nav krasi atšķirīgākas nekā, ja $DFR_0 = 3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$.
7. Daudzām vielām nav noteikts dermālās absorbcijas koeficients, kas padara risku vērtēšanu par stipri konservatīvu. Tas pat arī attiecas uz jautājumu par vēja virzienu, kad pēc noklusējuma tiek izvēlēts vēja virziens apdzīvotās mājas virzienā.
8. Pie dermālās ekspozīcijas risku vērtēšanas modelēšanas netiek vērtēts alerģisko reakciju sliksnis, kas arī ir būtisks faktors – pieņemot lēmumu par darba aizsardzības līdzekļu piešķiršanu. Ja AAL izraisa alerģisku ādas reakciju, tad atbilstošā klasifikācija tiek norādīta uz marķējuma (Skin Sens. 1, H317). Atbilstoši šādai klasifikācijai arī tiek noteikti nepieciešamie darba aizsardzības līdzekļi.
9. Lauka smidzināšana apkārt apdzīvotām vietām, ievērojot darba drošības prasības: sprauslas atļautais spiediens, vēja ātrums, kurā smidzina, ir pieļaujams. Konsultējoties ar ārzemju speciālistiem (Browse izstrādātājiem), tika secināts, ka 4m attālums līdz dzīvojamai mājai ir drošs, kas arī atbilst EFSA atziņai, kur pirmajā tuvinājumā parasti tiek pieņemts, ka buferjoslas platums ir 2-3 m, kas parastu uzrāda drošu AAL lietojumu. Ja risks pārsniedz maksimāli pieļaujamo, tad šī buferjosla tiek palielināta līdz 5 m un, ja nepieciešams, arī līdz 10 m (EFSA Journal 2014;12(10):3874.)
10. Lai iespējami precīzāk novērtētu lauksaimniecībā izmantotām platībām blakus dzīvojošu iedzīvotāju saskari ar Latvijā plašāk lietoto augu aizsardzības līdzekļu atliekvielām, pētījumu būtu ieteicams turpināt ar eksperimentālo daļu, veicot cilvēka

ekspozīcijas monitoringu lauka apstākļos. Šāda pētījuma iestrādes varētu izmantot lielāka mēroga epidemioloģisko pētījumu veikšanai nākotnē

Izmantotā literatūra

1. Ainsworth B.E., Haskell W.L., Herrmann S.D., Meckes N., Bassett D.R., Jr., Tudor-Locke C., Greer J.L., Vezina J., Whitt-Glover M.C., Leon A.S. (2011). 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and science in sports and exercise* 43(8): 1575-81.
2. Ainsworth B.E., Haskell W.L., Herrmann S.D., Meckes N., Bassett D.R., Jr., Tudor-Locke C., Greer J.L., Vezina J., Whitt-Glover M.C., Leon A.S. (2014) The Compendium of Physical Activities Tracking Guide. Healthy Lifestyles Research Center, College of Nursing & Health Innovation, Arizona State University.
3. Baugher D.G. (2005). Penetration of Clothing by Dislodgeable Foliar Residues of Pesticides During Agricultural Occupational Reentry - Redacted Draft Final.
4. EFSA. (2010). Scientific Opinion on Preparation of a Guidance Document on Pesticide Exposure Assessment for Workers, Operators, Bystanders and Residents. *EFSA Journal* 2010 8(2): 1501.
5. EFSA. (2014). Guidance on the Assessment of Exposure for Operators, Workers, Residents and Bystanders in Risk Assessment for Plant Protection Products. *EFSA Journal* 20YY; volume(issue):NNNN. Pieejams tiešsaistē: <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/140401.pdf>
6. EFSA (2017). Buist H, Craig P, Dewhurst I, Hougaard Bennekou S, Kneuer C, Machera K, Pieper C, Court Marques D, Guillot G, Ruffo F and Chiusolo A, 2017. Guidance on dermal absorption. *EFSA Journal* 2017;15(6):4873, 60 pp. Pieejams tiešsaistē: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4873>
7. FOCUS. (2000). FOCUS groundwater scenarios in the EU review of active substances. Report of the FOCUS Groundwater Scenarios Workgroup, EC Document Reference SANCO/321/2000 rev.2: 202.
8. Glass R., Garthwaite D., Pote A., Kennedy M., Hart A., Trevisan M., Grasso P., Sacchi A., Spanoghe P., Doan Ngoc K., Beck B., Machera K., Nikolopoulou D., Arapaki N., Gerritsen-Ebben R., Spaan S., Goede H., Morgan N., Egea González F., Stobiecki S., Sliwinski W., van Engelen J., Bokkers B. (2012) Collection and assessment of data relevant for non-dietary cumulative exposure to pesticides and proposal for conceptual approaches for non-dietary cumulative exposure assessment. Pieejams tiešsaistē: www.efsa.europa.eu/publications. 192. lpp.
9. HAIR. (2003) HArmonised environmental Indicators for pesticide Risk. "Occupational" indicators - Operator, worker and bystander.
10. U.S. EPA. (2011) Exposure factors handbook: 2011 edition, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. Pieejams tiešsaistē: <http://www.epa.gov/ncea/efh>.
11. U.S. EPA. (2013) Science Advisory Council for Exposure (ExpoSAC) Policy 3. Regarding: Agricultural Transfer Coefficients.
12. Van Hemmen J., Chester G., Hamey P., Kangas J., Kirknel E., Maasfeld W., Perkins J., Phillips J., Schulze-Rosario C. (2002) Post-application exposure of workers to pesticides in agriculture. Report of the re-entry working group, EUROPOEM II Project.

Pielikums Nr.1

BROWSE exposure assessment software - trunk

File Help

browse Calculate

Assessment Scenario Operator Resident/Bystander Console Results - Operator Results - Resident/Bystander

Assessor name

Scenario

Crop name: ziemas rapsis

Crop type: Arable & vegetables

Application technique: Vehicle mounted/drawn boom sprayer

Scenario: Boom spraying (field crops)

Calculate exposure for

☐ Operator

☒ Resident/Bystander

☒ Worker

Default exposure percentile: 95.0 %

Product

Product name: Syper

Active substance name: Cipermetrins

Compound code in MCRA (if applicable)

N.B. Browse software is only applicable to products that are applied with water as the carrier.

Product formulation type: Liquid

Concentration (active substance) in product: 500.0 g/l

Product dose: 0.05 l/ha

Active substance dose: 25.0 g/ha

Acute AOEL: 0.06 mg/kg body weight/day

Dermal absorption of product: 10.0 %

Dermal absorption of in use dilution: 50.0 %

Oral absorption: 100.0 %

Skin to mouth transfer factor: 43.0 %

Percentage of hand area making contact with mouth: 7.0 %

Inhalation absorption factor: 100.0 %

Scenario

Boom spraying, mixing and loading for arable field crops and outdoor fruit and vegetables e.g. grassland, cereals, oilseeds, root & tuber vegetables, low crop height fruit, bulb vegetables, brassicas, leaf vegetables & fresh herbs, legumes and stem vegetables.



Windows taskbar: 14:43 13.11.2020

3. Dārzkopības kultūraugu kaitīgo organismu izturības veidošanās pret fungicīdiem, rezistences risks un sastopamība Latvijas ābeļu un zemeņu stādījumos

Pētījuma izpildītāji: Regīna Rancāne, Viktorija Zagorska, Vikram Reddy Narala,
Eva Ezeraša, institūts Bio-Protect Vācijā

Ievads

Kaitīgo organismu rezistence pret augu aizsardzības līdzekļiem ir viena no lauksaimniecības problēmām. Līdz šim ir ievākti paraugi laukaugu sējumos un noskaidrots, ka rezistences problēma Latvijā pastāv, rezistence ir konstatēta vairākām nezālēm, piemēram, parastajai rudzusmilgai, parastajai virzai, parastajai rudzupuķei, tūruma kumelītei, kā arī citiem kaitīgiem organismiem – kaitēkļiem un slimību ierosinātājiem. Tomēr analizēto paraugu skaits ir neliels un neatspoguļo kopējo situāciju lauksaimniecībā. Diemžēl dārzkopībā informācijas par iespējamo rezistenci vispār nav, lai arī rezistences risks, piemēram, augļkopībā varētu būt vēl augstāks, jo vairāki augļu slimību ierosinātāji ir ar augstu rezistences veidošanās risku. Bieži vien dārzkopībā smidzinājumu skaits kaitīgo organismu ierobežošanai ir lielāks nekā laukaugiem un liela daļa no izmantotajiem augu aizsardzības līdzekļiem ir ar vidēju līdz augstu rezistences risku, kas vēl vairāk var provocēt rezistences veidošanos. Dārzkopībā reģistrēto fungicīdu skaits ir neliels, katra preparāta efektivitātes zaudēšana ir kritiska, veidojoties rezistencei pret kādu no preparātiem, pieaug citu preparātu lietošanas intensitāte un līdz ar to iespēja izveidoties rezistencei arī pret šiem preparātiem. Augstāks rezistences risks ābeļu kraupim ir pret sistēmas iedarbības fungicīdiem, rezistences gadījumā, izslēdzot tos no augu aizsardzības stratēģijas, ievērojami pieaugtu pieskares preparātu smidzinājumu skaits, radot papildu slodzi uz vidi. Neatkarīgi no rezistences analīžu rādītājiem jāveic zemnieku izglītošana un informatīvu materiālu sagatavošana sabiedrības informēšanai, rezistences riska profilaksei.

Kaitīgo organismu rezistence pret augu aizsardzības līdzekļiem ir viena no lauksaimniecības problēmām. **Rezistence ir ģenētiski pārmantota organisma spēja izdzīvot pēc apstrādes ar augu aizsardzības līdzekļa (AAL) devu, kura iepriekš bijusi efektīva šīs sugas ierobežošanai.** Rezistences rezultātā ir zaudēti vairāki sākotnēji efektīvi augu aizsardzības līdzekļi, sagādājot zaudējumus gan lietotājiem, gan ražotājiem, kamēr rezistences veidošanās cēloņi vēl nebija skaidri. Pagājušā gs. 70-ajos gados tika izveidoti jaunas paaudzes fungicīdi (benzimidazolu grupa: benleits, fundazols, tekto, topsīns-M), kas cirkulēja pa vadaudiem (sistēmu), ārstēja jau notikušu infekciju, iedarbojoties uz vienu no sēņu vielmaiņas procesiem – sterolu biosintēzi (parasti apzīmēti kā SBI vai EBI – sterolu vai ergosterolu biosintēzes inhibitori), neizraisot nekādus bojājumus augam. Preparāti efektīvi ierobežoja dažādas slimības, tos lietoja intensīvi. Rezistences problēma pasaulē pirmo reizi parādījās jau pagājušā gs. 70-ajos gados¹⁵, vīnogu aizsardzībā pret pelēko puvi un kartupeļu aizsardzībā pret lakstu puvi. Sākotnēji efektīvie fungicīdi vairs slimības neierobežoja. Pēdējos gadu desmitos tiek ražoti un reģistrēti arvien jauni fungicīdi, pēc iespējas maz kaitīgi augiem un videi, vairumā gadījumu sistēmas iedarbības un tādi, kas nomāc kādu vienu patogēna vielmaiņas procesu.

¹⁵ https://www.frac.info/docs/default-source/publications/list-of-resistant-plant-pathogens/list-of-first-confirmed-cases-of-plant-pathogenic-organisms-resistant-to-disease-control-agents_05_2020.pdf?sfvrsn=7073499a_2

Patogēnu rezistences veidošanās ir nenovēršams process, bet to var aizkavēt, izprotot tās cēloņus un izmantojot pareizu rīcības stratēģiju. Lai iespējami ilgākā laika periodā saglabātos fungicīdu efektivitāte un lēnāk attīstītos sēņu rezistence, nepieciešamas zināšanas par katra fungicīda iedarbības un slimības ierosinātāja izplatības īpatnībām un noteikumiem, kuri jāievēro, lai rezistences veidošanos kavētu. Ir izveidota starptautiska organizācija **FRAC** (Fungicīdu rezistences rīcības komiteja),¹⁶ kas vada un veic pasākumus, lai pagarinātu fungicīdu izmantošanas laiku, pirmkārt – kavētu rezistences veidošanos.

Rezistences veidošanās riska pakāpe atšķiras dažādu ķīmisko vielu grupām. FRAC ir pētījusi rezistences riska atšķirības un sadalījusi fungicīdus dažādās rezistences riska vērtējuma FRAC grupās¹⁷. Dabiskos apstākļos rezistence veidojas ilgākā laika periodā. Lai novērtētu rezistences risku vēl pirms fungicīda izplatīšanas ražošanā, jāveic sarežģīti pētījumi molekulārā līmenī, pārbaudot noteiktu sēņu sugu ģenētisko mutāciju iespējamību konkrētos vielmaiņas procesos, iedarbojoties ar pētāmo vielu. Informācijā par rezistenci bieži tiek izmantots termins “*baseline sensitivity*”¹⁸, ko varētu tulkot kā bāzes līnijas jutība. Tas ir mērķa kaitīgā organisma jutīgums pret fungicīdu, kas pārbaudīts, izmantojot bioloģiskās vai molekulārās metodes, lai novērtētu iepriekš neeksponētu atsevišķu indivīdu vai populāciju reakciju uz konkrēto fungicīdu.

Latvijā līdz šim kaitīgo organismu rezistence pētīta maz. Vairumā gadījumu paraugu ievākšanu rezistences noteikšanai koordinē AAL ražotāju un izplatītāju firmas, kas seko līdzī savai produktu attīstībai un ilgtspējībai. Neatkarīgs pētījums līdz šim ir bijis tikai viens zinātnes projekta: “Ieteikumu izstrāde vējauzas un citu izplatītāju nezāļu sugu ierobežošanas pasākumiem Latvijas apstākļos”, kura ietvaros tika noteikta atsevišķu nezāļu sugu jutība pret herbicīdiem. Daļa no AAL firmu un zinātniskā projekta pētījumu rezultātiem atrodama SIA LAAPC izdotajā brošūrā “Rezistence pret augu aizsardzības līdzekļiem”¹⁹, tajā uzskatāmā veidā skaidrots dažādu kaitīgo organismu rezistences veidošanās mehānisms, un parādīts Latvijā reģistrēto AAL darbīgo vielu iedalījums FRAC grupās. Ņemot vērā neatkarīgā pētījuma un AAL firmu datus, ir noskaidrots, ka rezistences problēma Latvijā pastāv, rezistence ir konstatēta vairākām nezālēm, piemēram, parastajai rudzusmilgai, parastajai virzai, parastajai rudzupuķei, tūruma kumelītei, kā arī citiem kaitīgiem organismiem – kaitēkļiem un slimību ierosinātājiem laukaugu sējumos. Tomēr analizēto paraugu skaits ir neliels un neatspoguļo kopējo situāciju lauksaimniecībā. Diemžēl dārzkopībā informācijas par iespējamo rezistenci vispār nav, lai arī rezistences risks, piemēram, augļkopībā varētu būt vēl augstāks, jo vairāki augļaugu slimību ierosinātāji ir ar augstu rezistences veidošanās risku. Bieži vien dārzkopībā smidzinājumu skaits kaitīgo organismu ierobežošanai ir lielāks nekā laukaugiem un liela daļa no izmantotajiem augu aizsardzības līdzekļiem ir ar vidēju līdz augstu rezistences risku, kas vēl vairāk var provocēt rezistences veidošanos. Dārzkopībā reģistrēto fungicīdu skaits ir neliels, katra preparāta efektivitātes zaudēšana ir kritiska, veidojoties rezistencei pret kādu no preparātiem, pieaug citu preparātu lietošanas intensitāte un līdz ar to iespēja izveidoties rezistencei arī pret šiem preparātiem. Rezistences veidošanās risks ir atšķirīgs dažādu sugu slimību ierosinātājiem. Visātrāk rezistenti kļūst tie, kam ir īss attīstības cikls, ātri veidojas sporas, izplatās pa gaisu un lielā daudzumā nokļāj pret infekciju jutīgo augu virsmu, dārzkopībā izteiktākie piemēri ir ābeļu kraupja ierosinātājs *Venturia inaequalis* un pelēkās puves ierosinātājs *Botrytis cinerea*²⁰. Ņemot vērā iepriekšminēto informāciju, pētījumā rezistences noteikšanai izlemts iekļaut **ābeļu kraupja ierosinātāju sēni *Venturia inaequalis* un pelēkās puves ierosinātāju sēni *Botrytis cinerea*.**

¹⁶ <https://www.frac.info/>

¹⁷ https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2

¹⁸ <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-3.pdf>

¹⁹ http://www.laapc.lv/wp-content/uploads/2018/05/Rezistence_pret_AAL_web_versija.pdf

²⁰ <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/pathogen-risk/frac-pathogen-list-2019.pdf>

Pētījuma uzdevumi:

1. Ievākt ābeļu saimniecībās ābeļu kraupja paraugus un noteikt slimības ierosinātāja sēnes *Venturia inaequalis* jutību pret noteiktām fungicīdu darbīgajām vielām;
2. Ievākt zemeņu stādījumos pelēkās puves paraugus un noteikt slimības ierosinātāja sēnes *Botrytis cinerea* jutību pret noteiktām fungicīdu darbīgajām vielām;
3. Izstrādāt ieteikumus rezistences riska novēršanai pret pētījumā iekļautajām AAL darbīgajām vielām ābeļu un zemeņu audzēšanas saimniecībām, kur veikta rezistences noteikšana.

3.1. Ābeļu kraupja ierosinātāja *Venturia inaequalis* rezistences pārbaude pret noteiktām fungicīdu darbīgajām vielām

Ābeļu kraupja ierobežošanai sezonas laikā parasti tiek veikti vairāki fungicīdu smidzinājumi, izmantojot pieskares un sistēmas iedarbības fungicīdus. Pieskares preparātus lieto vai nu pirms lietus vai uzreiz pēc, lai novērstu slimības ierosinātāja sporu dīgšanu. Sistēmas iedarbības fungicīdus lieto pēc infekcijas, lai nodrošinātu ārstējošo efektu. Sistēmas iedarbības fungicīdi iesūcas auga audos un izplatās pa vadaudiem, galvenokārt augšupvirzienā (uz lapas vai dzinuma galotni). Lokāli sistēmas preparāti arī iesūcas, bet neizplatās tālu no katra smidzinājuma pilieniņa vietas. Šīs vielas ārstē sēņu infekciju 1 – 4 dienu laikā pēc tam, kad sporas jau nonākušas uz auga virsmas, izdīgušas un infekcijas process jau sācies. Tie ierobežo infekciju vēl tad, kad kontakta iedarbības preparāti uz augu virsmas vairs nespēj ietekmēt patogēnu. Tie nomāc kādu vienu vielmaiņas procesa fermentu („single-site”), dažādu fungicīdu grupu darbīgās vielas iedarbojas katra uz citu procesu²¹. Jebkurā dzīvu organismu populācijā kādam indivīdam var veidoties ģenētiskas mutācijas. Iedarbojoties uz patogēno sēni ar vielu, kura nomāc vienu dzīvības uzturēšanas procesu, ir nepieciešama tikai viena ģenētiska mutācija, lai atsevišķs indivīds izdzīvotu. Jo vairāk sporu piedalās infekcijas procesā, jo lielākam daudzumam indivīdu var veidoties šī izdzīvošanas – rezistences spēja. Sākmā jaunais fungicīds ir ļoti efektīvs, jo iznīcina lielāko daļu infekcijas avotu. Neliela daļa izdzīvojušo indivīdu sāk vairoties un veido rezistentu populāciju, ja bieži lieto attiecīgo preparātu. Tā ir „kvalitatīvā rezistence”. Pirmajos gados to nemaz nepamana. Ja pārmaiņus lieto citu preparātu, kas arī iedarbojas tikai uz vienu, bet citu dzīvības procesu, rezistences veidošanās palēninās, jo dažāda veida ģenētiskas mutācijas īsā laika periodā ir mazāk iespējamās. Fungicīdi, kuru darbīgās vielas pārstāv vienu ķīmisko grupu, iedarbojas līdzīgi. Ja rezistence ir izveidojusies pret vienu no šīs grupas preparātiem, tā būs arī pret pārējiem. To sauc par „krustenisko rezistenci”. Rezistence var būt, bet atsevišķos gadījumos, ja preparātu ilgāku laiku nelieto, sēnes populācijā atjaunojas dabiskie vielmaiņas procesi un tā atkal kļūst jutīga pret attiecīgo fungicīdu. Tāda informācija, piemēram, ir par strobilurīniem.

Pieskares iedarbības fungicīdi (vara un sēra preparāti, mankocebu saturošie un efektors) ir tikai aizsargājoši, paliek uz auga virsmas, sagrauj dažādus sēņu vielmaiņas procesus, rezultātā sporas nedīgst un aiziet bojā. Rezistences riska raksturojumā tos sauc par „daudzvietu” („multi-site”) – zema rezistences riska preparātiem. Rezistences attīstībai sēnes organismā būtu nepieciešamas vairākas ģenētiskas mutācijas uzreiz, kas var notikt ļoti reti. Tomēr, ja preparāts tiek lietots ilgi, bieži un mazās devās, ir iespējama „kvantitatīvā rezistence”. Pieskares fungicīdu iedarbību ierobežo vairāki faktori: preparātam ir jābūt uz auga virsmas pirms infekcijas izplatības, smidzinājumam jānokļāp pilnīgi visa auga virsma, stiprs lietus dažu stundu laikā pēc apstrādes var preparātu noskalot, intensīvas auga augšanas un attīstības laikā strauji veidojas plaša neaizsargātā virsma: jaunās lapas, dzinumi, atvērušies ziedi. Vara un sēra preparāti var bojāt arī augu audus.

Smidzinājumu skaits ābeļu kraupja ierobežošanai parasti ir liels, Latvijā tie ir līdz 10 smidzinājumiem sezonā, citās valstīs, kur veģetācijas sezona sākas agrāk, ir pat 20 un vairāk apstrādes ar fungicīdiem. Lietojot tik intensīvi un atkārtoti augstas un vidējas rezistences riska grupas fungicīdus, rezistences veidošanās ir ļoti iespējama. Pētījumā ASV ziņots par rezistenci pret dodīnu, metilbenzimidazola karbamātiem (MBC), sterīna biosintēzes inhibitoriem (SBI) un hinona ārējiem inhibitoriem (QoI) *V. inaequalis* augļu dārzu populācijās. Diemžēl rezistences mehānismi pret šiem fungicīdiem sēnei *V. inaequalis* ir noskaidroti tikai MBC un QoI fungicīdiem. Tādējādi rezistences noteikšana joprojām balstās uz tradicionālajām mikrobioloģiskajām metodēm daudzām fungicīdu klasēm. Kaut arī rezistence pret anilinopirimidīna (AP) un sukcināta dehidrogenāzes inhibitora (SDHI) fungicīdiem nav

²¹ <https://pesticidestewardship.org/resistance/fungicide-resistance/raised-resistance-risks/>

izpētīta, novērots, ka arī šo klašu efektivitāte pret ābolu kraupi ir ievērojami mazāka²². Eiropā zināms, ka Vācijā augļkopības reģionos ir izveidojusies rezistence pret visiem sistēmas iedarbības preparātiem, kā rezultātā audzētāji aizsardzības sistēmu balsta tikai uz pieskares preparātu izmantošanu (mutiska komunikācija).

Latvijā ābeļu kraupim reģistrēto darbīgo vielu skaits ir neliels – astoņas, no kurām tikai divas – difenokonazols un ciprodinils ir ar sistēmas iedarbību (3.1. tabula). Pēc FRAC datiem²³ abām vielām ir vidējs rezistences risks. Kritiski augstos ābeļu kraupja infekcijas periodos audzētājiem ir nepieciešama ārstējošo sistēmas iedarbības fungicīdu izmantošana, lai apturētu jau notikušu infekciju. Slimību veicinošos apstākļos šādi riska periodi var būt vairāki, tādēļ sistēmas iedarbības preparāti jālieto atkārtoti, kas rada papildu rezistences risku. Vēl papildus risks var rasties, lietojot preparātus ar dažādiem tirdzniecības nosaukumiem, bet ar vienu un to pašu darbīgo vielu, piemēram, ir četri fungicīdi ar dažādiem nosaukumiem, bet visi satur difenokonazolu. Audzētāju sniegtā informācija gan liecina, ka šādi gadījumi nav regulāri, tomēr ir atsevišķas reizes, kad smidzinājumu skaits ar kādu konkrētu sistēmas iedarbības fungicīdu pārsniedz ieteikto vai pat reģistrēto lietojumu. Līdz šim dažu ābeļu kraupja paraugu nosūtīšanu rezistences noteikšanai koordinējušās AAL firmas, liekot tos savākt no AAL efektivitātes izmēģinājumiem, un nosūtīt uz laboratorijām ārzemēs testu veikšanai. Rezistence šajos paraugos netika konstatēta.

3.1.tabula

Ābeļu kraupja ierobežošanai reģistrētie fungicīdi 2020. gadā²⁴

Reģistrētie fungicīdi ābeļu kraupim 2020. g.	Ķīmiskā grupa, darbīgā viela	Iedarbības veids	Iedarbības veids	Rezistences risks
Score 250 EC, Difcor 250 EC, Difenzone, Mavita 250 EC	Triazoli: difenokonazols	DMI fungicīdi (demetilācijas inhibitori), sterolu biosintēzes procesā nomāc demetilāzi, šūnas neattīstās.	Sistēmas iedarbība virzienā uz augšu	Vidējs
Chorus 50 WG	Anilīna pirimidīni: ciprodinils	Nomāc metionīna biosintēzi šūnās.	Sistēmas iedarbība	Vidējs
Candit	Strobilurīni: metil-krezoksims	QoI fungicīdi (kvinonu inhibitori), nomāc sēņu šūnu elpošanas procesus.	Lokāla sistēmas iedarbība	Augsts
Syllit 544 SC	Guanidīni: dodīns	Rada šūnu membrānas traucējumus.	Lokāla sistēmas iedarbība	Zems/vidējs
Dithane NT, Manfil 75 WG, Manfil 80 WP	Ditiokarbamāti: mankocebs	Plaša spektra iedarbības fungicīdi pārtrauc dažādus procesus sēņu šūnās, tās neattīstās un iet bojā.	Pieskares aizsargājoša iedarbība	Zems
Merpan 80 WG, Scab 80 WG	Ftalimīdi: kaptāns			
Delan Pro	Kvinoni: ditianons + kālija fosfonāts			
Effector	Kvinoni: ditianons			

²² https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-55642-8_27

²³ https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2

²⁴ <http://www.vaad.gov.lv/sakums/testa-moduli/aal-registrs.aspx>

3.1.1. Metodika

Pētījuma saimniecību izvēle

Ābeļu kraupja paraugi tika ņemti no ābeļu stādījumiem tādas saimniecības, kuras nodarbojas ar komercaudzēšanu, ilgstoši izmantojot augu aizsardzības līdzekļus, kā arī pirms pētījuma uzsākšanas noskaidrots, ka pastāv aizdomas par konkrētu augu aizsardzības līdzekļu efektivitātes samazināšanos. Pētījuma laikā no ābeļu saimniecībām ievākta informācija par stādījumu: šķirnes, pēdējos piecos gados lietotie fungicīdi un novērojumi par kraupja izplatības līmeni (3.2. tabula). Pētījumā iekļautas piecas saimniecības dažādos novados, kurās ābeļu kraupja izplatība pa gadiem ir ļoti atšķirīga, tā, protams, ir atkarīga no šķirnes un laika apstākļiem konkrētajā veģetācijas sezonā, bet ne vienmēr tas izskaidro strauju slimības izplatību. Pašiem saimniekiem ir novērojumi un aizdomas par zemu smidzinājumu efektivitāti, kurai arī var būt dažādi cēloņi, t.sk. arī ābeļu kraupja ierosinātāja iespējamā izturības veidošanās pret atsevišķiem fungicīdiem. Pētījuma ietvaros ābeļu kraupja ierosinātāja jutība pārbaudīta pret divām fungicīdu darbīgajām vielām – difenokonazolu un ciprodinilu (3.3. tabula). Vienā no saimniecībām iekļauta arī rezistences riska noteikšana pret strobilurīnu grupas fungicīdiem, jo šajā saimniecībā Viesītes novadā metil-krezoksīmu saturošs fungicīds Candit ir izmantots četrus gadus no pieciem.

3.2.tabula

Pētījumā iekļauto saimniecību dati

Gads	Smidzinājumi/izplatība	Saimn. 1 Viesītes novads	Saimn. 2 Bauskas novads	Saimn. 3 Talsu novads	Saimn. 4 Kocēnu novads	Saimn. 5 Jelgavas novads
	Šķirnes, uz kurām veikta ābeļu kraupja izplatības noteikšana	‘Auksis’, ‘Sinap Orlovskij’, ‘Lobo’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’	‘Auksis’, ‘Sinap Orlovskij’, ‘Lobo’, ‘Alva’	‘Auksis’, ‘Sinap Orlovskij’, ‘Lobo’, ‘Belorusskoje Maļinovoje’	‘Auksis’, ‘Lobo’	‘Ligol’
	Smidzinājumu skaits	6	9	10	10	5
	difenkonazols	0	2	1	2	1
2020	ciprodinils	1	2	2	3	1
	metil-krezoksīms	1	1	0	0	0
	<i>slimības izplatība, %</i>	<i>1-85</i>	<i>1-16</i>	<i>2-56</i>	<i>5-10</i>	<i>63</i>
	Smidzinājumu skaits	4	11	6	9	5
	difenkonazols	1	3	1	2	2
2019	ciprodinils	2	0	2	4	3
	metil-krezoksīms	0	2	0	0	0
	<i>slimības izplatība, %</i>	<i>7-100</i>	<i>38-82</i>	<i>77-100</i>	<i>14-50</i>	<i>88</i>
	Smidzinājumu skaits	5	7	5	9	-
2018	difenkonazols	0	2	1	2	-
	ciprodinils	2	3	0	1	-

	metil-krezoksims	2	0	0	0	-
	<i>slimības izplatība, %</i>	<i>8-51</i>	<i>24-29</i>	<i>1-70</i>	<i>0-5</i>	-
	Smidzinājumu skaits	5	7	8		
	difenkonazols	1	3	1	-	-
2017	ciprodinils	1	2	1	-	-
	metil-krezoksims	1	0	0	-	-
	<i>slimības izplatība, %</i>	<i>3-45</i>	<i>10-25</i>	<i>7-24</i>	-	-
	Smidzinājumu skaits	7	9	8		
	difenkonazols	0	3	2	-	-
2016	ciprodinils	0	0	0	-	-
	metil-krezoksims	2	0	0	-	-
	<i>slimības izplatība, %</i>	<i>0-47</i>	<i>20-38</i>	<i>15-68</i>	-	-

Ābeļu kraupja paraugu ievākšana rezistences pārbaudei

Paraugus ievāca, kad uz lapām parādījušās skaidri redzamas ābeļu kraupja pazīmes, izvēloties ābeļu šķirnes, kam infekcijas pazīmes bija visizteiktākās 2020. gada veģetācijas sezonā (3.1. att.). Vienu paraugu no stādījuma veidoja vismaz 100 ābeļu lapas ar aktīvi sporulējošiem ābeļu kraupja plankumiem. Lapām bija jābūt sausām, vāktām vismaz 12 h pēc pēdējā lietus. Lietus starp pēdējo smidzinājumu un paraugu ievākšanu bija pieļaujams. Pēdējam fungicīda smidzinājumam bija jābūt vismaz 7 dienas pirms paraugu ievākšanas. Pēc paraugu savākšanas lapas ievietoja atvērtā traukā/kastē un ļāva tām apmēram nedēļu izžūt. Izžuvušas lapas kopā ar aizpildītām datu lapām nosūtīja uz BioProtect laboratoriju Vācijā. Kopā ar paraugiem tika nosūtīta arī datu lapa ar informāciju par pēdējiem nokrišņiem un to daudzumu pirms parauga ievākšanas, kā arī pēdējā fungicīda smidzinājuma datums, darbīgā viela un deva. Konkrētā laboratorijā pētījumā izvēlēta, jo tajā tiek veikti ābeļu kraupja ierosinātāja jutības noteikšana pret sistēmas iedarbības fungicīdiem *in vivo*, kas nozīmē uz dzīviem augiem. *In vivo* rezultāti parāda stādījumā esošās kaitīgā organisma populācijas jutību pret darbīgajām vielām, nevis tikai vienas sporas reakciju, kā tas ir, veicot molekulārās analīzes.

3.3. tabula

Ievāktie ābeļu kraupja paraugi rezistences noteikšanai					
Saimniecības atrašanās	Novads	Šķirne	Parauga kods	Parauga ievākšanas datums	Testējamās d.v.
Saimniecība 1	Viesītes novads	‘Lobo’	65L20	19.07.2020.	difenokonazols ciprodinils, trifloksistrobīns
Saimniecība 2	Bauskas novads	‘Alva’	62L20	04.07.2020.	difenokonazols, ciprodinils
Saimniecība 3	Talsu novads	‘Lobo’	68L20*	02.09.2020.	difenokonazols, ciprodinils
Saimniecība 4	Kocēnu novads	‘Lobo’	66L20	14.07.2020.	difenokonazols, ciprodinils



3.1.attēls. Izteiktas ābeļu kraupja pazīmes uz lapām.

Ābeļu kraupja ierosinātāja *Venturia inaequalis* populācijas rezistences noteikšana laboratorijā

Populācijas jutība pret sistēmas iedarbības darbīgajām vielām difenokonazola un ciprodinila tika pārbaudīta *in vivo* uz podos audzētiem ābeļu šķirnes ‘Jonagold’ stādiem siltumnīcā. Mākslīgā inficēšana tika veikta uz aktīvi augošiem dzinumiem, inficējot trīs jaunās, tikko izplaukušās lapas. Inficēšanas materiāls sagatavots, izmantojot nosūtītos lapu paraugus, kuri pēc saņemšanas laboratorijā tika sasaldēti. Lai sagatavotu attiecīgā parauga konīdiju suspensiju, lapas atkausēja un konīdijas noskaloja ar krāna ūdeni. Suspensija tika pielāgota koncentrācijai 1×10^5 konīdiju mililitrā un izsmidzināta uz lapām. Kā standarts ar ko salīdzināt rezultātus, tika izmantota konīdiju suspensija no lapām, kas ievāktas no ābelēm, kas nekad nav smidzinātas. Pēc inficēšanas augus inkubēja klimata kamerā 15 °C - 25 °C temperatūrā 20 stundas, lai nodrošinātu konīdiju dīgtspēju un lapu infekciju. Pēc tam kokiem atļāva nožūt.

Smidzinājumu ar testējamajiem fungicīdiem (3.4. tabula) veica 24 stundas pēc inokulācijas uz nožuvisām lapām, izsmidzinot fungicīdus noteiktās koncentrācijās, līdz lapas bija pilnībā samitrinātas. Pēc tam augi tika inkubēti siltumnīcā, līdz slimības pazīmes attīstījās uz neapstrādātiem augiem (14-28 dienas). Slimības pazīmju izplatība katram dzinumam tika aprēķināta kā vidējais rādītājs no trīs jaunāko inficēto lapu simptomātiskās lapas daļas (katra lapas virsma, kas pārklāta ar kraupja bojājumiem, tika novērtēta procentos no 0-100%). Slimības izplatība tika aprēķināta 4-5 dzinumiem katrā variantā. Testi tika veikti divreiz katram paraugam, aprēķinot vidējo vērtību no diviem atkārtojumiem. Rezultātā noteiktas devas un atbildes reakcijas attiecība salīdzinājumā ar bāzes līnijas jutību.

3.4.tabula

Testos izmantoto fungicīdu koncentrācija un darbīgās vielas daudzums

Score

d.v. difenokonazols 250g/L, deva 0,200 L/ha,
Adama Deutschland GmbH

Difenokonazols

0.015 %	37.5 ppm
0.0015 %	3.75 ppm
Chorus	
d.v. ciprodinils 500 g/kg, deva 0,450 kg/ha, Syngenta Agro GmbH	Ciprodinils
0.03 %	150 ppm
0.003%	15 ppm
Flint	
d.v. trifloksistrobīns 500 g/kg, deva 0,150 kg/ha, Bayer AG	Trifloksistrobīns
0.01%	50 ppm
0.001%	5 ppm

Populācijas jutība pret strobilurīnu grupas darbīgo vielu trifloksistrobīnu pārbaudīta *in vitro*, nosakot konīdiju dīgtspēju laboratorijas apstākļos. Darbīgā viela trifloksistrobīns nav reģistrēta Latvijā, bet tā tika piedāvāta kā alternatīva metil-krezoksīmam, jo, ņemot vērā strobilurīnu grupas darbīgo vielu krustenisko rezistenci, vienas vielas testa rezultāti ir pielīdzinām ar citām. Lapas ar kraupja bojājumiem glabājās sasaldētas, lai pagatavotu konīdiju suspensiju, lapas atkausēja un konīdijas noskaloja ar krāna ūdeni. Suspensiju pagatavoja ar koncentrāciju $2E+05$ konīdijas uz ml un samaisīja attiecībā 1: 1 ar dubultā koncentrētu fungicīda suspensiju. Maisījumus ievietoja kratītājā uz 2 stundām 20 °C temperatūrā. Pēc tam 50 µl maisījuma uzpilināja uz priekšmetstikla un 24 stundas inkubēja mitrā kamerā 20 °C, lai nodrošinātu konīdiju dīgtspēju. Dīgšanas ātrums tika noteikts katrā paraugā, novērtējot vismaz 100 konīdiju dīgšanu. Katrai fungicīda devai tika aprēķināta efektivitāte salīdzinājumā ar standartu un bāzes līnijas jutību. Testi tika veikti četros atkārtojumos, un efektivitātes vidējais rādītājs tika attēlots attiecībā pret fungicīdu koncentrāciju katrā populācijā un salīdzināts ar sākotnējo jutību.

3.1.2.Rezultāti

Līdz atskaites sagatavošanas brīdim ir iegūti rezultāti par četriem paraugiem (populācijām), vienam joprojām vēl notiek pētījumi. Visu, līdz šim testēto paraugu 62L20, 64L20, 65L20 un 66L20 jutīgums pret sistēmas fungicīdu Score un Chorus darbīgajām vielām bija acīmredzami samazināts (3.5. tabula; 3.2. attēls; 3.3. attēls), salīdzinot ar bāzes līnijas jutīgumu. Tādēļ šajos augļu dārzos ir sagaidāma fungicīdu Chorus 50 WG un Score efektivitātes samazināšanās ābeļu kraupja ierobežošanai.

3.5.tabula

Sistēmas fungicīdu Score un Chorus efektivitāte *V. inaequalis* populācijas ierobežošanai

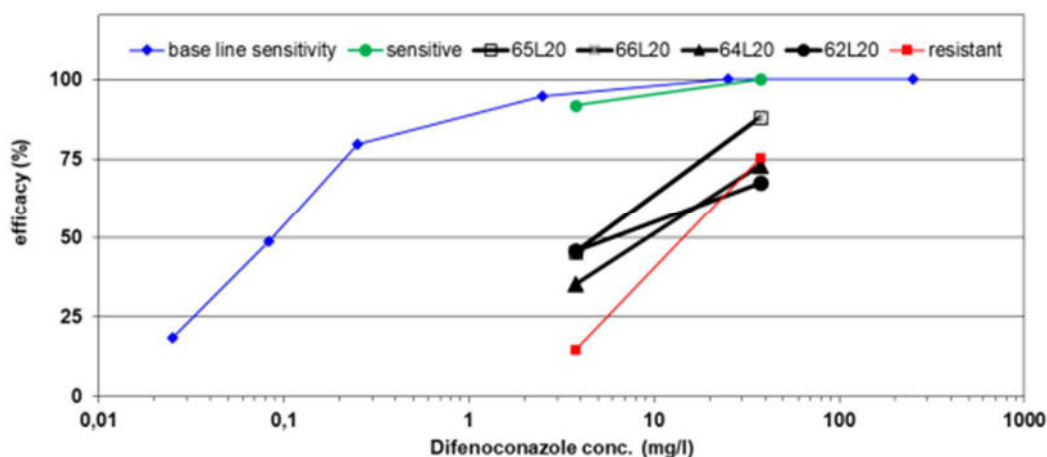
Parauga kods	62L20 (AB)	64L20 (VI)	65L20 (PO)	66L20 (RI)	68L20* (MA)
Parauga ievākšanas datums	04.07.2020	04.07.2020	14.07.2020	14.07.2020	02.09.2020
Efektivitāte					
0.015 % Score	68%	73%	90%	88%	-
Efektivitāte					
0.0015 % Score	46%	35%	47%	45%	-

Efektivitāte					
0.03 % Chorus	77%	35%	80%	58%	-
Efektivitāte					
0.01 % Chorus	26%	29%	63%	35%	-

*rezultāti vēl nav saņemti

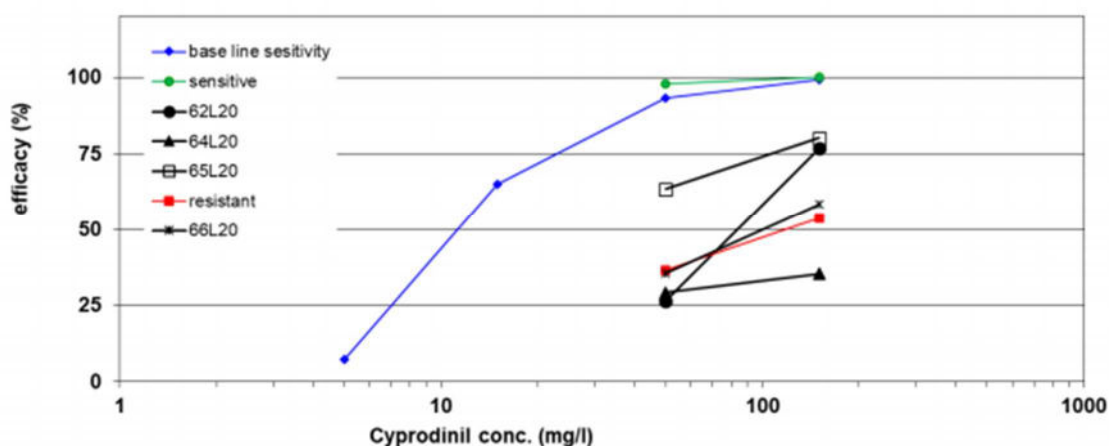
Zilā līkne attēlā ir bāzes līnijas jutība (*base line sensitivity*), kas parāda dažādu kaitīgā organisma populāciju sākotnējo jutību pret konkrēto darbīgo vielu, testējot to pirms izmantošanas praktiskajā augu aizsardzībā. Zaļā līkne attēlā rāda institūta standarta populācijas jutību pret konkrēto vielu. Sarkanā līkne parāda efektivitātes rezultātus, kaitīgā organisma populācijai, kam institūta pētījumos noteikta viszemākā, jutība pret konkrēto darbīgo vielu pēdējos trīs gados.

Visas četras ābeļu kraupja ierosinātāja populācijas *in vivo* testos parādīja samazinātu jutību pret difenokonazolu, salīdzinot ar bāzes līnijas jutību. Populācijām 62L20 un 64L20 bija zemāka jutība, nekā 65L20 un 66L20, līdz ar to arī zemākā efektivitāte kraupja ierobežošanai, attiecīgi – 68 un 73% pie 37 mg/L, kas atbilst devai, ko parasti izmanto uz hektāra. Tomēr, pēc speciālistu atzinuma, neskatoties uz nelielajām atšķirībām, nevienā no dārziem, no kuriem ievākti šie paraugi, nav sagaidām pilna difenokonazolu saturošo fungicīdu efektivitāte.



3.2.attēls: *V. inaequalis* populācijas jutīgums pret darbīgo vielu difenkonazols.

Arī pret ciprodinilu visām četrām kraupja ierosinātāja populācijām konstatēta samazināta jutība, salīdzinot ar bāzes līnijas jutību. Populācija 64L20 parādīja vēl zemāku jutību, nekā pats rezistentākais paraugs, kas testēts pēdējos trīs gados, nodrošinot tikai 35% efektivitāti pie 150 mg/L, kas atbilst devai, ko izmanto uz hektāra. Parauga 66L20 testa rezultāti bija ļoti līdzīgi ar rezistentu standartu, savukārt 65L20 un 62LD bija augstāka jutība, tomēr vienalga tā bija ievērojami zemāka nekā standarta populācijai un bāzes līnijai. Tāpat kā difenokonazola gadījumā, nevienā no dārziem, no kuriem ievākti šie paraugi, nav sagaidām pilna ciprodinilu saturošo fungicīdu efektivitāte.



3.3. attēls: *V. inaequalis* populācijas jutīgums pret darbīgo vielu ciprodinilu.

Pētījumos atzīts, ka nevar sagaidīt pilnu fungicīda efektivitāti uz lauka, ja siltumnīcas testā ar ieteicamo lauka devu netiek sasniegta vai pārsniegta 90% efektivitāte. Izmantojot DMI un anilinopirimidīnu grupas fungicīdus, notiek pakāpeniska populāciju pāreja uz samazinātu jutību. Tās parasti nav tikai vienas ģenētiskas izmaiņas rezultāts, tādēļ zinātniski to vēl nebūtu pareizi saukt par rezistenci. Termins “resistance” ir vieglāk izmantojams praksē, bet zinātniski būt pareizāk būtu to saukt par samazinātu jutību.

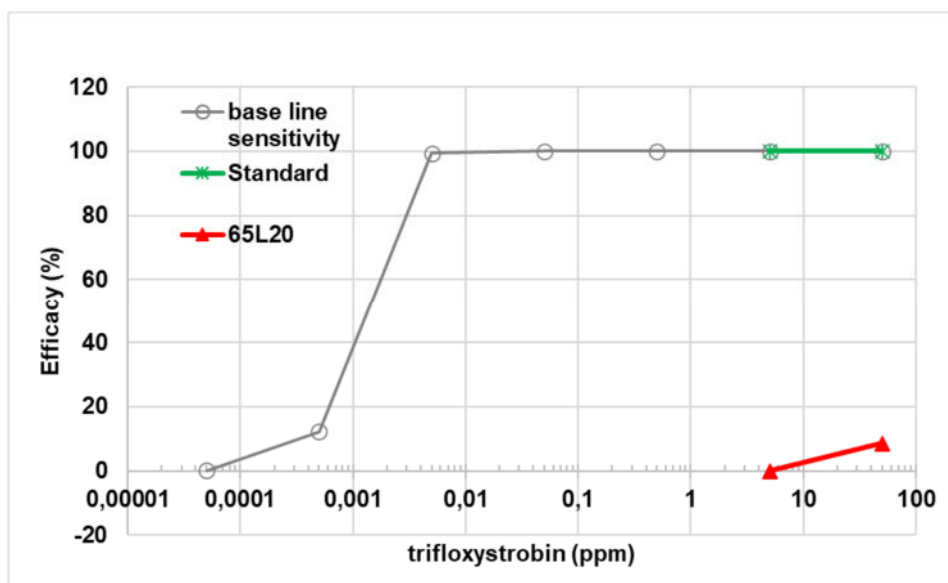
Veicot testu *in vitro*, lai pārbaudītu *V. inaequalis* populācijas jutību pret strobilurīnu grupas darbīgo vielu trifloksistrobīnu, noteikts, ka standarta populācijas jutība bija pielīdzināma bāzes līnijas jutībai, nodrošinot 100% efektivitāti (3.6. tabula, 3.4. attēls). Standarta populācijas konīdijas nedīga nevienā no izmantotajām fungicīda koncentrācijām. Savukārt parauga 65L20 populācijai konstatēta rezistence, jo fungicīda darbīgā viela ierobežoja tikai 9% konīdiju, 91% konīdiju bija rezistenti pret trifloksistrobīnu. Rezistence slimību ierosinātājiem pret strobilurīnu grupas preparātiem veidojas tikai vienas ģenētiskās mutācijas rezultātā un ir pierādīts, ja rezistence ir izveidojusies pret vienu no šīs grupas preparātiem, tā būs arī pret pārējiem, tā saucamā krusteniskā rezistence. Šajā gadījumā, ja ir konstatēta sēnes rezistence pret trifloksistrobīnu, visdrīzāk tā būs izturīga arī pret metil-krezoksīmu, tas ir norādīts arī jaunākajā 2020. gada FRAC kodu sarakstā²⁵.

3.6.tabula

Fungicīda Flint efektivitāte *V. inaequalis* populācijas ierobežošanai

Parauga kods	65L20	Standarts
Parauga ievākšanas datums	19.07.2020.	
Dīdības apjoms neārstētā paraugā (vidēji)	65 %	82 %
Efektivitāte 0.01% Flint	9 %	100 %
Efektivitāte 0.001% Flint	0 %	100

²⁵ https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2020-finalb16c2b2c512362eb9a1eff00004acf5d.pdf?sfvrsn=54f499a_2



3.4.attēls: *V.inaequalis* populācijas jutīgums pret darbīgo vielu trifloksistrobīns.

Pētījumā iegūtie rezultāti parāda, ka visu piecu saimniecību testētie paraugi/populācijas ir ar samazinātu jutību pret darbīgajām vielām difenokonazols un ciprodinils. Viszemākā jutība pret difenokonazolu bija Saimniecības 2 (Bauskas novads) un Saimniecības 5 (Jelgavas novads) paraugiem. Savukārt pret ciprodinilu ļoti zema jutība bija Saimniecības 5 (Jelgavas novads) un Saimniecības 4 (Kocēnu novads) paraugiem. Kopumā sliktāki efektivitātes rādītāji bija ciprodinilam. Vienīgajam paraugam no Saimniecības 1 (Viesītes novads) *in vitro* testā atzīts, ka sēne ir rezistenta pret strobilurīnu grupas preparātiem.

3.1.3. Secinājumi un ieteikumi

- Pētījumi kaitīgo organismu rezistences noteikšanai pret augu aizsardzības līdzekļiem ir svarīgi, jo rezistences gadījumā nav nozīmes turpmāk izmantot konkrēto vielu saturošo AAL un līdz ar ietaupīt finanšu un vides resursus.
- Ābeļu kraupja ierosinātāja *Venturia inaequalis* rezistences pārbaudes rezultāti ir attiecināmi un izmantojami tikai tajās saimniecībās, kuru paraugi pārbaudīti, jo katrā stādījumā var atšķirties slimības ierosinātāja populācija, tāpat atšķiras arī izmantotie augu aizsardzības paņēmieni un preparāti.
- Saimniecībā 1 Viesītes novadā atklāta rezistence pret strobilurīnu grupas fungicīdiem, kas nozīmē, ka turpmākajās sezonās vajadzētu izvairīties no strobilurīnu grupas izmantošanas ābeļu kraupja ierobežošanai, aizstājot to ar pieskares iedarbības fungicīdiem.
- Saimniecībā 2 Bauskas novadā ir viszemākā jutība pret difenokonazolu, tādēļ būtu ieteicams difenokonazolu saturošos fungicīdus izmantot pēc iespējas retāk, ne vairāk, kā divas reizes sezonā (iepriekšējos gados veiktas trīs apstrādes) tikai maisījumos un/vai pārmaiņus ar citas ķīmiskas grupas pieskares iedarbības fungicīdiem.
- Arī Saimniecībā 3 Jelgavas novadā ir samazināta jutība pret difenokonazolu un ļoti zema jutība pret ciprodinilu, tādēļ turpmāk būtu ieteicams ābeļu kraupja ierobežošanai vairāk izmantot pieskares preparātus, jo zināms, ka līdz šim saimniecībā smidzināja sistēmas iedarbības fungicīdus profilaktiski. Sistēmas fungicīdus vajadzētu lietot tikai augsta infekcijas riska gadījumā kombinējot vai maisījumā ar pieskares iedarbības fungicīdiem.

- Saimniecībā 4 ir zema ābeļu kraupja ierosinātāja jutība pret ciprodinilu, kas, iespējams, ir sekas no pārāk intensīvas ciprodinilu saturoša fungicīda izmantošanas pat līdz četrām reizēm sezonā. Turpmāk to vajadzētu izmantot pēc iespējas retāk, ne vairāk kā divas reizes sezonā tikai maisījumos ar citas ķīmiskas grupas pieskares iedarbības fungicīdiem.

Rezistences profilakse

- Svarīgi būtu veikt fitosanitāros pasākumus (piemēram, inficēto lapu savākšanu, iestrādāšu augsnē vai mulčēšanu) ābeļu stādījumos, lai samazinātu infekcijas slodzi dārzā, tādā veidā nodrošinot augstāku augu aizsardzības pasākumu efektivitāti.
- Nepieļaut pārāk intensīvu ābeļu kraupja izplatību gados, kad ir prognozējama maza raža, jo pārziemojušās inficētās lapas radīs vēl lielāku infekcijas slodzi nākamajā gadā.
- Smidzinājumus veikt profilaktiski precīzos laikos, vēlams atbilstoši lēmuma atbalsta signāliem, vairāk izmantojot zema rezistences riska pieskares preparātus.
- Izmantojot lēmuma atbalsta sistēmu, veikt smidzinājumus sporu dīgšanas laikā, kas ir efektīvākais laiks ābeļu kraupja ierosinātāja ierobežošanai.
- Kritiski augsta riska infekcijas periodos ieteicams veikt smidzinājumu pirms prognozētas infekcijas vai sporu dīgšanas laikā ar pieskares iedarbības preparātu un pēc infekcijas ar sistēmas iedarbības preparātu, efektīva rīcībā kritiskajos riska periodos varētu samazināt kopējo sezonā veikto smidzinājumu skaitu.
- Nelietot pēc kārtas vienu un to pašu darbīgo vielu.
- Ievērot preparāta etiķetē norādīto devu.
- Veikt novērojumus par izmantoto AAL efektivitāti ābeļu kraupja ierobežošanai, atzīmēt, ja pēc kādas noteiktas darbīgās vielas izmantošanas slimība turpinājusi strauji izplatīties.

3.2. Pelēkā puves ierosinātāja *Botrytis cinerea* rezistences pārbaude pret fungicīdu darbīgajām vielām

Botrytis cinerea ir viens no nozīmīgākajiem augu patogēniem pasaulē. *B. cinerea* ierosina pelēko puvi atklātā laukā un segtajās platībās audzētiem dārzeņiem, zemenēm, dekoratīvajiem augiem, vīnogām un citiem augļaugiem, radot būtiskus ražas zudumus (Veloukas et al. 2011). Īpaši lielus ražas zudumus veicina vēsi un mitri laika apstākļi inficēšanās laikā. Inficēšanās notiek ar konīdijām (sporām) ziedēšanas laikā, tām iekļūstot augā caur ziedgultni. Auglim attīstoties, veidojas puve (Puhl & Treutter 2008). Uz pūstošajiem augļiem veidojas konīdijas, kuras izplatās pa visu stādījumu ar gaisa plūsmu palīdzību un var izraisīt sekundāro infekciju uz briestošiem augļiem, kuru grūti ierobežot. Lai arī tirgū ir pieejami fungicīdi *B. cinerea* ierobežošanai, tas joprojām ir augsta riska patogēns, jo var attīstīt rezistenci pret fungicīdu iedarbību (Veloukas et al. 2011). Galvenā pierādītā *B. cinerea* rezistence pret fungicīdu ķīmiskajām vai bioloģiskajām grupām, ieskaitot benzimidazolus, dikarboksimīdus, anilinopirimidīnus, hidroksianilīdus un hinona ārējo inhibitoru (Qol) grupas fungicīdiem, veidojas mērķa aktīvā centra modifikācijas vai multirezistences mehānisma dēļ (Ishi et al. 2009; Leroux et al. 2004; Leroux et al. 2010; Myresiotis et al. 2007). Hinona ārējie inhibitori (Qol), tādi kā azoksistrobīns, trifloksistrobīns vai piraklostrobīns, sukcināta dehidrogenāzes inhibitori (SDHI), tādi kā boskalīds un fluopirāms, anilinopirimidīni (piem., ciprodinils, pirimetanils, mepanipirims), fenilpiroli (fludioksonils) un hidroksianilīdi (fenheksamīds) ir galvenie fungicīdi, ko lieto Centrāleiropas valstīs, īpaši Vācijas zemeņu un aveņu stādījumos. *Botrytis* celmi tiek klasificēti kā zemu rezistenti (LR), vidēji rezistenti (MR), augsti rezistenti (HR) un multirezistenti (MDR), balstoties uz to rezistenci pret ierobežošanā lietotiem fungicīdiem (Fan et al. 2019; Hahn 2014; Leroux et al. 2013; Rupp et al. 2017; Veloukas et al. 2011; Weber 2011; Weber and Hahn 2011; Williamson et al. 2007).

Botrytis rezistence pret fungicīdiem ir vairākkārt pētīta. Vienā no pētījumiem ir radīta vienkārša un ātra metode *Botrytis* fungicīdu rezistences noteikšanai, balstoties uz sporu dīgļstobra veidošanos uz dažādām barotnēm. Metodika izstrādāta, izmantojot sporas no 95 *Botrytis* izolātiem, kas iegūti no inficētām zemenēm (Weber & Hahn 2011). Pētījuma mērķis bija atrast vidējās efektīvās koncentrācijas (EC50) dažādiem fungicīdiem, kas par 50% ierobežo izvēlēto izolātu sporu dīgšanu. Fungicīdu efektīvās koncentrācijas, kas tika atrastas šajā pētījumā noskaidrotas šādas fungicīdu efektīvās koncentrācijas: metiltiofanāts 0.090 ppm, iprodions 0.566 ppm, fludioksinils 0.026 ppm, fenheksamīds 0.144 ppm (uz 1% iesala ekstrakta agara), hinona ārējie inhibitori trifloksistrobīns 0.009 ppm, piraklostrobīns 0.013 ppm, azoksistrobīns 0.087 ppm (uz 1% iesala ekstrakta agara ar 100 ppm salicilhidroksamīdskābi), boskalīds 0.069 ppm (uz 0.5% rauga ekstrakta agara) un ciprodinils 0.053 ppm (uz 0.5% saharozes agara). Izolātus iedalīja augsti jutīgos, vidēji jutīgos un augsti rezistentos, identificējot divas robežkoncentrācijas katrai fungicīdu aktīvajai vielai.

Latvijā neatkarīgi pētījumi pelēkā puves ierosinātāja *Botrytis cinerea* rezistences noteikšanai līdz šim nav veikti, iespējams, ka atsevišķus paraugus ir analizējušās AAL ražotāju un izplatītāju firmas, bet par rezultātiem nav pieejama informācija. Atsevišķās saimniecībās novērots, ka pelēkā puves ierobežošanai izmantoto fungicīdu efektivitāte ir zema. Diemžēl fungicīdi konkrētā kaitīgā ierobežošanai uz lauka reģistrēti tikai divi ķīmiskie preparāti (3.7. tabula), līdz ar to nav alternatīvas to nomaīnai augu aizsardzības sistēmā.

Projekta ietvaros pētījums pelēkā puves ierosinātāja *Botrytis* spp. rezistences noteikšanai pret fungicīdiem tika veikts gan LLU "Agrihorts" laboratorijā, lai apgūtu rezistences noteikšanas metodi un ar laiku varētu attīstīt vietējos pētījumus un pakalpojumus rezistences noteikšanai, gan institūtā Bio-Protect Vācijā, kur speciālistiem ir ilggadīga pieredze rezistences testu veikšanā.

Pelēkās puves ierobežošanai reģistrētie fungicīdi 2020. gadā²⁶

Fungicīda nosaukums	Darbīgā viela	Iedarbības mehānisms	FRAC grupa	Rezistences risks
Switch 62.5 WG	ciprodinils	Metionīna biosintēze	9	Vidējs
	fludioksonils	Histidin-kināze osmotiskā signāla transdukcijā	12	Zems/vidējs
	boskalīds	Sukcināta dehidrogenāzes inhibitors - SDHI	7	Vidējs/augsts
Signum	piraklostrobīns	QoI fungicīdi - kvinonu inhibitori	11	Augsts
Cidely Top	difenokonazols	DMI fungicīdi - demetilācijas inhibitori	3	Vidējs
(zem seguma)	ciflufenamīds	Nav zināms	U06	Nav zināms
Prolectus	fenpirazamīns	KRI – ketoreduktāzes inhibitori	17	Zems/vidējs
(zem seguma)				
Serenade ASO	<i>Bacillus subtilis</i>	Mikrobioloģisks	44	Nav zināms
Prestop	<i>Gliocladium catenulatum</i>	Mikrobioloģisks	-	Nav zināms

3.2.1. Metodika**Pētījuma saimniecību izvēle**

Izvēlētas tādas zemeņu saimniecības, kuras nodarbojas ar komercaudzēšanu, izmantojot augu aizsardzības līdzekļus, kā arī pirms pētījuma uzsākšanas noskaidrots, ka pastāv aizdomas par augu aizsardzības līdzekļu efektivitātes samazināšanos. Pētījuma laikā no zemeņu saimniecībām iegūta informācija par šķirnēm, stādu izcelsmi, lietotajiem fungicīdiem un novērojumiem par pelēkās puves izplatību (3.8. tabula).

²⁶ <http://www.vaad.gov.lv/sakums/testa-moduli/aal-registrs.aspx>

3.8. tabula

Pētījumā iekļauto saimniecību dati			
Saimniecība	Saimniecība 1 (ST)	Saimniecība 2 (LU)	Saimniecība 3 (MA)
	Bauskas novads	Talsu novads	Mālpils novads
Paraugiem izmantotās šķirnes	'Sonata', 'Sonsation'	'Sonata', 'Rumba'	'Malvine'
Parauga ievākšanas datums	08.07.2020.	07.07.2020	14.07.2020
AAS paraugu ievākšanas laikā	BBCH 89	BBCH 87	BBCH 89
Audzēšanas veids	Uz ģeotekstila ar pilienvēda laistīšanu	Uz ģeotekstila ar pilienvēda laistīšanu	Uz salmu mulčas
Stādmateriāla izcelsme	Nīderlande	Nīderlande	Vācija
Smidzinājumu intensitāte	Trīs smidzinājumi, sākot no ziedēšanas, ar septiņu dienu intervālu ('Sonata') un divi smidzinājumi, sākot no ziedēšanas, ar septiņu dienu intervālu ('Sonsation').	Pieci smidzinājumi, sākot no ziedēšanas, ar septiņu dienu intervālu.	Viens smidzinājums sezonā.
Pelēkās puves izplatība	Paraugu ievākšanas laikā ~ 30%, vidēji sezonā ~ 7% ('Sonata') un paraugu ievākšanas laikā ~ 35% un 15% vidēji sezonā ('Sonsation').	Paraugu ievākšanas laikā ~ 30%, vidēji sezonā ~ 7%.	Paraugu ievākšanas laikā ~ 10%.

Zemeņu pelēkās puves paraugu ievākšanai

Katrs zemeņu pelēkās puves paraugs sastāvēja no 20 ogām ar pelēkās puves infekcijas pazīmēm, kas ievāktas konkrētajā stādījumā pa diagonāli laukam, lai rezultāti atspoguļotu kopējo rezistences situāciju. Paraugi ievākti sausā laikā. Paraugus ievāca, kad bija skaidri redzama sporulācija uz sēnes *Botrytis inficētajām* vietām. Pēc ogu ievākšanas izmantoja sterilus aplikatorus, lai veiktu sporu paraugu paņemšanu (3.5. attēlā). Ar vates kociņu viegli pieskaroties sēnes micēlijam tika paņemtas sporas (konīdijas), vates kociņu nekavējoties ievietots mēģenē un tā aizskrūvēta. Virsū mēģenei uzlīmēta etiķete ar parauga numuru. Veicot sporu savākšanu, bija jāizvairās no kontakta ar citiem materiāliem – auga daļām, drēbēm, rokām u.tml. Ievāktos paraugus kopā ar datu lapām nekavējoties nosūtīja uz institūta Bio-Protect laboratoriju. Savukārt tās pašas ogas, no kurām paņēma sporu paraugus sūtīšanai uz Vāciju, tika nogādātas uz LLU “Agrihorts” laboratoriju rezistences noteikšanas metodikas aprobešanai.

3.5. attēls. *Botrytis cinerea* sporu paraugu paņemšana.

3.3. LLU “Agrihorts” pētījums *Botrytis* spp. rezistences noteikšanai

3.3.1. Metodika

Sēņu izolātu iegūšana

Botrytis sp. izolātus ieguva no zemeņu ogām ar pelēkās puves simptomiem, kuras ievāca zemeņu stādījumos Latvijā. Izolātus kultivēja uz kartupeļu dekstrozes agara (PDA), pievienojot penicilīnu G un streptomīna sulfātu (katrs 200 mg L⁻¹). Antibiotikas tika pievienotas daļēji atdzisušam agaram pēc autoklāvēšanas. Pirmos uzsējumus inkubēja 3-4 dienas 20 °C temperatūrā, un no tiem uzsēja otrās pakāpes uzsējumus uz PDA agara platēm bez antibiotikām. Otrās pakāpes uzsējumus inkubēja 20 °C temperatūrā 14 dienas. Iegūtās tīrkultūras uzglabāja 4 °C temperatūrā, mēģenēs uz slīpās PDA barotnes līdz tālākām analīzēm.

Fungicīdu pārbaudes

Pētījumā izmantoti fungicīdi, Switch 62.5 WG (d.v. ciprodinils, fludioksonils) un Signum (d.v. boskalīds, piraklostrobīns). Fungicīdu efektivitāti pārbaudīja uz iesala ekstrakta agara (MEA), kurās agaram tika pievienoti fungicīdi dažādās koncentrācijās: 100, 10, 1, 0.1, 0.01, un 0.001 ppm. Fungicīdi tika pievienoti daļēji atdzisušam agaram pēc autoklāvēšanas. Pēc barotnes saliešanas, plates tika atdzēsētas laminārās plūsmas skapī. Abiem fungicīdiem, Switch 62.5 WG un Signum, plates tika sagatavotas vienādi.

Pētījuma norise

Pēc *Botrytis* sp. izolātu izdalīšanas no zemeņu ogām un kultivēšanas uz PDA Petri platēm 14 dienas 20 °C temperatūrā, divdesmit izolāti tika izvēlēti tālākai fungicīdu rezistences analizēšanai, balstoties uz to koloniju morfoloģiju un attīstības raksturīgajām īpašībām. Divdesmit izvēlētos izolātus kultivēja uz fungicīdu pārbaudes platēm, kuru sagatavošana aprakstīta iepriekšējā nodaļā, lai novērotu to augšanu attiecībā pret fungicīda veidu un koncentrāciju. Kolonijas laukumu novērtēja, mērot divus perpendikulārus kolonijas diametrus pēc 4 dienu inkubēšanas tumsā 20 °C temperatūrā. Tajā pašā laikā kā kontroles grupa šie paši izolāti tika audzēti uz MEA platēm bez fungicīdiem tādos pašos apstākļos, lai salīdzinātu kolonijas laukumu un augšanu parastos apstākļos.

Efektīvās fungicīdu koncentrācijas, kas izraisīja 50% kolonijas laukuma augšanas samazinājumu (EC₅₀ vērtības), aprēķināja, dalot kolonijas laukuma daļu procentos, kurā bija vērojams augšanas samazinājums, ar decimāllogarītmu no fungicīdu koncentrācijas. Rezistences faktoru (RF) katram konkrētam izolātam pret katru fungicīdu aprēķināja, dalot tā EC₅₀ vērtību ar vidējo EC₅₀ vērtību augsti jutīgās (HS) grupas izolātiem, kuri tika iegūti šajā pētījumā (3.9. tabula). Izolātus klasificēja augsti jutīgos (HS), vāji rezistentos (S), vidēji rezistentos (mR) un augsti rezistentos (R) savstarpēji neatkarīgi attiecībā pret Switch 62.5 WG un Signum fungicīdiem.

3.3.2. Rezultāti

Pētījuma rezultātus ieguva, analizējot divdesmit *Botrytis* sp. izolātu rezistenci pret fungicīdiem Switch 62.5 WG un Signum. Izolātus izvēlējās pamatojoties uz to morfoloģiskajām pazīmēm pēc 14 dienu inkubācijas uz PDA platēm 20 °C temperatūrā. Morfoloģiskās pazīmes, pēc kurām izvēlējās izolātus, bija pelēkbalta pūkaina un vertikāli augoša micēlija veidošanās ar pelēkiem vai melniem sklerocijiem; balta pavedienveida micēlija ar lielu skaitu melniem sklerocijiem; un liela daudzuma pelēku vai melnu sklerociju veidošanās koncentriskos apļos (3.6.att.).



3.6.attēls. *Botrytis* sp. izolātu koloniju morfoloģija uz PDA agara pēc 14 dienu inkubēšanas.

Switch 62.5 WG pārbaude

EC₅₀ vērtības un rezistences faktori (RF), kas pamatojoties uz fungicīdu pārbaudi, tika iegūti pētījumā ir atspoguļoti 3.9. tabulā. Visaugstāko rezistences faktoru (RF 13.8), pret fungicīdu Switch 62.5 WG, un EC₅₀ vērtību 0.04 ppm uzrādīja izolāts ST-6-S. No izvēlētajiem divdesmit *B. cinerea* izolātiem, septiņi izolāti tika atzīti par augsti jutīgiem (HS), balstoties uz to attīstību dažādu fungicīda koncentrāciju klātbūtnē, jo tie izrādīja vairāk nekā 50% augšanas samazinājumu jebkurā no testētajām fungicīda koncentrācijām. Pieci izolāti, kuru RF bija no 0.68 līdz 1.27 un EC₅₀ vērtības no 0.002 līdz 0.037 ppm, tika atzīti par vāji rezistentiem (S). Tikai četri izolāti - ST-1-S-W, MA-11-M, MA-17-M un ST-18-SS tika atzīti par vidēji rezistentiem (mR), to RF vērtības bija atbilstoši 2.72, 3.44, 9.31 un 9.65. Atlikušie četri izolāti tika atzīti par augsti rezistentiem (R) pret fungicīdu Switch 62.5 WG, to RF bija no 10.68 līdz 13.8 un EC₅₀ vērtības no 0.031 līdz 0.04 ppm. Lai arī visi pētījumā izmantotie izolāti iegūti no trīs dažādiem zemeņu stādījumiem, visos stādījumos konstatēja gandrīz visu līmeņu rezistenci pret fungicīdu Switch 62.5 WG.

Signum pārbaude

Botrytis sp. izolāti attiecībā uz fungicīdu Signum uzrādīja dažādas RF un EC₅₀ vērtības, kuras ir redzamas 3.9. tabulā. Fungicīda Signum pārbaudē iegūtās RF vērtības variēja no 3225 (izolāts ST-18-SS) ar EC₅₀ vērtību 10 ppm līdz RF 0.64 ar EC₅₀ vērtību 0.002 ppm. Četri izolāti tika atzīti par augsti rezistentiem pret fungicīdu Signum, to RF vērtības pārsniedza 1000 vienības un EC₅₀ vērtības bija no 3.9 līdz 10 ppm.

3.9. tabula

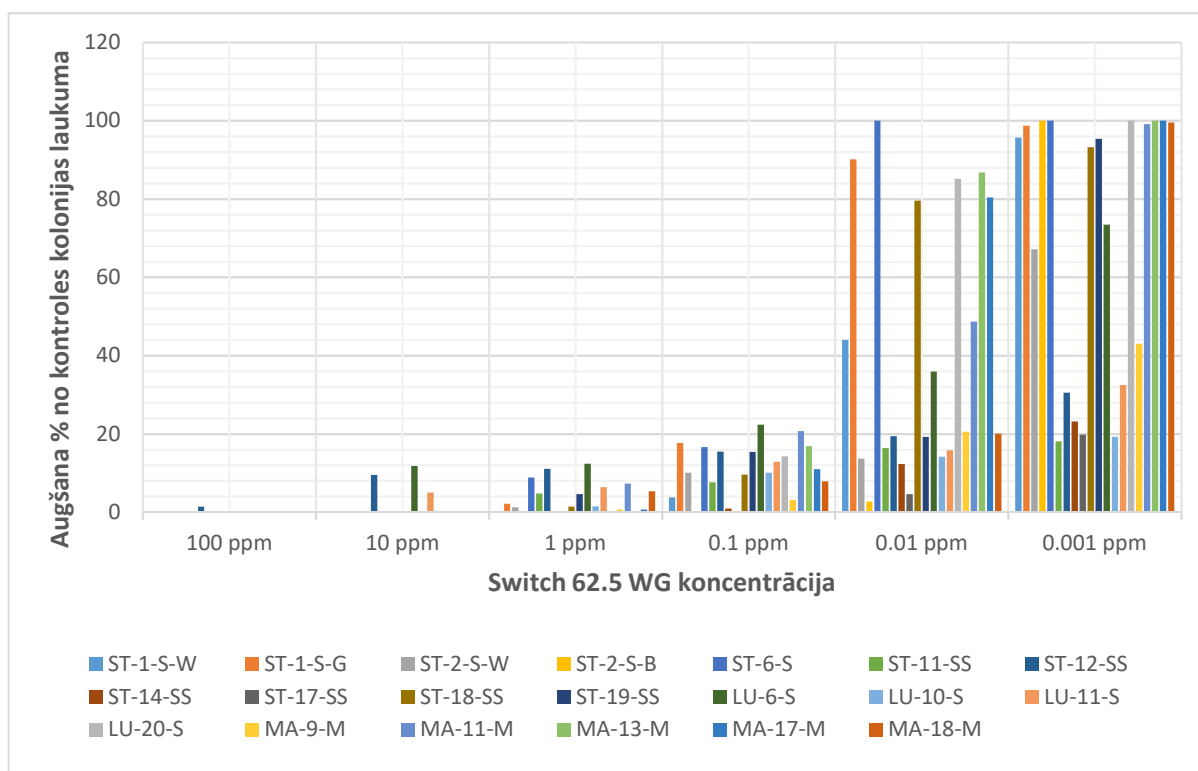
***Botrytis* sp. izolātu efektīvās koncentrācijas (EC₅₀) un rezistences faktora (RF) vērtības pret diviem fungicīdiem (Switch 62.5 WG, Signum)**

Isolate	Switch 62.5 WG	RF	Rezistences līmenis	Signum	RF (Signum)	Rezistences līmenis
---------	-------------------	----	------------------------	--------	----------------	------------------------

	EC ₅₀ (ppm)	(Switch 62.5 WG)		EC ₅₀ (ppm)		
ST-1-S-W	0.0079	2.72	mR	1.95	629.03	mR
ST-1-S-G	0.0316	10.68	R	4.9	1580.64	R
ST-2-S-W	0.002	0.68	S	3.9	1258.06	R
ST-2-S-B	0.0028	0.96	S	0.933	290.32	mR
ST-6-S	0.04	13.8	R	5.24	1690.32	R
ST-11-SS	augsti jutīgs	-	HS	0.0042	1.3	HS
ST-12-SS	augsti jutīgs	-	HS	0.33	106.45	mR
ST-14-SS	augsti jutīgs	-	HS	0.048	15.48	S
ST-17-SS	augsti jutīgs	-	HS	0.074	23.87	S
ST-18-SS	0.0281	9.65	mR	10	3225.80	R
ST-19-SS	0.0032	1.10	S	0.74	238.70	mR
LU-6-S	0.00371	1.27	S	1.95	629.03	mR
LU-10-S	augsti jutīgs	-	HS	0.43	138.70	mR
LU-11-S	augsti jutīgs	-	HS	0.125	38.70	S
LU-20-S	0.032	11.03	R	0.32	103.22	mR
MA-9-M	augsti jutīgs	-	HS	0.002	0.64	HS
MA-11-M	0.01	3.44	mR	0.1	32.25	S
MA-13-M	0.032	11.03	R	0.59	190.32	mR
MA-17-M	0.0275	9.31	mR	0.4	129.03	mR
MA-18-M	0.0037	1.27	S	0.63	203.22	mR

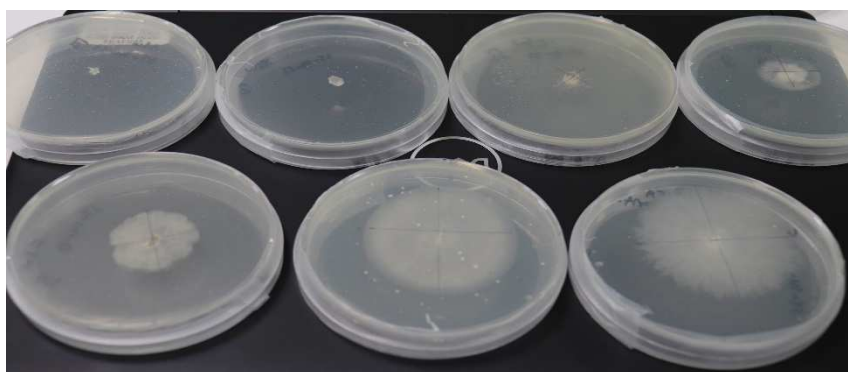
*Apzīmējumi: augsti jutīgs (HS), vāji rezistents (S), vidēji rezistents (mR), augsti rezistents (R)

Divi izolāti tika atzīti par augsti jutīgiem (HS) ar RF vērtībām zemākām par 2 un EC 50 vērtībām no 0.002 līdz 0.0042 ppm. Tajā pašā laikā trīs izolāti tika atzīti par vāji rezistentiem (S), to RF vērtības bija no aptuveni 15 līdz 32. Atlikušie desmit izolāti nonāca vidēji rezistentajā (mR) līmenī, to RF vērtības sniedzās no 103 līdz 626 un EC50 vērtības no 0.32 līdz 1.95 ppm. Izolāti no diviem stādījumiem bija augsti jutīgi līdz vidēji rezistenti, bet izolāti no trešā stādījuma aptvēra visu rezistences līmeņu spektru.

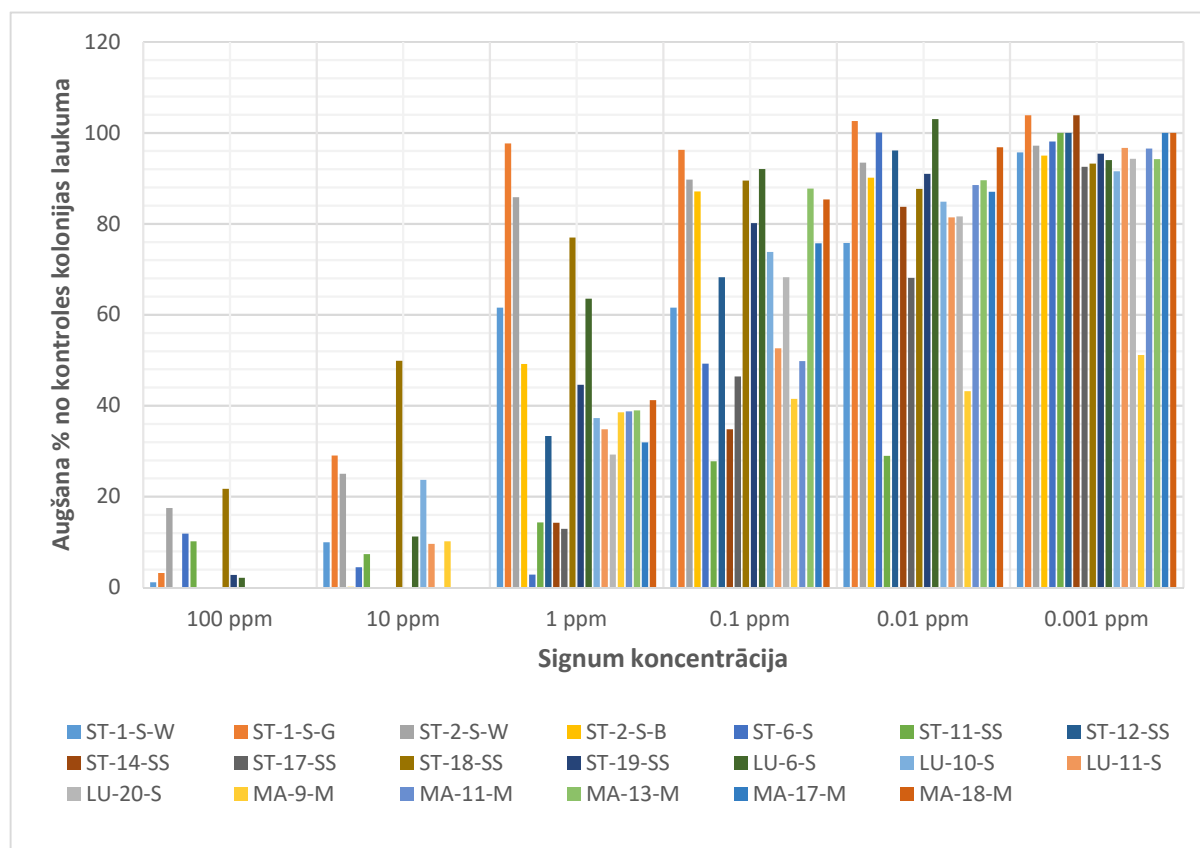


3.7.attēls. Izvēlēto *Botrytis* sp. izolātu augšana dažādās fungicīda Switch 62.5 WG koncentrācijās.

Salīdzinot fungicīdu Switch 62.5 WG un Signum pārbažu rezultātus, izolāti caurmērā izrādīja augstākas RF un EC50 vērtības attiecībā pret fungicīdu Signum. 3.8. un 3.9. attēls demonstrē, ka *B. cinerea* izolāti, kas aplūkoti šajā, pētījumā bija izturīgāki pret fungicīdu Signum un jutīgāki pret fungicīdu Switch 62.5 WG. Vairāk izolātu auga pie Signum 100 ppm koncentrācijas barotnē, nekā pie tādas pašas Switch 62.5 WG koncentrācijas barotnē. Uz ar Switch 62.5 WG papildinātajām barotnēm septiņi izolāti izrādīja vairāk kā par 50% samazinātu augšanu visas izmēģinātajās Switch 62.5 WG koncentrācijās, bet uz ar Signum papildinātajām barotnēm gandrīz visi izolāti auga vismaz 50% apmērā no kontroles koloniju augšanas uz barotnes ar 0.001 un 0.01 ppm Signum koncentrāciju. Izolāti ST-1-S-G, ST-6-S un ST-18-SS bija augsti rezistenti pret abiem fungicīdiem, bet izolāts ST-2-S-W bija augsti jutīgs pret Switch 62.5 WG un augsti rezistents pret Signum. Izolāti MA-13-M un MA-17-M reaģēja pretēji, tie bija augsti rezistenti pret Switch 62.5 WG un jutīgi pret Signum. Tātad, jutīgums pret šiem abiem fungicīdiem šiem izolātiem nav saistīts.



3.8. attēls. *Botrytis* sp. izolātu koloniju laukuma izmaiņas dažādu fungicīdu koncentrāciju pārbaudē.



3.9. attēls. Izvēlēto *Botrytis* sp. izolātu augšana dažādās fungicīda Signum koncentrācijās.

3.4. Pētījums *Botrytis* spp. rezistences noteikšanai institūtā Bio-Protect

Institūts Bio-Protect piedāvā testēšanas sistēmu, lai pārbaudītu sēnes *Botrytis* celmu jutību uz sešiem dažādām darbīgajām vielām no piecām ķīmisko vielu klasēm. Visi trīs paraugi no Latvijas zemeņu stādījumiem tika testēti ar visām šīm darbīgajām vielām (3.10.tabula), lai arī šobrīd Latvijā no tām ir reģistrētas trīs – ciprodinils, fludioksonils un boskalīds, savukārt trifloksistrobīna rezultātus var pielīdzināt piraklostrobīnam, kas ir Latvijā reģistrētā fungicīda Signum sastāvā (3.7.tabula).

3.10.tabula

Kods	Saņemšanas datums	Zemeņu pelēkās puves paraugu apraksts		
		Parauga identifikācija	Šķirne	Pielietotie fungicīdi
ST	09.07.2020.	ST-1-S līdz ST-10-S	Sonata	Switch, Signum
		ST-11Ss līdz ST-20Ss	Sonsation	
LU	09.07.2020.	LU-1-S līdz LU-20-S	Sonata	Switch, Signum, Switch, Switch, Signum, Serenade ASO
		LU-5-R; LU-14-R; LU-16-R	Rumba	
MA	16.07.2020.	MA-1-M līdz MA-20M	Malvine	Switch

3.4.1. Pētījuma norise

Botrytis celmu izolēšana: konīdijas tika uzsētas uz agara barotnes, plates inkubēja 20 °C temperatūrā, lai ļautu konīdijām sadīgt un izaugt hifām. Pēc 48 h audzēšanas hifas ar tipisku Botrytis formu tika sagrieztas un novietotas uz jaunas agara barotnes, lai iegūtu tīrkultūras. Lai veidotos konīdijas, tīrkultūras tika audzētas 20 °C temperatūrā ar mākslīgo gaismu ~ 14 dienas. Pēc tam konīdijas tika noskalotas un to suspensijas koriģēta līdz 1E+05 konīdijām/ml.

Fungicīdu rezistences testi tika veikti agara platēm, kas satur diskriminējošu fungicīdu koncentrāciju (3.11. tabula) (no (Weber & Hahn, 2011; Weber et al., 2015) ar modifikācijām). Uz agara plates inokulēja 3 µl konīdiālās suspensijas. Pēc 48 h (SA barotnes) vai 72 h (YBA barotnes) konīdiju dīgtspēja un hifu augšana tika novērtēta mikroskopā. Testi tika veikti divas reizes. Jutīgie Botrytis celmi uz agara, kas tika apstrādāts ar fungicīdiem, nedīga, bet celmi, kas spēja dīgt un augt uz attiecīgā agara, tika vērtēti kā rezistenti.

3.11.tabula

Fungicīdu devas un barotnes, kas izmantotas rezistences testos

Grupa (FRAC kods)	Fungicīds	Aktīvā viela	Aktīvās vielas diskriminējošā deva (mg/ml)	Barotne
Anilino-Pyrimidines (9)	Chorus	500 g/kg Cyprodinil	0.016	SA ¹
Phenylpyrroles (12)	Geoxe	500 g/kg Fludioxinil	0.001	SA ¹
Ketoreductase Inhibitors (17)	Teldor	500 g/kg Fenhexamid	0.01	SA ¹
Quinone outside inhibitors (11)	Flint	500 g/kg Trifloxystrobin	0.01	YBA ² + 0.1 mg/ml) SHAM ³
SDHI (7)	Cantus	500 g/kg Boscalid	0.05	YBA ²
SDHI (7)	Luna privilege	500 g/kg Fluopyram	0.01	YBA ²

¹ 5g/L saharoze; 15g/L agars

² 20g/L nātrija acetāts, 10g/L baktipeptons; 10g/l rauga ekstrakts; 15g/L agars

³ Salicilhidroksamīnskābe

3.4.2. Rezultāti

Paraugos ST, LU un MA 47%, 55% un 63% Botrytis celmi bija jutīgi pret visiem sešiem pārbaudītajiem fungicīdiem. Visos trijos paraugos tika konstatēti rezistenti celmi pret vienu, divām, trīs vai četrām darbīgajām vielām, savukārt rezistence pret piecām darbīgajām vielām tika konstatēta tikai divos celmos, viena paraugā ST viens paraugā LU. Nevienam no celmiem nebija rezistences pret visām sešām darbīgajām vielām (3.12. tabula, 3.10. attēls). Vairāki rezistenti Botrytis celmi ir rezultāts tam, ka kombinētos produktos vai midzināšanas stratēģijās tiek intensīvi izmantotas dažādas aktīvās vielas. Vācijā līdz 20% Botrytis celmu zemeņu laukos ir rezistenti pret visām 6 pārbaudītajām aktīvajām vielām, trijos paraugos no Latvijas netika atrasti šādi celmi.

Rezistence pret fenheksamīdu tika konstatēta vienā celmā paraugā ST un vienā paraugā MA. LU izlase bija pilnīgi jutīga pret fenheksamīdu, kas ir loģiski, jo šī viela nav reģistrēta Latvijā, tādēļ nav izstrādājusies rezistence pret to.

Visos trijos paraugos pret trifloksistrobīnu tika konstatēts augstākais rezistences līmenis. Rezistence pret trifloksistrobīnu tika konstatēta 50%, 40% un 30% gadījumos attiecīgi ST, LU un MA paraugos.

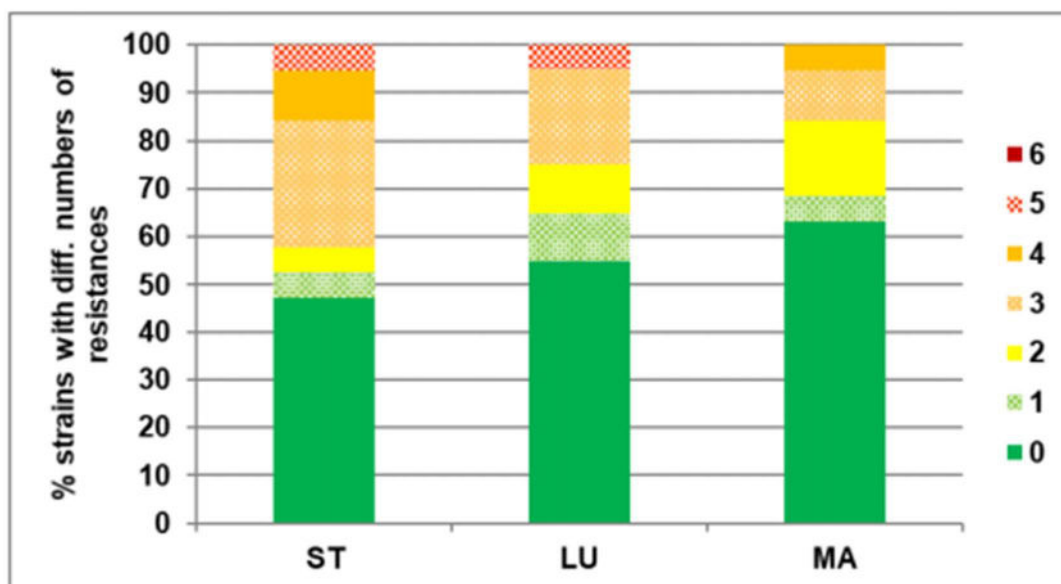
Rezistences pret ciprodinilu, fludioksinilu, boskalīdu un fluopiram bija vidēja līdz zema visos trijos paraugos (3.11. attēls).

Visos trijos paraugos konstatēja vidēji daudz pret fungicīdiem rezistentu Botrytis celmu. Jutīgo celmu attiecība paraugos bija negatīvi saistīta ar fungicīdu smidzinājumu skaitu laukā.

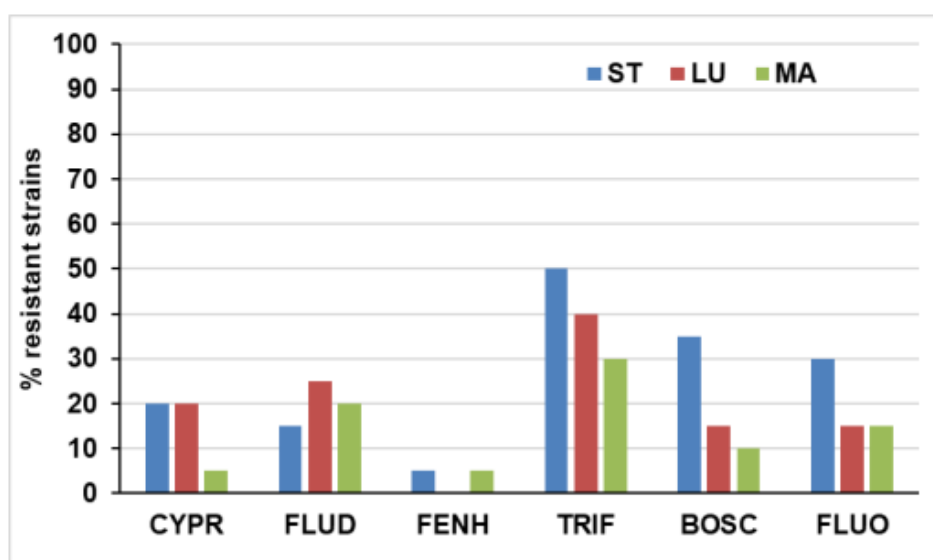
Botrytis spp. celmu rezistence, S = jutīgs; R = rezistents. nt = nav pārbaudīts

Paraugs	Ciprodinils	Fludioksonils	Fenheksamīds	Trifloksistobīns	Boskalīds	Fluopirams
ST1-S	S	R	S	R	R	R
ST2-S	R	S	S	R	R	S
ST3-S	S	S	S	S	S	S
ST4-S	nt	nt	nt	nt	nt	nt
ST5-S	S	S	S	S	S	S
ST6-S	S	S	S	R	R	R
ST7-s	S	S	S	R	R	R
ST8-S	S	R	S	R	S	S
ST9-S	R	S	R	R	R	R
ST10-S	R	S	S	R	R	S
ST11-S s	S	R	S	R	S	R
ST12-S s	S	S	S	S	S	S
ST13-S s	S	S	S	S	S	S
ST14-S s	S	S	S	S	S	S
ST15-S s	S	S	S	S	S	S
ST16-S s	R	S	S	R	R	R
ST17-S s	S	S	S	S	S	S
ST18-S s	S	S	S	R	S	S
ST19-S s	S	S	S	S	S	S
ST20-S s	S	S	S	S	S	S
LU1-S	S	R	S	R	S	S
LU2-S	S	S	S	S	S	S
LU3-S	S	S	S	R	R	R
LU4-S	S	S	S	S	S	S
LU5-R	S	S	S	R	R	R
LU6-S	S	S	S	R	S	S
LU7-S	R	S	S	S	S	S
LU8-S	R	R	S	R	S	S
LU9-S	S	S	S	S	S	S
LU10-S	S	S	S	S	S	nt

LU 11-S	S	S	S	S	S	S
LU 12-S	S	S	S	S	S	S
LU 13-S	R	R	S	R	S	S
LU 14-R	S	S	S	S	S	S
LU 15-S	S	R	S	R	S	S
LU 16-R	R	R	S	R	R	R
LU 17-S	S	S	S	S	S	S
LU 17-S	S	S	S	S	S	S
LU 19-S	S	S	S	S	S	S
LU 20-S	S	S	S	S	S	S
MA 1-M	S	S	S	S	S	S
MA 2-M	S	S	S	S	S	S
MA 3-M	nt	nt	nt	nt	nt	nt
MA 4-M	S	R	S	R	S	S
MA 5-M	S	S	S	S	S	S
MA 6-M	S	S	S	S	S	S
MA 7-M	S	S	S	S	S	S
MA 8-M	S	R	S	R	S	S
MA 9-M	S	S	S	R	R	R
MA 10-M	S	S	S	S	S	R
MA 11-M	S	S	S	S	S	S
MA 12-M	S	S	S	S	S	S
MA 13-M	S	S	S	S	S	S
MA 14-M	S	S	S	S	S	S
MA 15-M	S	S	S	S	S	S
MA 16-M	S	S	S	S	S	S
MA 17-M	S	S	S	S	S	S
MA 18-M	R	S	R	R	R	S
MA 19-M	S	R	S	R	S	R
MA 19-M	S	R	S	R	S	S



3.10.attēls. Botrytis celmu ar atšķirīgu rezistenci skaita attiecība dažādos paraugos.



3.11.attēls. Rezistentu Botrytis celmu procentuālais daudzums analizētajos paraugos.

3.5. LLU “Agrihorts” un institūta Bio-Protect rezultātu salīdzinājums

Salīdzinot LLU “Agrihorts” un institūta Bio-Protect Botrytis rezistences noteikšanas rezultātus, tie sakrīt tikai daļēji (3.13. tabula). Tas iespējams skaidrojams ar atšķirīgu metožu pielietojumu, kā arī ar to, ka LLU “Agrihorts” pētījumā tika izmantoti divi fungicīdi, kuru sastāvā ir divas darbīgās vielas savukārt Bio-Protect izmantoja fungicīdus, kas satur tikai vienu darbīgo vielu, līdz ar to tiek izslēgta iespējamā mijiedarbība starp aktīvajām vielām. Tāpat iespējama Botrytis celmu atšķirība ņemot divus paraugus no vienas ogas, kas arī var ietekmēt rezultātus. No 20 paralēli analizētajiem paraugiem nosakot rezistenci pret Switch 62.5 WG, rezultāti sakrīt deviņos gadījumos, četros – daļēji un septiņos tie bija pretēji. Testējot rezistenci pret Signum rezultāti sakrīt 10 gadījumos, divos – daļēji un astoņos tie bija pretēji. Tomēr kopumā tendence – vairāk rezistences gadījumiem pret Signum darbīgajām vielām un pret pašu

Signum abās laboratorijās sakrita. Jāņem vērā, ka šis bija pirmais LLU “Agrihorts” laboratorijā veiktais pētījums rezistences noteikšanas metodes aprobēšanai, nepieciešams šo virzienu attīstīt arī turpmāk, lai iegūtu ticamus rezultātus.

3.13. tabula

Izolāts	LLU “Agrihorts” un Bio-Protect rezistences rezultātu salīdzinājums					
	Switch	Ciprodinils	fludioksonils	Signum	Boskalīds	trifloksistrobīns
	62.5 WG	Bio-Protect	Bio-Protect	Agrihorts	Bio-Protect	(piraklostrobīna alternatīva)
	Agrihorts					Bio-Protect
ST-1-S-W	mR	S	R	mR	R	R
ST-1-S-G	R	S	R	R	R	R
ST-2-S-W	S	R	S	R	R	R
ST-2-S-B	S	R	S	mR	R	R
ST-6-S	R	S	S	R	R	R
ST-11-SS	HS	S	R	HS	S	R
ST-12-SS	HS	S	S	mR	S	S
ST-14-SS	HS	S	S	S	S	S
ST-17-SS	HS	S	S	S	S	S
ST-18-SS	mR	S	S	R	S	R
ST-19-SS	S	S	S	mR	S	S
LU-6-S	S	S	S	mR	S	R
LU-10-S	HS	S	S	mR	S	S
LU-11-S	HS	S	S	S	S	S
LU-20-S	R	S	S	mR	S	S
MA-9-M	HS	S	S	HS	R	R
MA-11-M	mR	S	S	S	S	S
MA-13-M	R	S	S	mR	S	S
MA-17-M	mR	S	S	mR	S	S
MA-18-M	S	R	S	mR	R	R

3.6. Secinājumi un ieteikumi

- Augstākais rezistences līmenis tika konstatēts pret darbīgo vielu trifloksistrobīns. Šajā gadījumā strobilurīnu grupas fungicīdus nav ieteicams turpināt lietot. Ņemot vērā krustenisko rezistenci, tāds pats rezultāts ir sagaidāms arī pret piraklostrobīnu, kas ir Latvijā reģistrētā fungicīda Signum sastāvā. Rezistences gadījumi pret darbīgo vielu boskalīds bieži vien ir saistīti ar rezistenci pret piraklostrobīnu, jo šīs divas aktīvās vielas ir Signum sastāvā.
- Saimniecības 1 Bauskas novadā paraugos bieži tika konstatēta rezistence arī pret fluopiramu, lai gan fluopiramu saturoši fungicīdi zemeņu stādījumos Latvijā nav reģistrēti. Tas skaidrojams ar daļēju krustenisko rezistenci starp boskalīdu un fluopiramu, jo abas vielas pieder pie vienas FRAC grupas SDHI - sukcināta dehidrogenāzes inhibitori.
- Saimniecībā 1 Bauskas novadā fungicīdu Signum turpmāk nav ieteicams izmantot, Saimniecībā 2 Talsu novadā un Saimniecībā 3 Mālpils novadā fungicīds Signum būtu ieteicams viens smidzinājums sezonā.
- Rezistence pret darbīgo vielu ciprodinils bija saistīta ar samazinātu jutību pret darbīgo vielu fludioksinilu vairākos Botrytis celmos, ko var izskaidrot ar šo aktīvo vielu maisījumu fungicīdā Switch 62.5 WG. Kopējais rezistences līmenis pret Switch 62.5 WG bija zems, tādēļ prognozējams, ka arī turpmāk Switch 62.5 WG smidzinājumi visās trīs saimniecībās būs efektīvi.
- Visos analizētajos paraugos atklāti tikai divi Botrytis celmi, kam ir kombinētā rezistence pret piecām dabīgajām vielām. Vienam no celmiem bija rezistence pret darbīgajām vielām ciprodinils, fludioksinils, trifloksistrobīns un boskalīds, neviens no šobrīd reģistrētajiem fungicīdiem Signum un Switch 62.5 WG, to neierobežos, tādēļ saglabājas risks, ka, neiekļaujot augu aizsardzības sistēmā citus preparātus, šis izturīgais Botrytis celms laika gaitā var savairoties.
- Pēc Orhūsas universitātes rezistences pētījumu datiem, nonākts pie secinājuma, ka fungicīdus pelēkās puves ierobežošanai vajadzētu izmantot trīs reizes²⁷. Smidzinājumi būtu jāveic ziedēšanas pirmajā pusē, kā viens no iespējamiem variantiem būtu Signum ziedēšanas sākumā un Switch 62.5 WG divas reizes, kad atvērušies 20 un 50% ziedu. Protams, ka ideālais variants būtu vienu no Switch 62.5 WG smidzinājumiem aizstāt ar kādas citas ķīmiskas grupas fungicīdu.
- Ziedēšanas otrajā pusē un ogu gatavošanās laikā smidzināšanas stratēģijās ieteicams vairāk iekļaut mikroorganismus saturošus preparātus pelēkās puves ierobežošanai, kā arī nodrošināt visus iespējamus profilaktiskos rezistences riska novēršanas pasākumus, kam ir ļoti liela nozīme pelēkās puves ierobežošanai.

Rezistences profilakse

- Pret pelēko puvi izturīgu šķirņu audzēšana un kvalitatīvs stādāmais materiāls. Pastāv iespēja, ka tiek ievests ar dažādiem kaitīgajiem organismiem, t.sk. ar pelēkās puves ierosinātāju *Botrytis cinerea* inficēts stādāmais materiāls, tādā veidā var ievest arī rezistenci, kas izveidojusies jau stādaudzētavā.

²⁷ <https://viken.nlr.no/media/2992844/weber-botrytis-drammen-15march17.pdf>

- Sabalansēta mēslošana.
- Nesabiezināts stādījums.
- Pilienveida, nevis virszemes laistīšanas sistēmas izmantošana.
- **Pats galvenais profilaktiskais pasākums ir puves bojāto ogu regulāra izvākšana no stādījuma!**

Izmantotā literatūra

1. Leroux P, 2004. Chemical control of Botrytis and its resistance to chemical fungicides. Pages 195-222 in: Botrytis: Biology, Pathology and Control. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski, and N. Delen, eds. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
2. Myresiotis, C. K., Karaoglanidis, G. S., and Tzavella-Klonari, K. 2007. Monitoring for resistance of Botrytis cinerea isolates from vegetable crops to anilinopyrimidine, phenylpyrrole, hydroxylanilide, benzimidazole and dicarboximide fungicides. *Plant Dis.* 91:407-413.
3. Williamson, Brian, Bettina Tudzynski, Paul Tudzynski, and Jan A. L. Van Kan. 2007. "Botrytis Cinerea: The Cause of Grey Mould Disease." *Molecular Plant Pathology* 8(5):561–80.
4. Puhl I & Treutter D, 2008. Ontogenetic variation of catechin biosynthesis as basis for infection and quiescence of Botrytis cinerea in developing strawberry fruits. *J Plant Dis Protect* 115, 247-251.
5. Ishii, H., Fountaine, J., Chung, W.-H., Kansako, M., Nishimura, K., Takahashi, K., and Oshima, M. 2009. Characterisation of QoI-resistant and field isolates of Botrytis cinerea from citrus and strawberry. *Pest Manage. Sci.* 65:916-922.
6. Kretschmer, M., Leroch, M., Mosbach, A., Walker, A.-S., Filinger, S., Mernke, D., Schoonbeek, H., Pradier, J., Leroux, P., DeWaard, M., and Hahn, M. 2009. Fungicide-driven evolution and molecular basis of multidrug resistance in field populations of the grey mould fungus Botrytis cinerea. *PLoS Path.* 5(12):e1000696.
7. Leroux, P., Gredt, M., Leroch, M., and Walker A.-S. 2010. Exploring mechanisms of resistance to respiratory inhibitors in field strains of Botrytis cinerea, the causal agent of gray mold. *Appl. Environ. Microbiol.* 76:6615- 6630.
8. Veloukas, Thomas, Michaela Leroch, Matthias Hahn, and George S. Karaoglanidis. 2011. "Detection and Molecular Characterization of Boscalid-Resistant Botrytis Cinerea Isolates from Strawberry." *Plant Disease* 95(10):1302–7.
9. Weber, Roland W. S. 2011. "Resistance of Botrytis Cinerea to Multiple Fungicides in Northern German Small-Fruit Production." *Plant Disease* 95(10):1263–69.
10. Weber, Roland W. S. and Matthias Hahn. 2011. "A Rapid and Simple Method for Determining Fungicide Resistance in Botrytis." *Journal of Plant Diseases and Protection* 118(1):17–25.
11. Leroch, Michaela, Cecilia Plesken, Roland W. S. Weber, Frank Kauff, Gabriel Scalliet, and Matthias Hahn. 2013. "Gray Mold Populations in German Strawberry Fields Are Resistant to Multiple Fungicides and Dominated by a Novel Clade Closely Related to Botrytis Cinerea." *Applied and Environmental Microbiology* 79(1):159–67.
12. Hahn, Matthias. 2014. "The Rising Threat of Fungicide Resistance in Plant Pathogenic Fungi: Botrytis as a Case Study." *Journal of Chemical Biology* 7(4):133–41.
13. Rupp, Sabrina, Roland W. S. Weber, Daniel Rieger, Peter Detzel, and Matthias Hahn. 2017. "Spread of Botrytis Cinerea Strains with Multiple Fungicide Resistance in German Horticulture." *Frontiers in Microbiology* 7(JAN):1–12.
14. Fan, Fei, Matthias Hahn, Guo-Qing Li, Yang Lin, and Chao-Xi Luo. 2019. "Rapid Detection of Benzimidazole Resistance in Botrytis Cinerea by Loop-Mediated Isothermal Amplification." *Phytopathology Research* 1(1):1–10.