

**METK**

Centre of Estonian  
Rural Research  
and Knowledge



Andres Mäe

Taimkaitseosakond

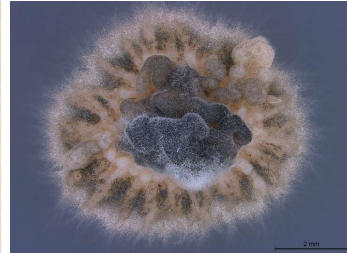
# Resistentsuse ohud teraviljahaiguste tõrjes

[Fungitsiiditundlikkus helelaiksuse tekitaja Eesti populatsioonis]

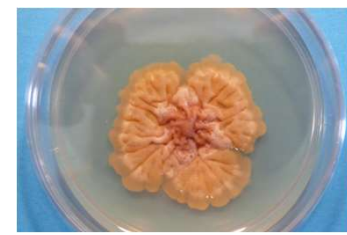
09.10.2025, Tartu



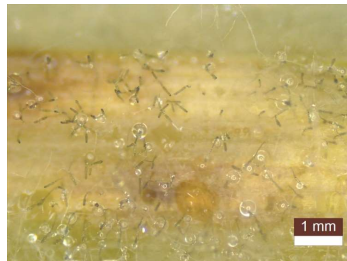
## Fungitsiidi tundlikkust analüüsitakse kolme patogeeni populatsioonis.



*Zymoseptoria  
tritici*



*Ramularia  
collo-cygni*



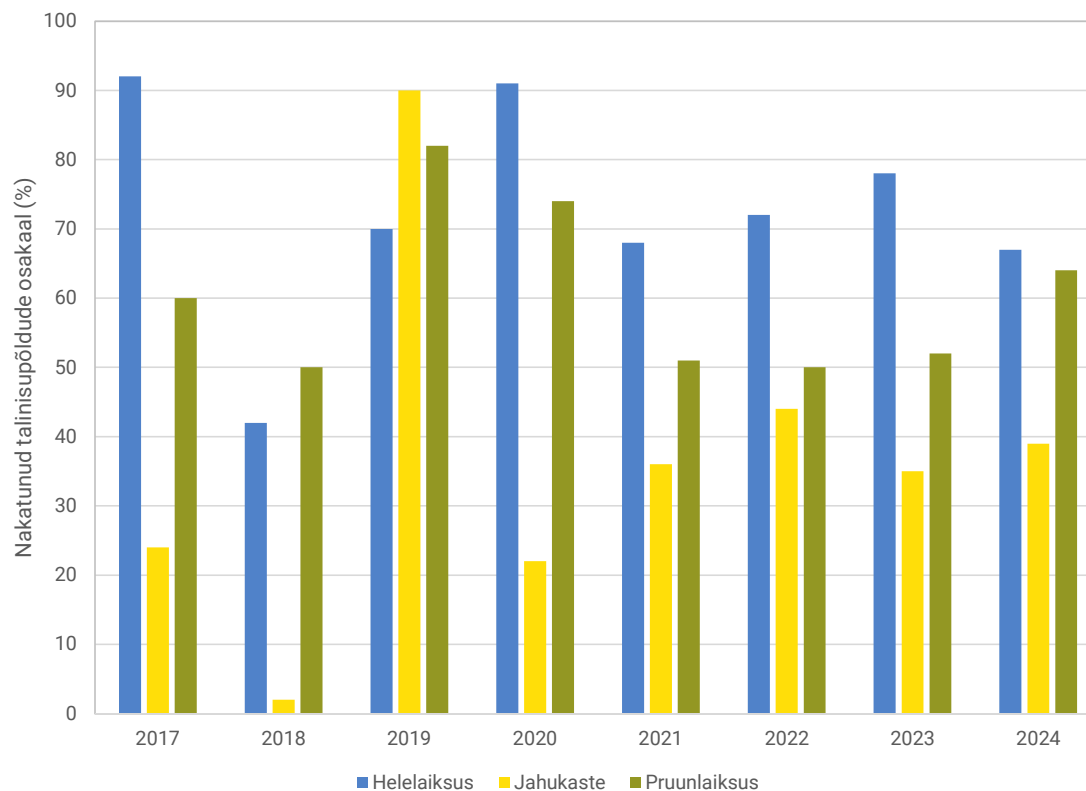
*Pyrenophora  
teres f. teres*

*Kokku on taimekaitseosakonnal 2000 isolaadist  
koosnev patogeenide kolleksioon*



Centre of Estonian  
Rural Research  
and Knowledge

- helelaiksuse,
- jahukaste ja
- pruunlaiksuse
- levik talinisu põldudel  
2017 -2024 a.



Co-funded by  
the European Union



Investing  
in your future

Uuringuid finantseeris põllumajanduslike teadmiste ja innovatsiooni süsteem (AKIS)

**METK**

Centre of Estonian  
Rural Research  
and Knowledge



**2021**



***Ramularia collo-cygni***



**2025**



Põllud kust koguti *Zymoseptoria tritici* proovid viieaastase perioodi jooksul  
(2020–2024 a.)

Tekivad kerajad pükniidid, mis muutuvad küpsemisel üha tumedamaks.



## *Z. tritici* fungitsiidi tundlikkuse ja selle põhjuste analüüsimine.

Septoria tritici blotch



Single pycnidium  
*Zymoseptoria tritici* isolates



*In vitro* fungicide sensitivity analysis



Relevant amino acid substitutions in fungicide target molecules

CYP51

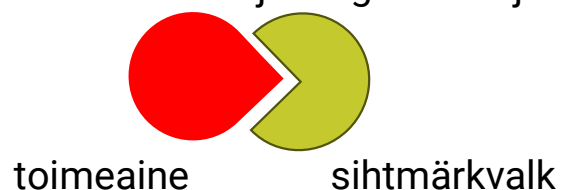
CYT B

SDH-B

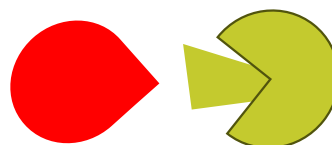
SDH-C

## Fungitsiiditundlikkus ja mutatsioonid

- Fungitsiidi koostisesse kuuluvatel toimeainetel on taimehaigusi põhjustavates seentes kindel sihtmärk, milleks on seene elutegevuseks vajalik valk (sihtmärkvalk),
- Kui rakus moodustub kompleks toimeaine+sihtmärkvalk, siis ei suuda see valk täita oma ülesannet ja haigustekitaja sureb.



- Fungitsiidide intensiivne kasutamine tekitas olukorra, kus põllul hakkasid eelistatult paljunema need haigustekitajad, millede märklaudvalgus olid tekkinud mutatsioonid, mille tulemusena toimeaine ei ole võimeline märklaudvalku blokeerima.

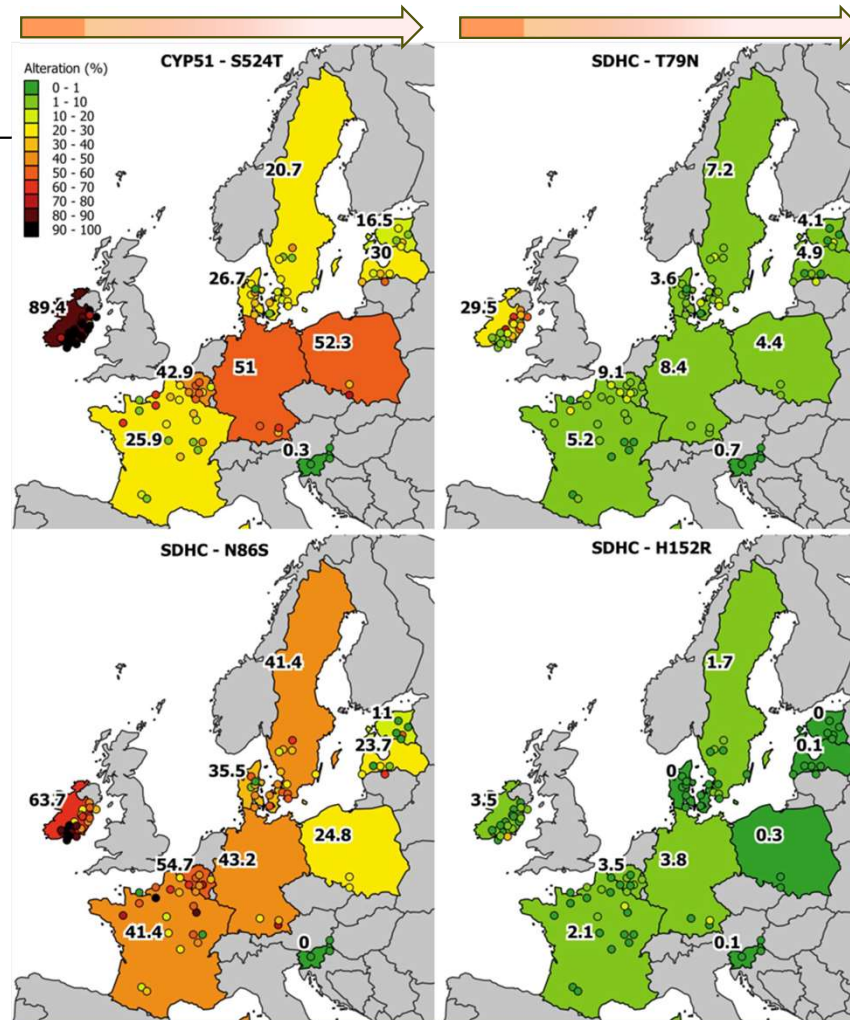


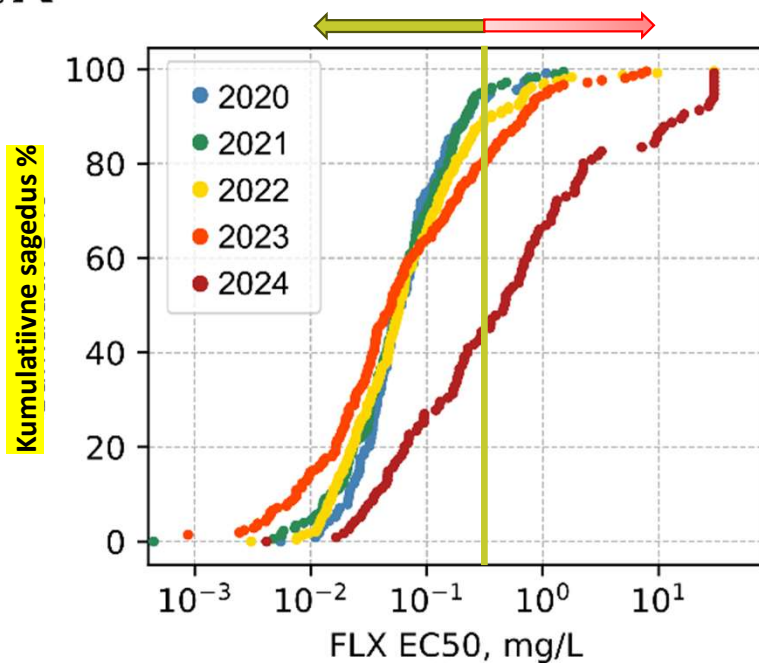
## Mutatsioonide:

1. S524T (asoolide märklaudvalgus CYP51);

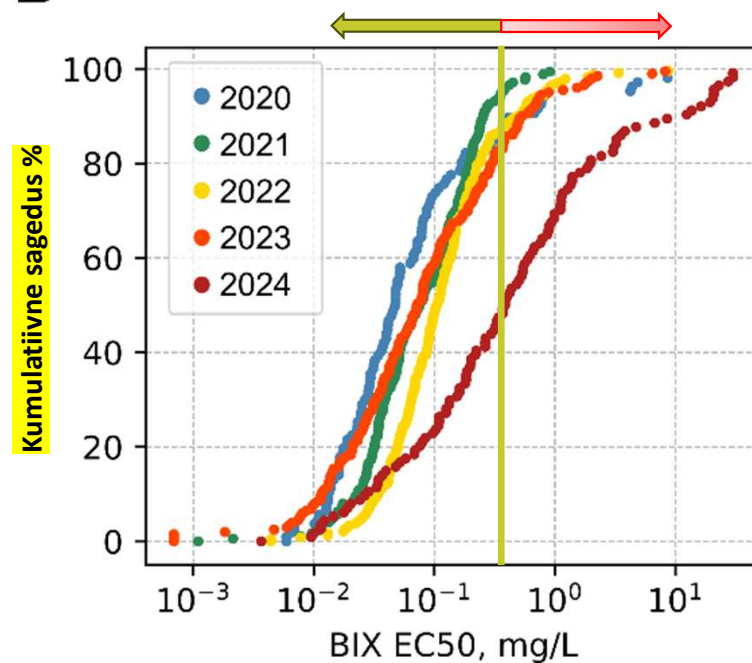
2. SDHC – T79N, SDHC – N86S ja  
SDHC- H152R (SDHI rühma  
märklaudvalgus SdhC,  
Euroopa *Z. tritici* populatsioonis  
2022 a.

(Hellin et al 2025)

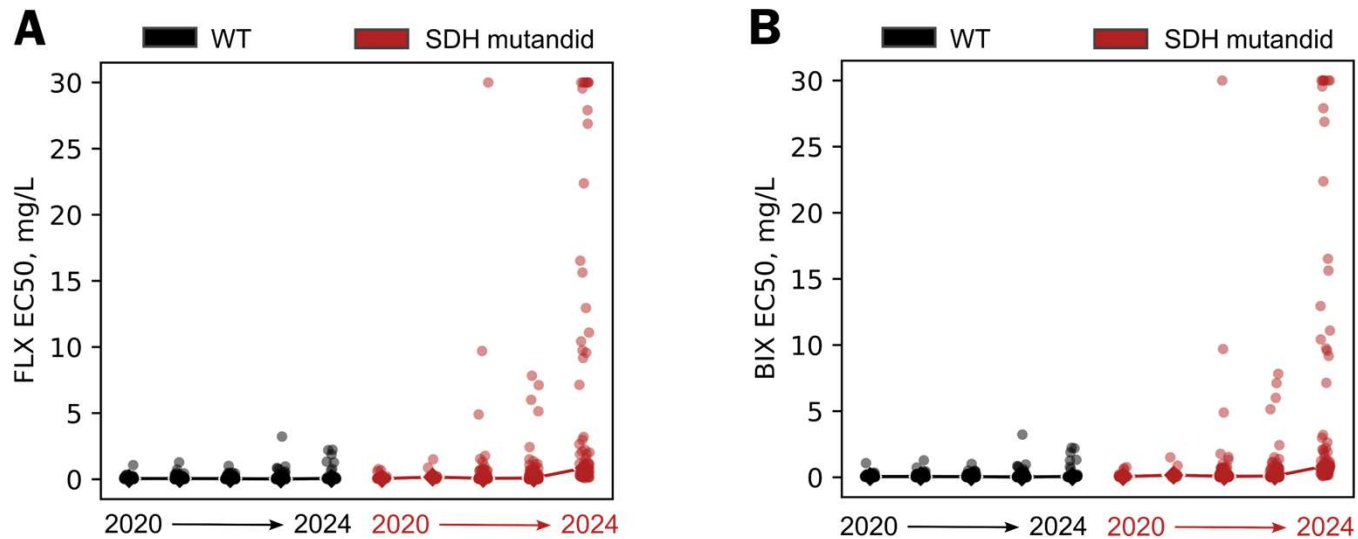




**B**

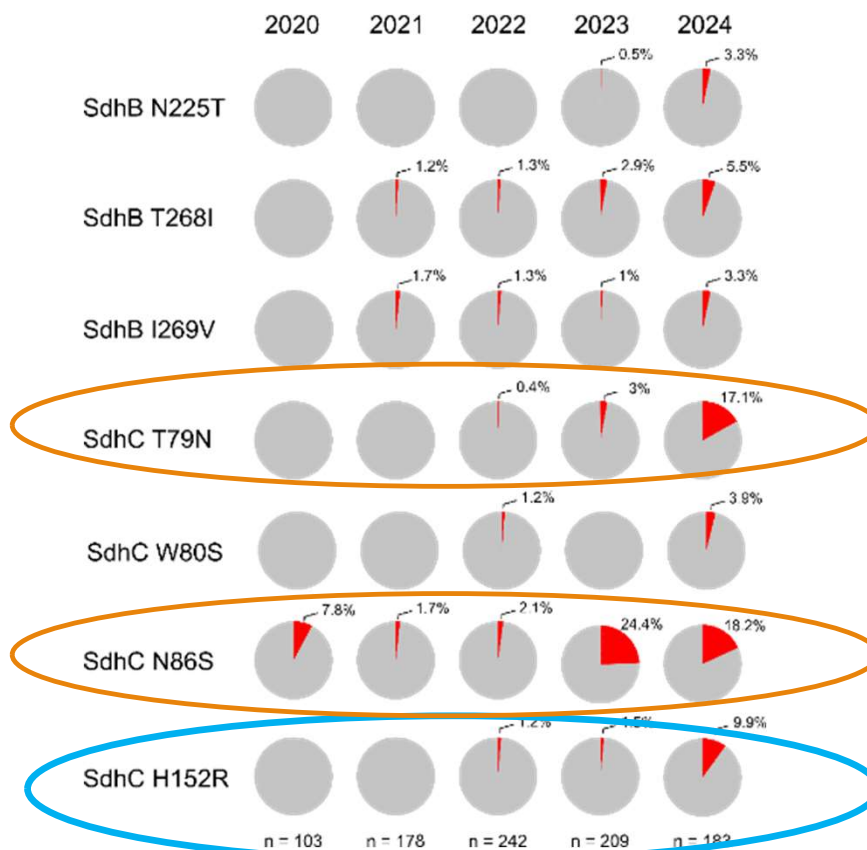


Fluksapüroksaadi ja bikasfeeni efektiivsus helelaiksuse tekitaja suhtes ajavahemikul 2020 – 2024. (A) fluksapüroksaad (FLX); (B) bikasfeen (BIX). Isolaadid on reastatud vastavalt EC<sub>50</sub> väärtustele. Roheline joon - EC<sub>50</sub> = 0,5 mg/l.



Mutatsioonide mõju fluksapüroksaadi (FLX) ja biksafeeni tundlikkusele (EC50 tasemele) helelaiksuse tekitaja populatsioonis 2020 – 2024 a.

- Wt (wild-type) – mutatsioonid märklaudvalgus puuduvad,
- SDH mutandid – märklaudvalgus mutatsioone kandvad isolaadid.

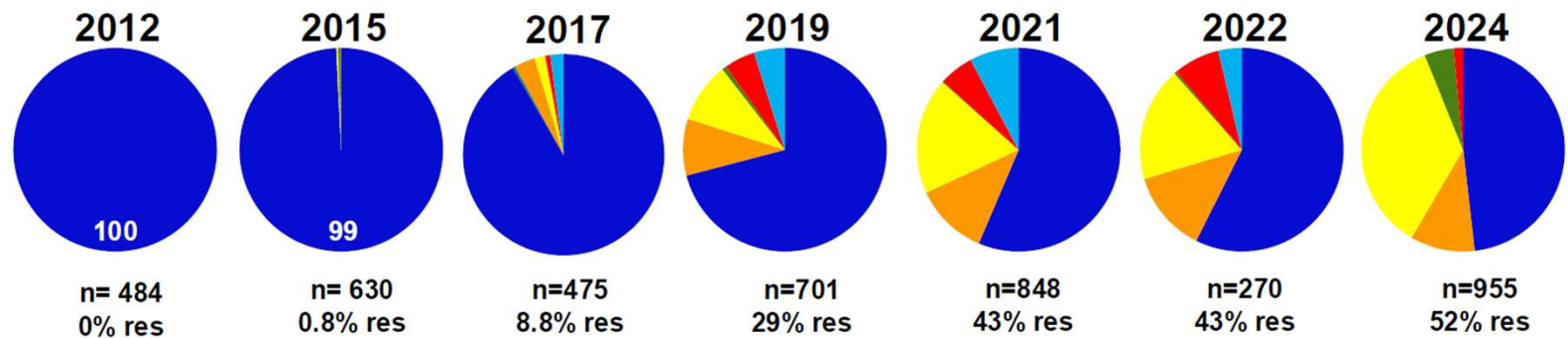


## Oluliste mutatsioonide sagedus (%)

**SDH-B** (B-N225T, B-T268I, B-I269V) ja **SDH-C** (C-T79N, C-W80C, C-N86S and C-H152R) valgus helelaiksuse tekitaja populatsioonis ajavahemikul 2020 to 2024.

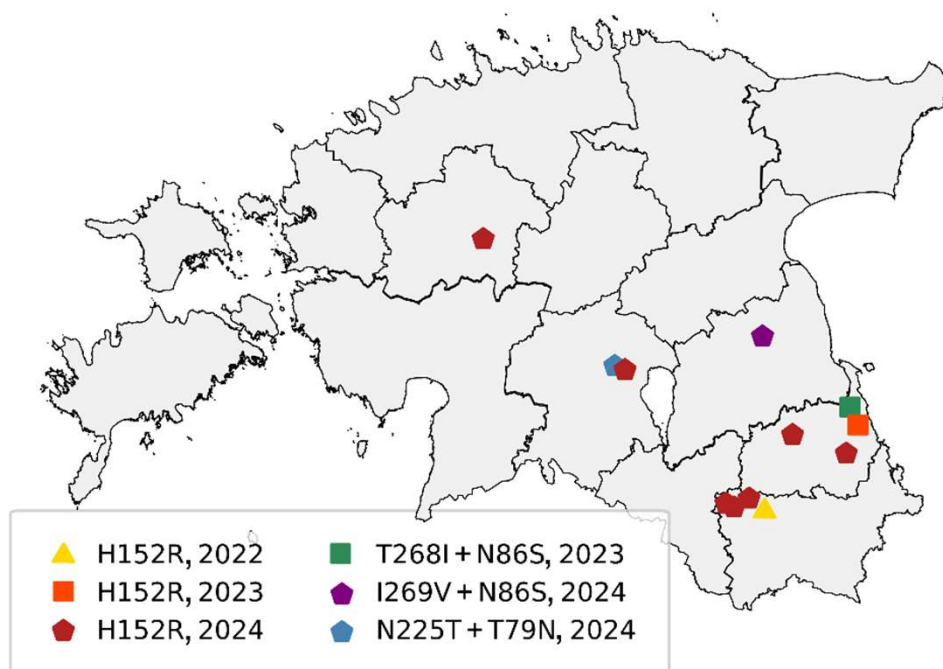
## Zymoseptoria tritici: SDHI-monitoring European populations Frequency of SDH mutations

Wild type	not identified B-T268I	C-T79N C-N86S	C-H152R, S83G, H272L
sensitive	weak		strong resistance

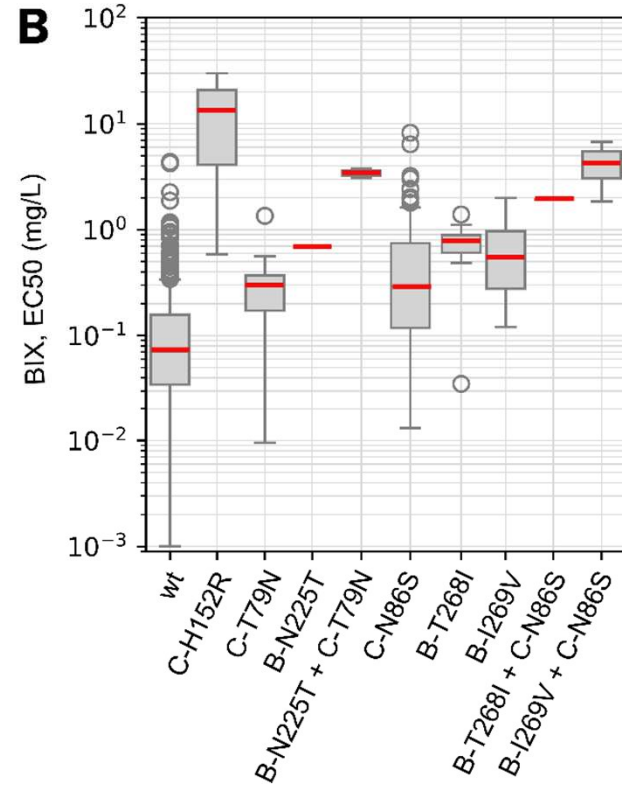
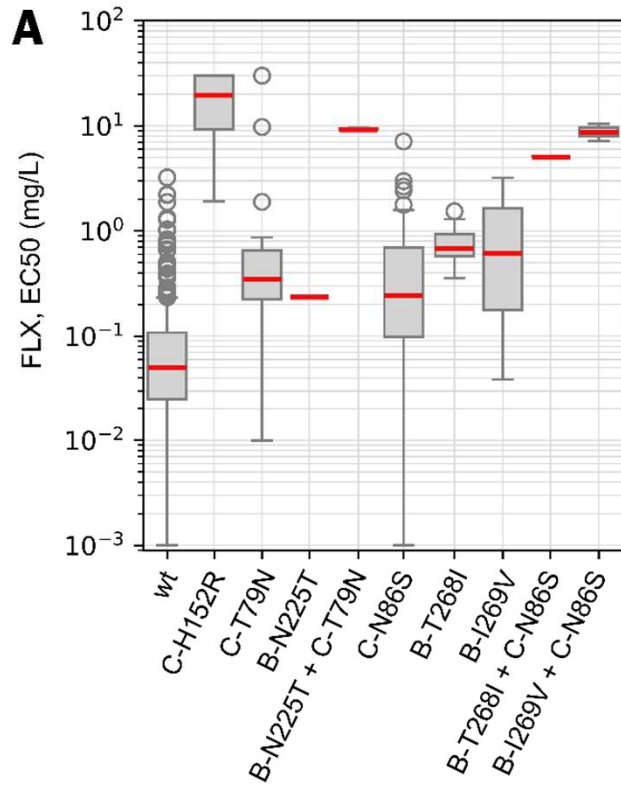


100% sensitive

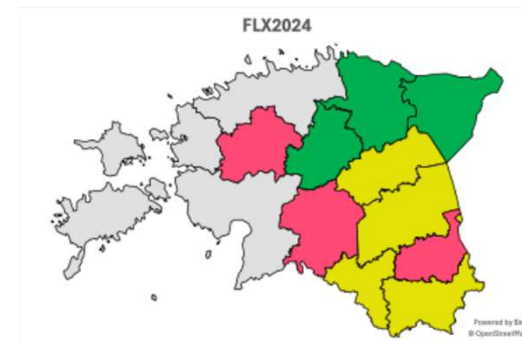
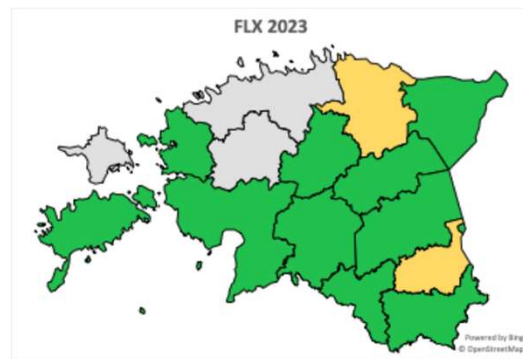
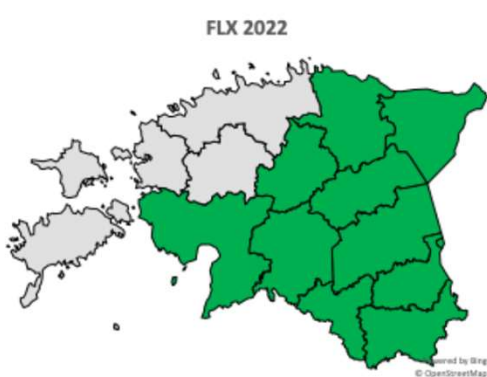
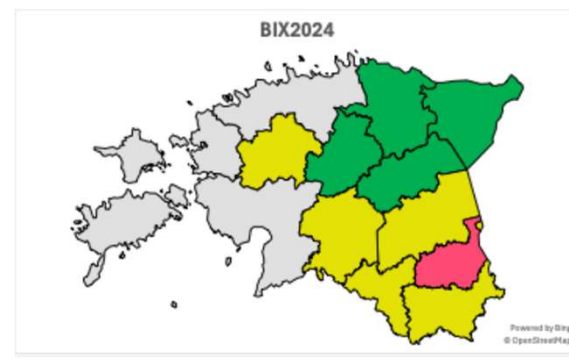
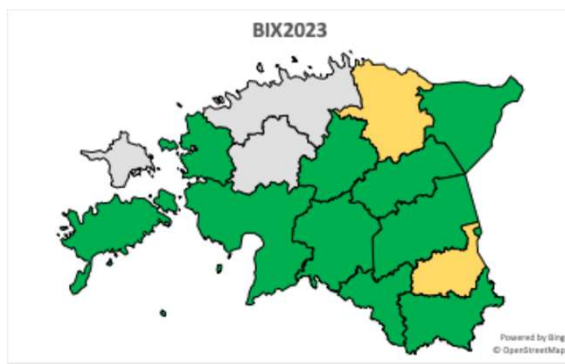
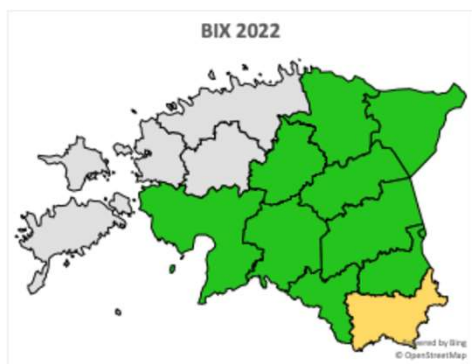
sensitive 48:52 resistant



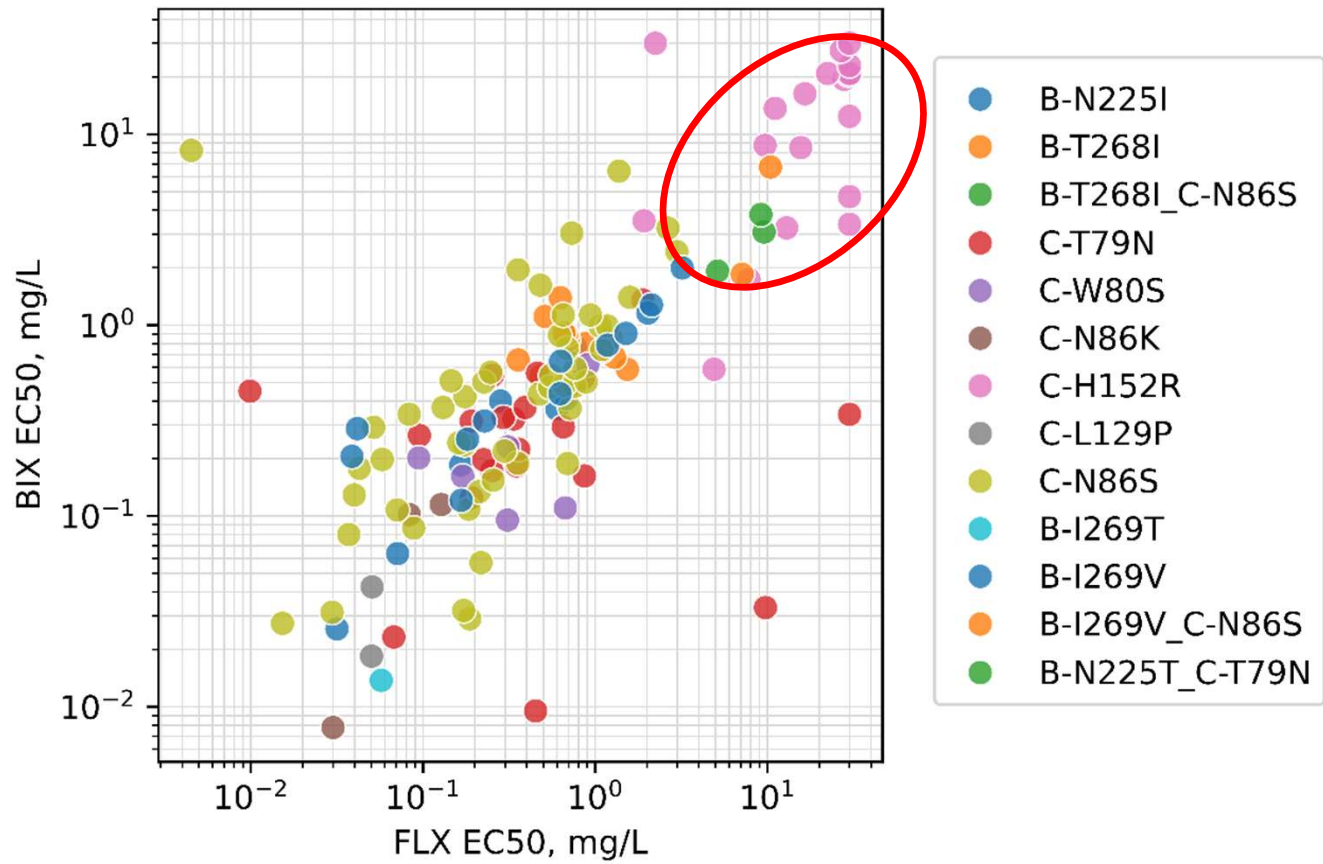
Mutatsiooni **C-H152R** ja kaksikmutatsioone **B-N225T+C-T79N**, **B-T268I+C-N86S** ja **B-I269V+C-N86S** kandvate isolaatide levik 2022 to 2024 a.



**SDH-B** (B-N225T, B-T268I, B-I269V) ja **SDH-C** (C-T79N, C-N86S and C-H152R) mutatsioonide mõju *Z. tritici* fuksapüroksaadi (FLX) ja (B) biksafeeni (BIX) ja tundlikkusele

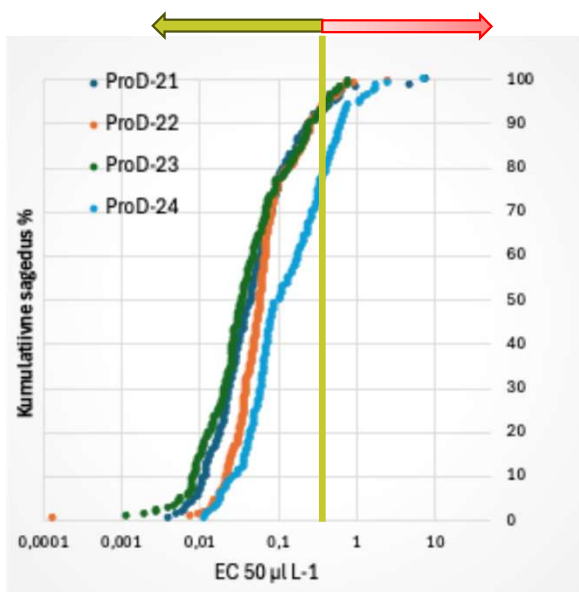


SDHI rühma toimeainete efektiivsus helelaiksuse tekitaja *Z. tritici* suhtes ajavahemikul 2022.-2024. a. Toimeaine efektiivsus on tähistatud kolme värviga, roheline – tundlikkus  $EC_{50} < 0,5$  mg/l; kollane - tundlikkus  $EC_{50} = 0,5 - 5,0$  mg/l, tundlikkus -  $EC_{50} > 5,0$  mg/l.

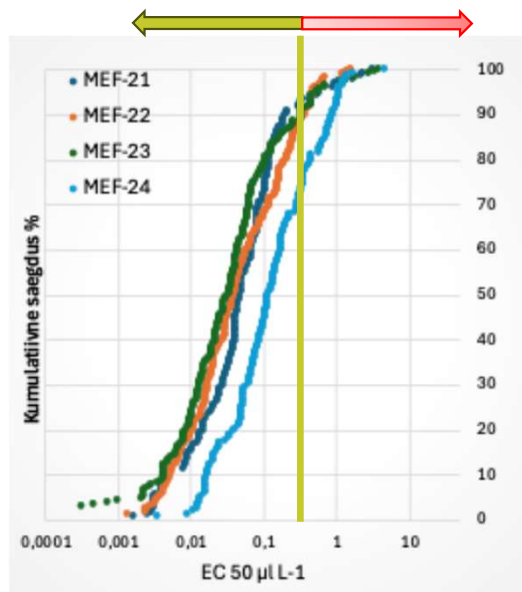


Ristresistentsus kahe SDHI rühma toimeaine, fluksapüroksaadi ja biksafeeni vahel

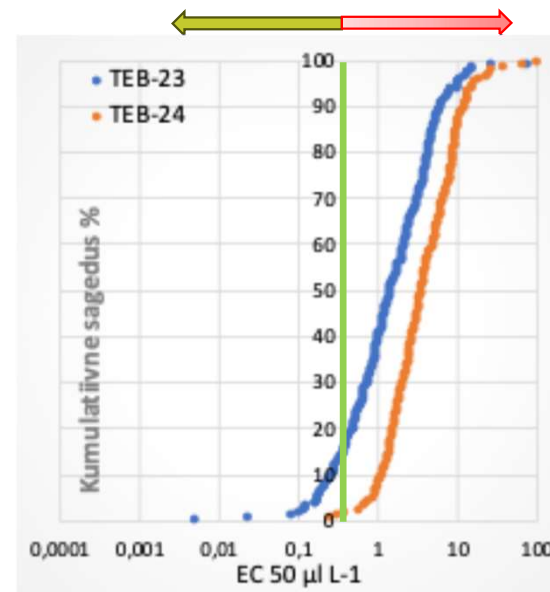
**A**



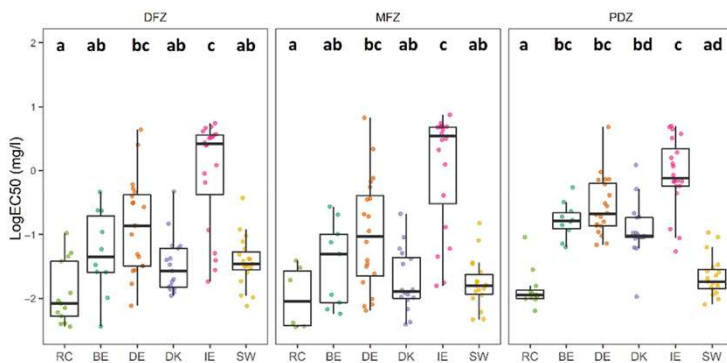
**B**



**C**

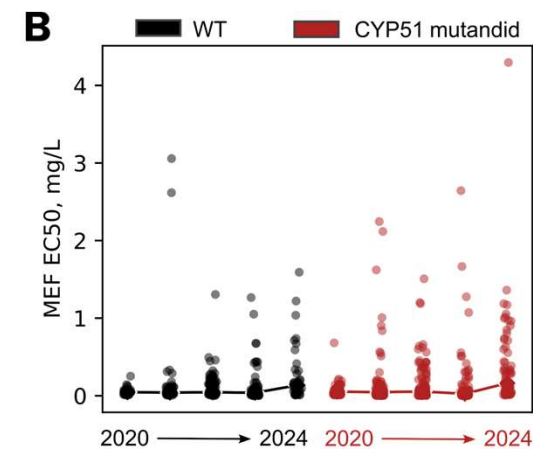
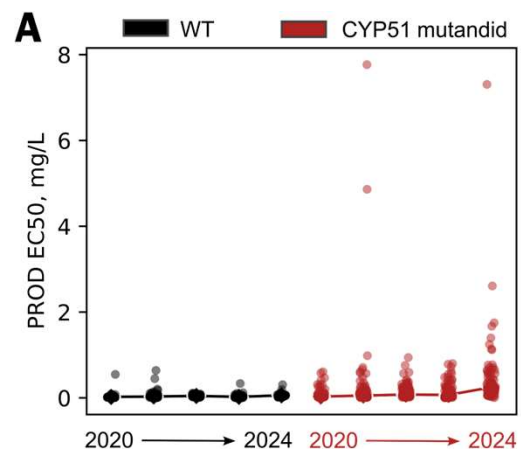


Protiokonasooli ja mefentriflukonasooli efektiivsus helelaiksuse tekitaja suhtes ajavahemikul 2021 – 2024. (A) protikonasool; (B) Mefentriflukonasool; Tebukonasool (C). Isolaadid on reastatud vastavalt EC<sub>50</sub> väärtustele.



Sensitivity of *Zymoseptoria tritici* isolates collected in 2019 to difenconazole (DFZ), mefentrifluconazole (MFZ), prothioconazole-desthio (PDZ).

Kildea et al 2023

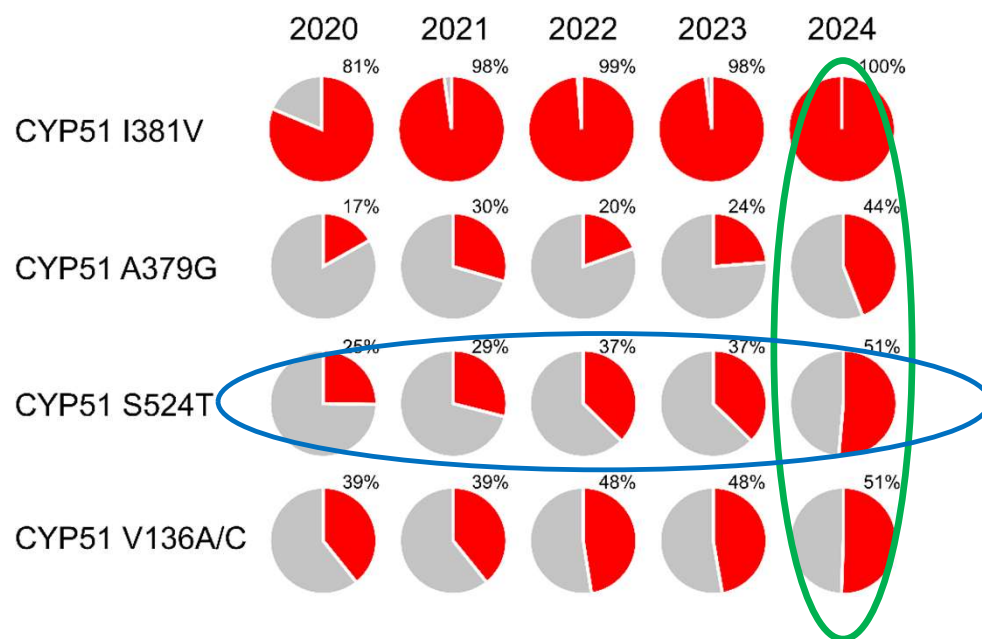


Mutatsioonide mõju protiokonasooli (PROD) ja mefentriflukonasooli tundlikkusele (EC50 tasemele) helelaiksusetekitaja populatsioonis 2020 – 2024 a.

- Wt (wild-type) – mutatsioonid märklaudvalgus puuduvad,
- CYP51 mutants – märklaudvalgus (CYP51) mutatsioone kandvad isolaadid.

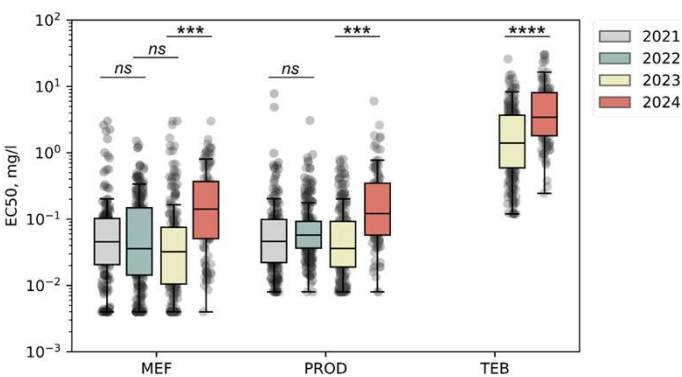
**2014 – Protiokonasool**

**2022 - Mefentriflukonasool**

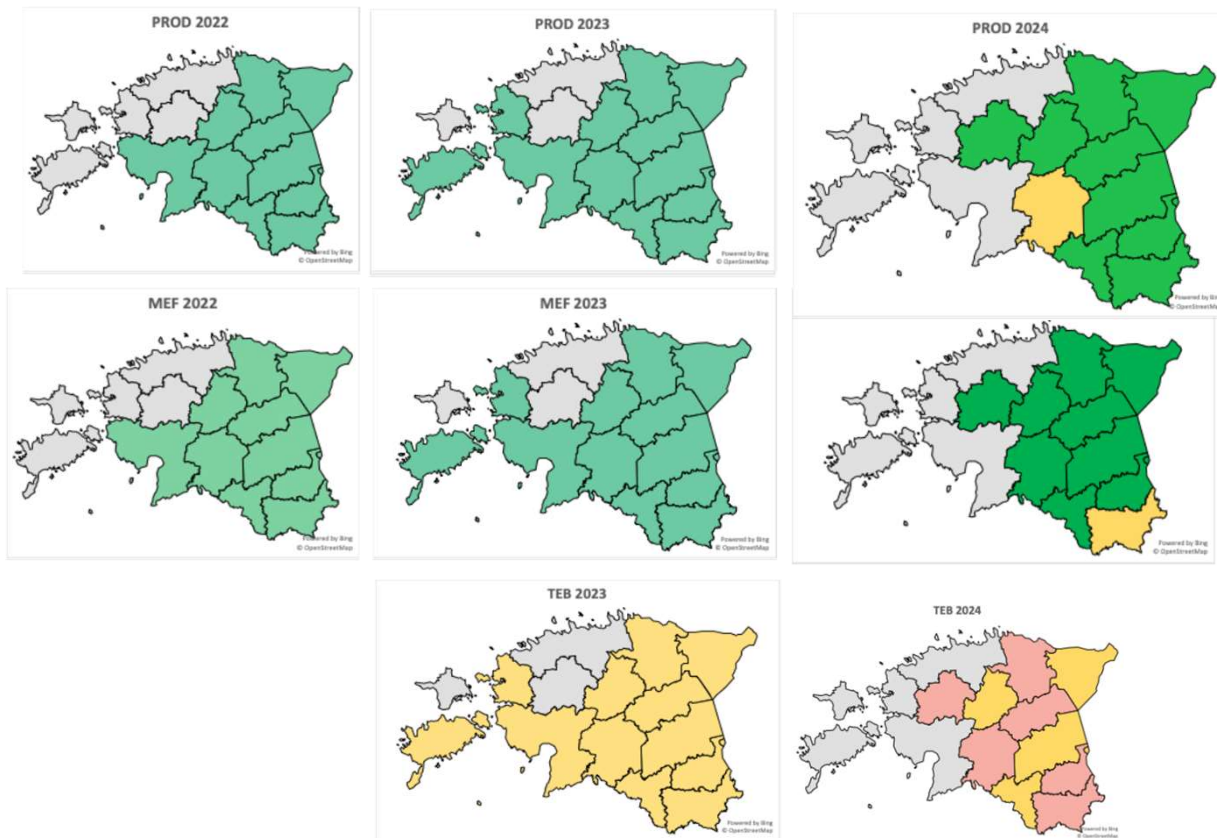


Oluliste mutatsioonide sagedus (%) asooli toimeainete märklaudvalgus  
CYP51

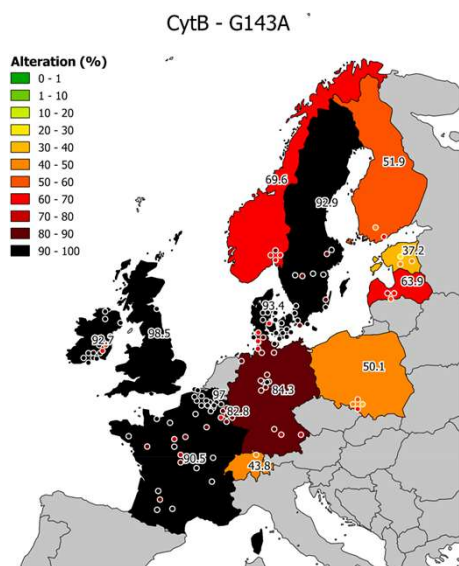
Eesti *Zymoseptoria tritici* populatsioonis aastatel 2020 - 2024.



*Z. tritici* tundlikkus asooli rühma toimeainete suhtes.

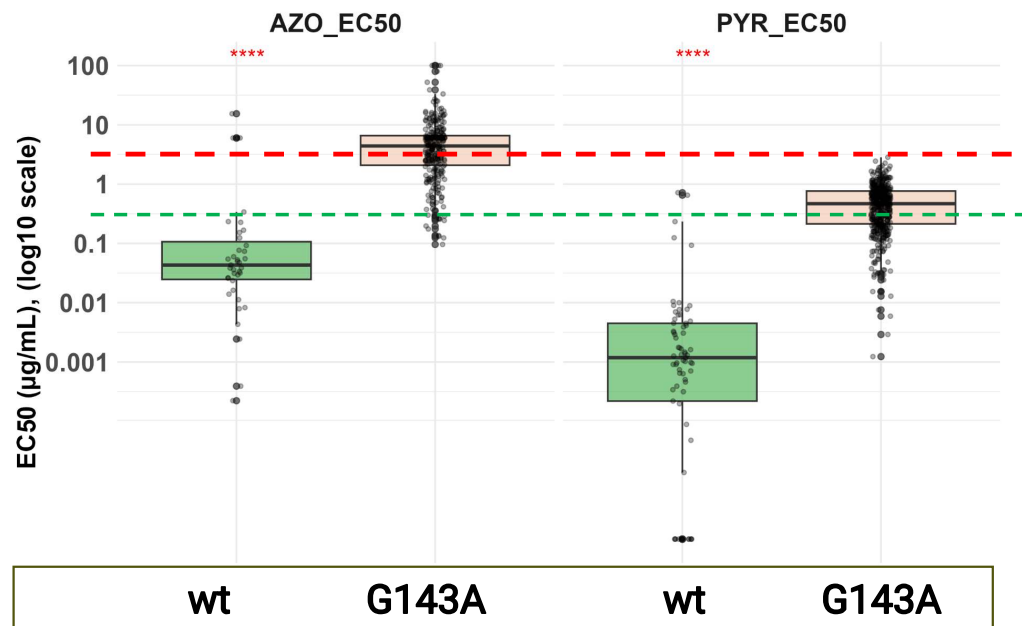
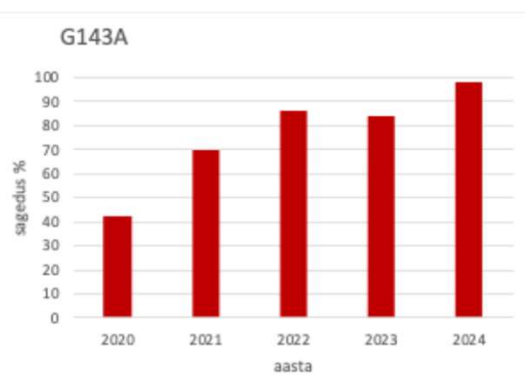


Asooli (DMI) rühma toimeainete efektiivsus helelaiksuse tekitaja *Z. tritici* suhtes ajavahemikul 2022.-2024. a. Toimeaine efektiivsus on tähistatud kolme värviga, roheline – tundlikkus  $EC_{50} < 0,5$  mg/l; kollane - tundlikkus  $EC_{50} = 0,5 - 5,0$  mg/l, tundlikkus -  $EC_{50} > 5,0$  mg/l.

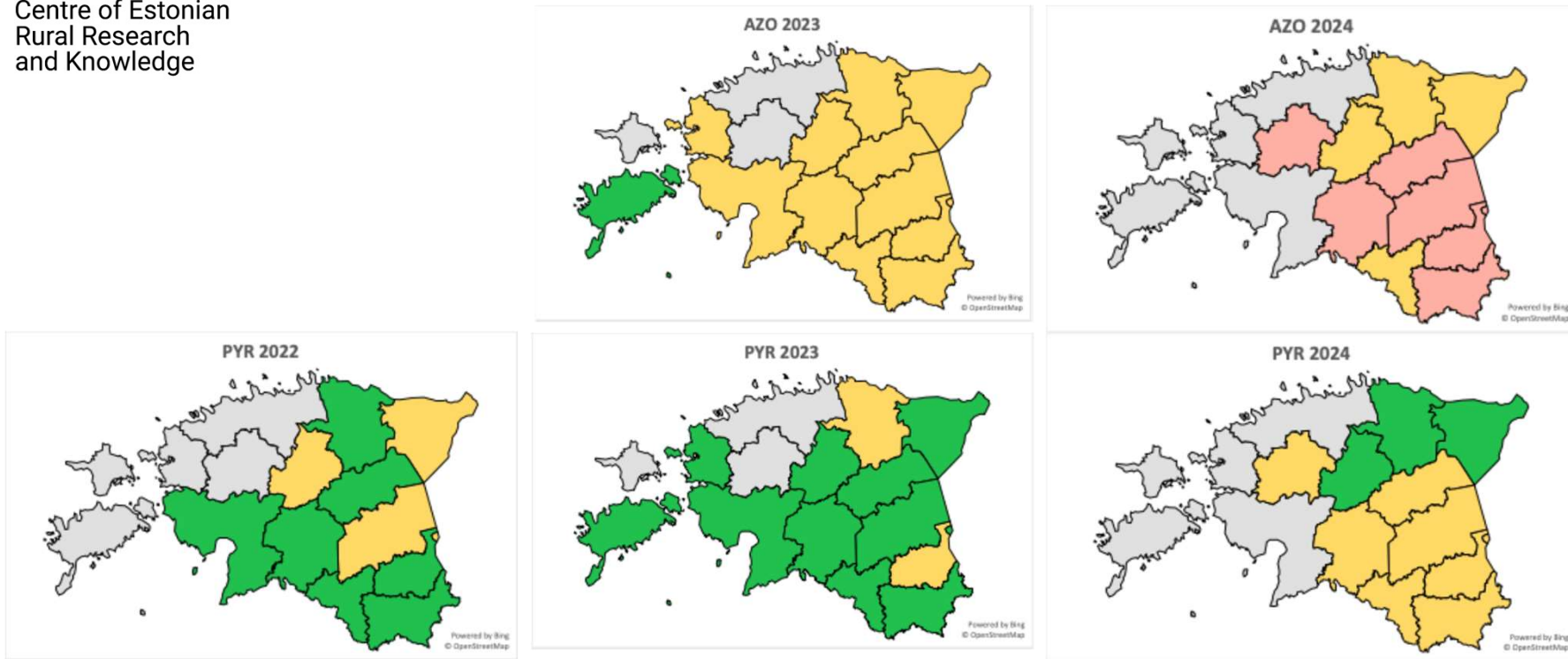


Mutatsiooni G143A levik  
*Z. tritici* populatsioonides  
2019 a.

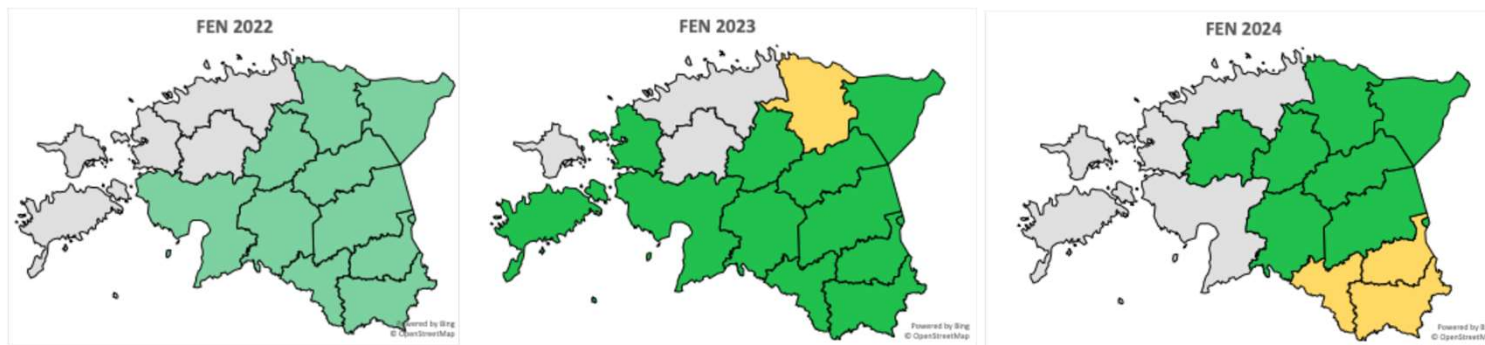
Kildea *et al* 2022



Tundlikkust strobiluriinide (asoksüstrobiin ja püraklostrobiin) suhtes mõjutab mutatsioon G143A märklaudvalgus CytB



Asoksüstrobiini ja püraklostrobiini efektiivsus helelaiksuse tekitaja *Z. tritici* suhtes ajavahemikul 2022.-2024. a. Toimeaine efektiivsus on tähistatud kolme värviga, roheline – tundlikkus  $EC_{50} < 0,5$  mg/l; kollane - tundlikkus  $EC_{50} = 0,5 - 5,0$  mg/l; punane – tundlikkus  $EC_{50} > 5,0$  mg/l)



Fenpikoksamiidi efektiivsus helelaiksuse tekitaja *Z. tritici* suhtes ajavahemikul 2022-2024 a. Toimeaine efektiivsus on tähistatud kahe värviga, roheline – tundlikkus  $EC_{50} < 0,5$  mg/l; kollane - tundlikkus  $EC_{50} = 0,5 - 5,0$  mg/l



Centre of Estonian  
Rural Research  
and Knowledge

### **Kokkuvõte:**

1. SDHI rühma märklaudvalkudes on suurenenud mutatsioonide C-H152R, C-N86S ja C-T79N sagedus. Kõigi kolme mutatsiooni jätkuv levik võib tulevikus põhjustada probleeme *Z. tritici* tõrjes.
2. Nimetatud kolm mutatsiooni on levinud kogu Euroopas. Nende jätkuv levik Eesti *Z. tritici* populatsioonis võib tulevikus vähendada SDHI rühma toimeainete efektiivsust.
3. Biksafeen ja fluksapüroksaad toimivad, kuid nende veel kuid nende vahel esineb tugev ristresistentsus.
4. Mutatsiooni S524T sagedus märklaudvalgus CYP51 tõuseb. Selle jätkuv tõus mõjutab asooli rühma toimeainete efektiivsust.
5. Protiookasool ja mefentrifukonasool toimivad efektiivselt kui *Z. tritici* tundlikkus tebukonasooli suhtes on oluliselt vähenenud.
6. Tingituna kõrge mutatsiooni G143A levikust, on *Z. tritici* tõrjes oluliselt vähenenud asiksüstrobiini ja püraklostrobiini efektiivsus. Fenpikoksamiid toimib hästi.

**METK**

Centre of Estonian  
Rural Research  
and Knowledge

## Täna kuulamast!



Estonian  
Research Council



REPUBLIC OF ESTONIA  
MINISTRY OF REGIONAL AFFAIRS  
AND AGRICULTURE

### **METK**

Andres Mäe, Regina Pütsepp, Lee Põllumaa, Liis Andresen, Kersti Lilleväli, Silvia Pihu

**Tiiu Annuk and Meelis Värnik põllumeeste ühistust KEVILI**

**Ülari Vent at Valaste Agro, Seemnekeskus at METK, Margus Klais at Rämси Agro**

### **Projektid:**

PA1-RUP-RESPEST “Teraviljadel ja rapsil levivate taimekahjustajate pestitsiidiresistentsus ja bioloogiliste taimekaitsevahendite uuring” (01.01.2022–31.12.2024) rahastas Regionaal ja Põllumajandusministeerium.

Grant no. PSG827 „ Fungitsiidiresistentse Zymoseptoria tritici populatsiooni areng ja kohastumus Eestis” rahastab SA Eesti Teadusagentuur personaalse uurimistoetuse stardigrandina (PSG827).

