



**VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV
OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.**

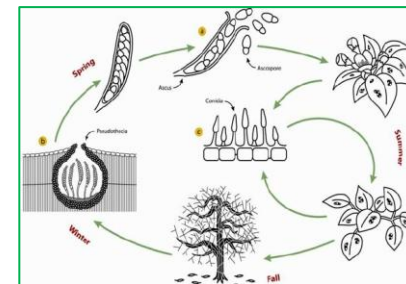


**Rezistence původce strupovitosti
jabloní k fungicidům v ČR**



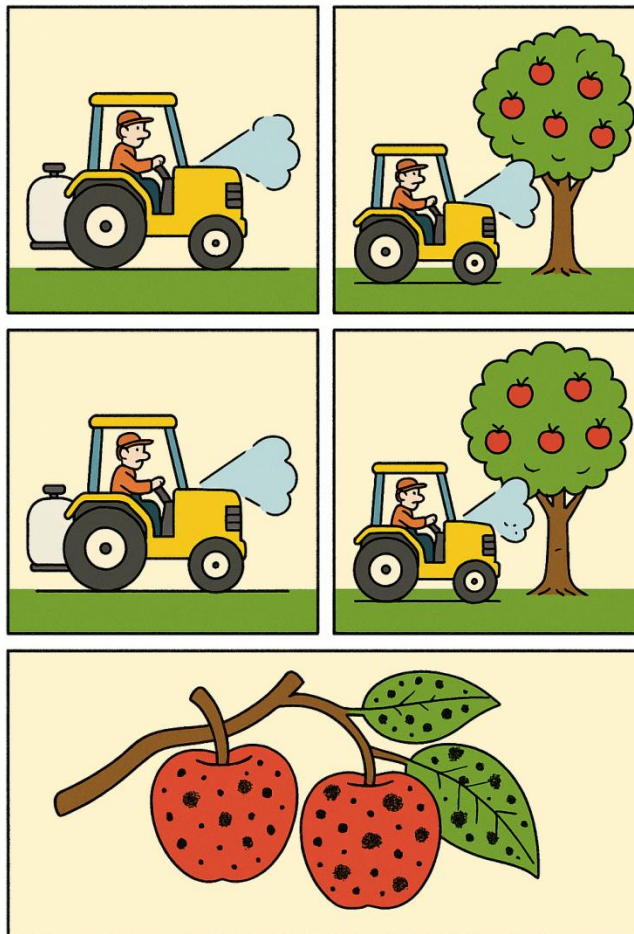
Hlavní body prezentace

- Co je rezistence...
- Proč hrozí u strupovitosti jabloně?
- Ohrožené skupiny fungicidů
- + jak jsou na tom mimo ČR a v ČR
- Doporučení k prevenci rezistence



Co je rezistence a jak vzniká

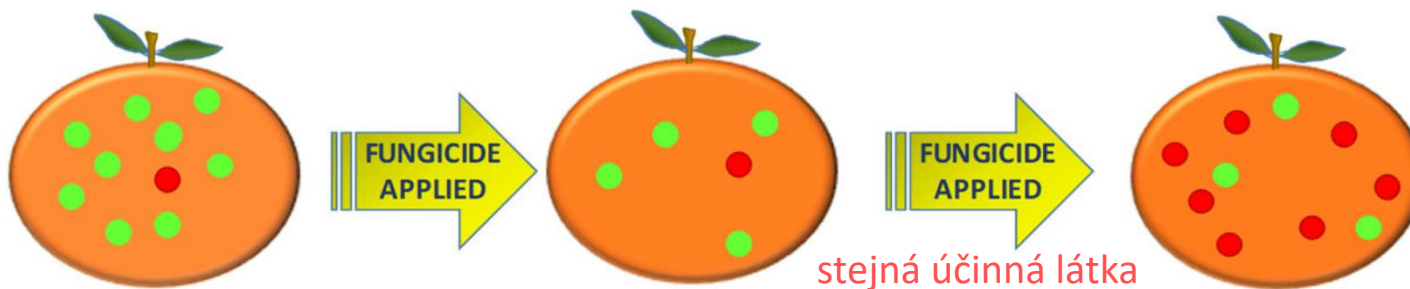
- Redukce citlivosti houby k určité fungicidní látce
- Prakticky se projevuje snížením účinnosti postřiků i při pravidelném ošetřování





Co je rezistence a jak vzniká

Původní populace → Nově selektovaná populace



Zánik citlivých jedinců

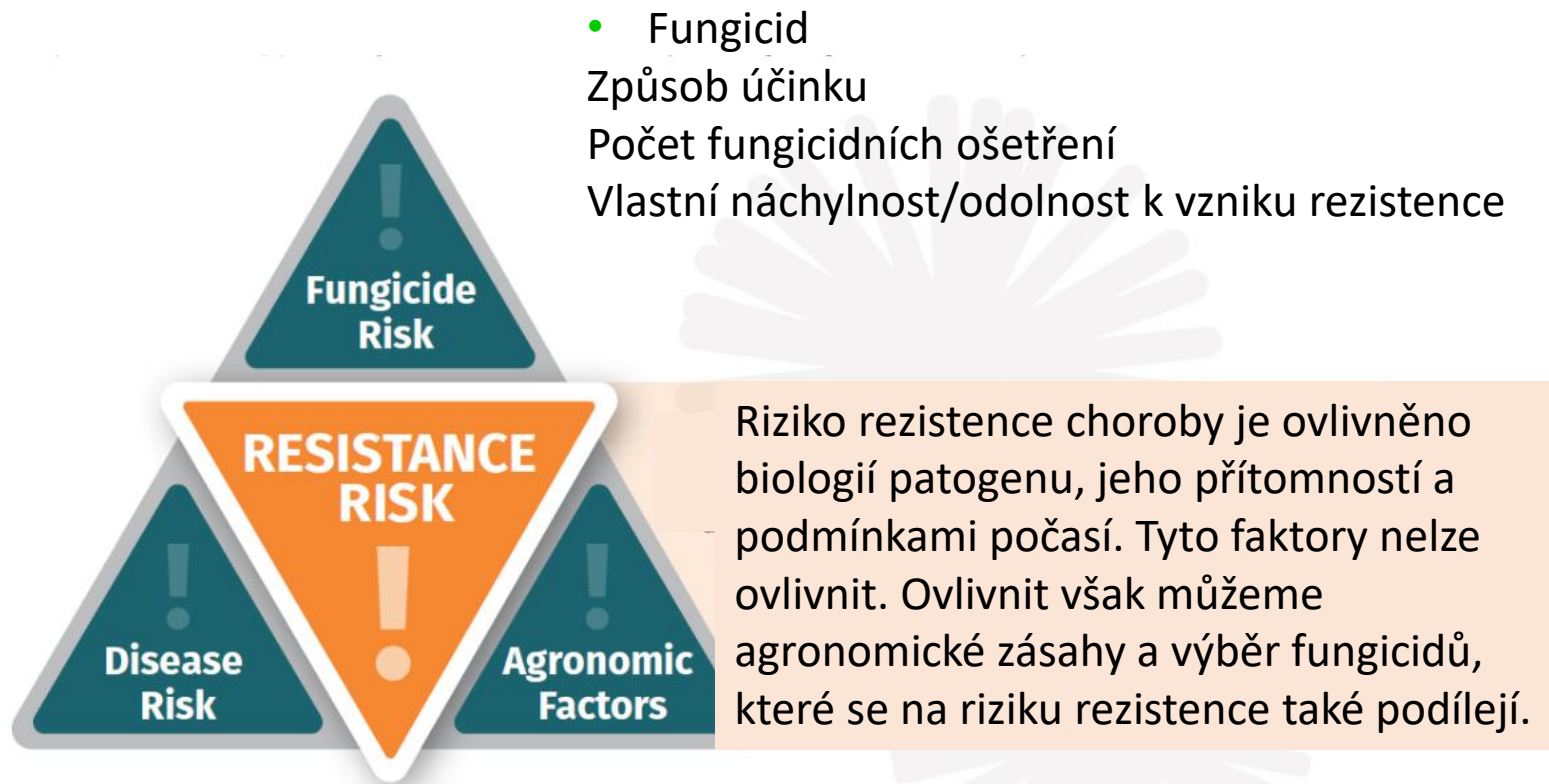
-----> Nárůst rezistentních jedinců

Zdroj: Sánchez-Tores 2021





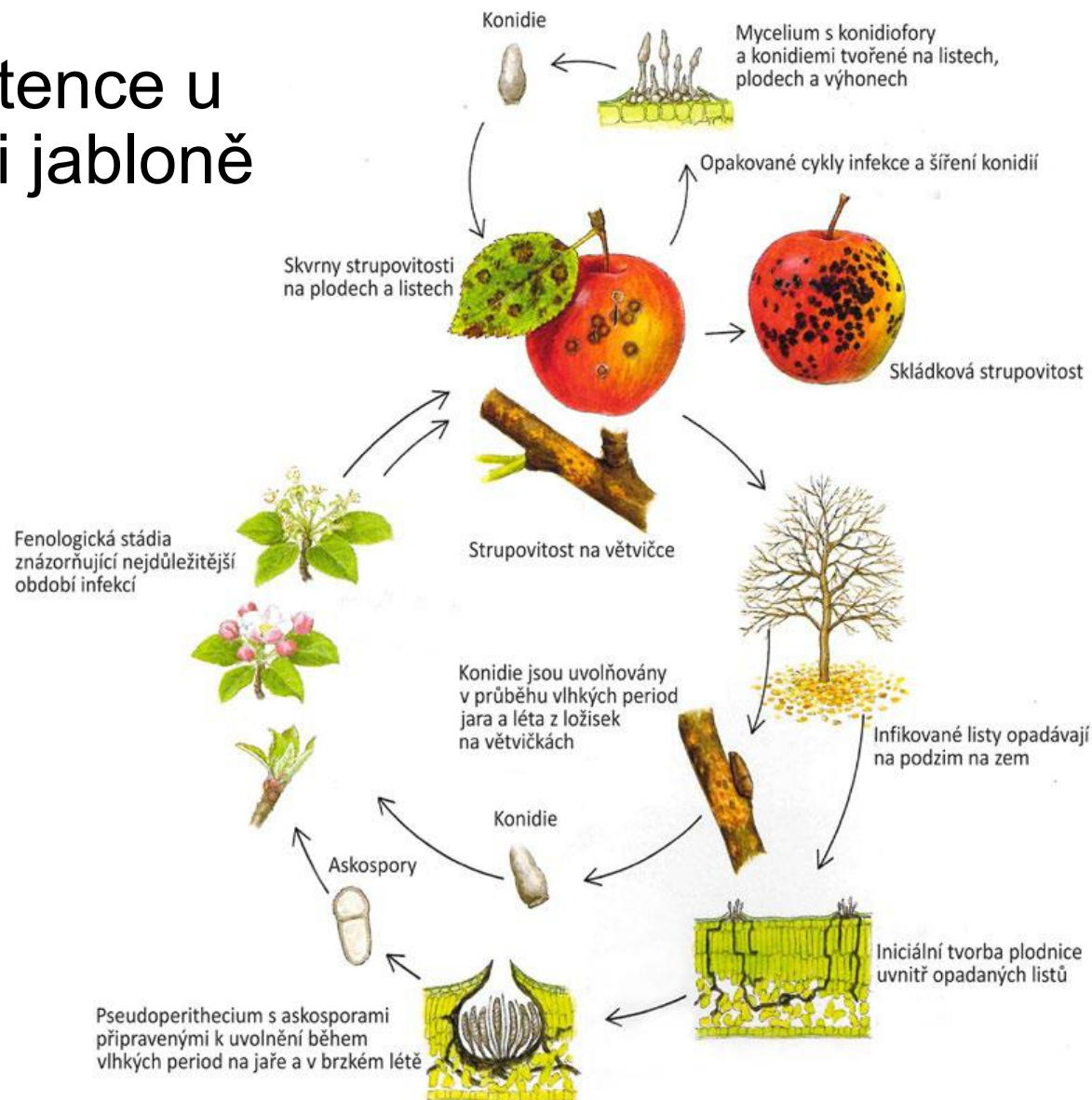
Co určuje riziko vzniku rezistence?



- Patogen
Schopnost mutovat
Počet reprodukčních cyklů za sezónu
Množství infekčních spor
+ podmínky prostředí

Zdroj: <https://manageresistancenow.ca/>

Riziko rezistence u strupovitosti jabloně



Vývojový cyklus strupovitosti (*V. inaequalis*) na jabloni (převzato a upraveno z Biggs a Stensvand 2014, autor A. Stensvand)



Riziko rezistence u strupovitosti jabloně

- Organizace FRAC a EPPO klasifikují *V. inaequalis* jako vysoce rizikovou hlediska vzniku rezistence
- Průměrný počet ošetření proti strupovitosti během sezóny cca 14 (v ČR i >20)
- Velké podniky - může být problém stihnout ošetřit všechny plochy včas
- Resistenci strupovitosti můžou ovlivňovat i ošetření proti jiným houbovým chorobám (padlí, kališní hniloby, skládkové choroby)





Riziko rezistence u strupovitosti jabloně

- Vzhledem k množství aplikací je tato choroba také finančně velmi nákladná
- Průměrně se může jednat o 17 až 30 tisíc Kč za sezonu na 1 ha, při výběru fungicidů tak může hrát roli i cena
- Některé fungicidy mohou mít výpadky na trhu
- Výběr fungicidů může ovlivnit také tlak obchodů na nízký počet reziduí



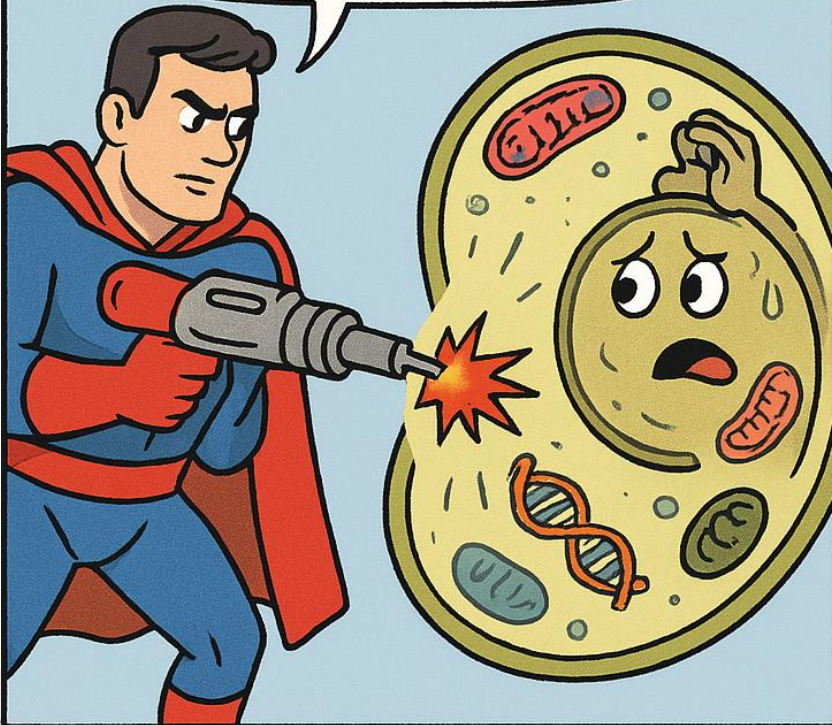
tyto faktory ovlivňují výsledné aplikační schéma



Způsob účinku fungicidů

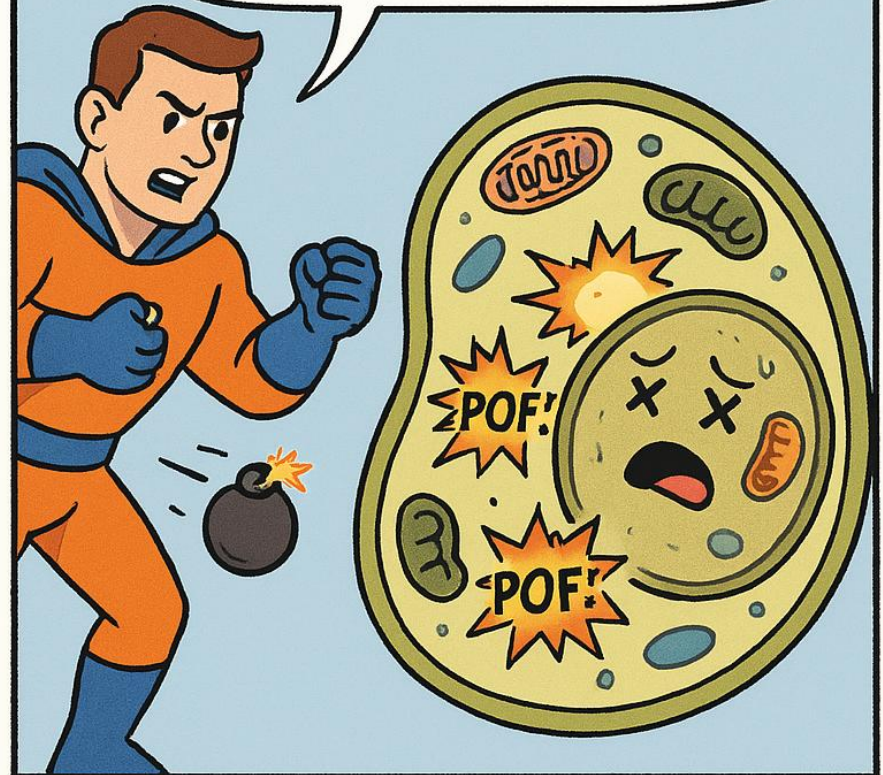
Fungicid s jednobodovým působením

Zaměřeno na cíl. Jen jedna rána stačí... pokud se netrefím, je konec.



Fungicid s vícebodovým působením

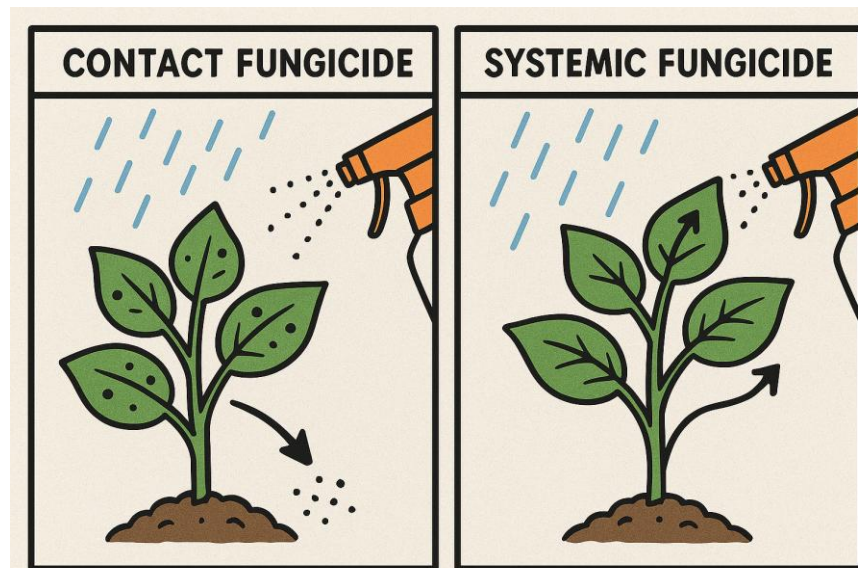
Nezáleží, kde je slabina – zaútočím na všech frontách!





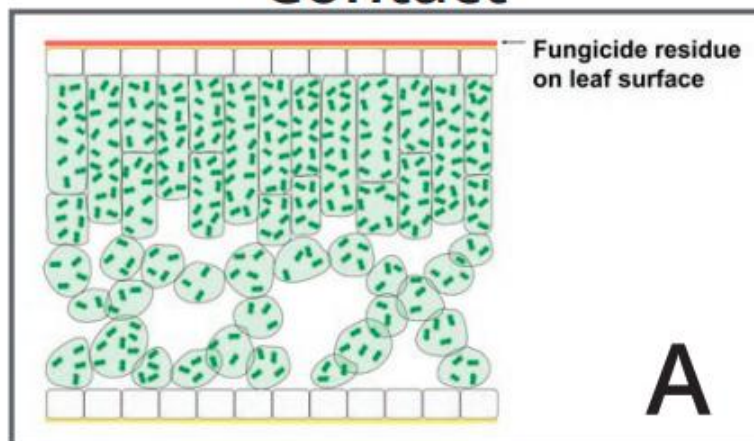
Způsob účinku fungicidů

- „síra“
- „měď“
- kaptan
- dithianon

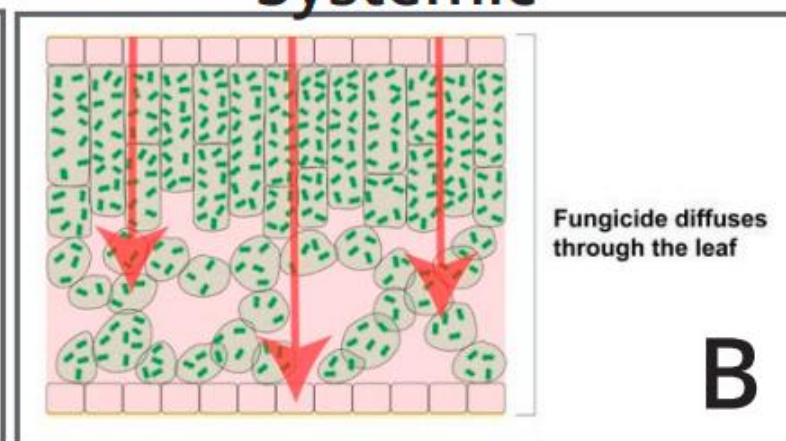


- DMI fungicidy = azoly
- Qoi fungicidy = strobiluriny
- AP fungicidy = anilinopyrimidiny
- SDHI fungicidy

Contact



Systemic





Zásady používání fungicidů

- střídat látky z různých chemických skupin podle tzv. FRAC kódů

FRAC = mezinárodní organizace pro rezistenci fungicidů

- fungicidy s vysokým rizikem rezistence kombinovat s kontaktním fungicidem
- aplikovat fungicidy preventivně
- neaplikovat stejný fungicid více než 2x po sobě
- dodržovat hektarové dávky a maximální počet aplikací





Ohrožení fungicidů vznikem rezistence

- Časté používání fungicidů se stejným mechanismem působení může selektovat rezistentní kmeny

Skupiny ohrožené vznikem rezistence pro strupovitost jsou:

QoI fungicidy
(strobiluriny)

SDHI fungicidy

DMI fungicidy
(azoly)

AP fungicidy
(anilinopyrimidiny)





Qols (Quinone Outside Inhibitors) fungicidy = Strobiluriny

Vysoké riziko
vzniku rezistence

- Inhibují buněčné dýchání = buňka houby je bez energie
- Váží se cytochrom bc1
- Mutace v genu pro cytochrom bc1 = rezistence
- Mechanismy pro alternativní dýchání = rezistence

Komerční
přípravek

Účinná látka

Discus

- Kresoxim-methyl

Zato
50 WG

- Trifloxystrobin

Bellis

- Pyraklostrobin
- (+boskalid)

Tercel

- Pyraklostrobin
- (+dithianon)

Strobilurinové přípravky registrované v ČR
proti strupovitosti jabloně.



Qols (Quinone Outside Inhibitors) fungicidy

- stav v zahraničí

- První případy rezistence u strupovitosti už rok po uvedení na trh v r. 1997
- V současnosti převládá po celém světě
- Křížová rezistence se **všemi** strobilurinovými látkami
- Monitoring FRAC
 - 2017-2019 - rezistence stále přetrvává, citlivost je hodně variabilní
 - 2020 – vysoké frekvence rezistence v Německu a Francii

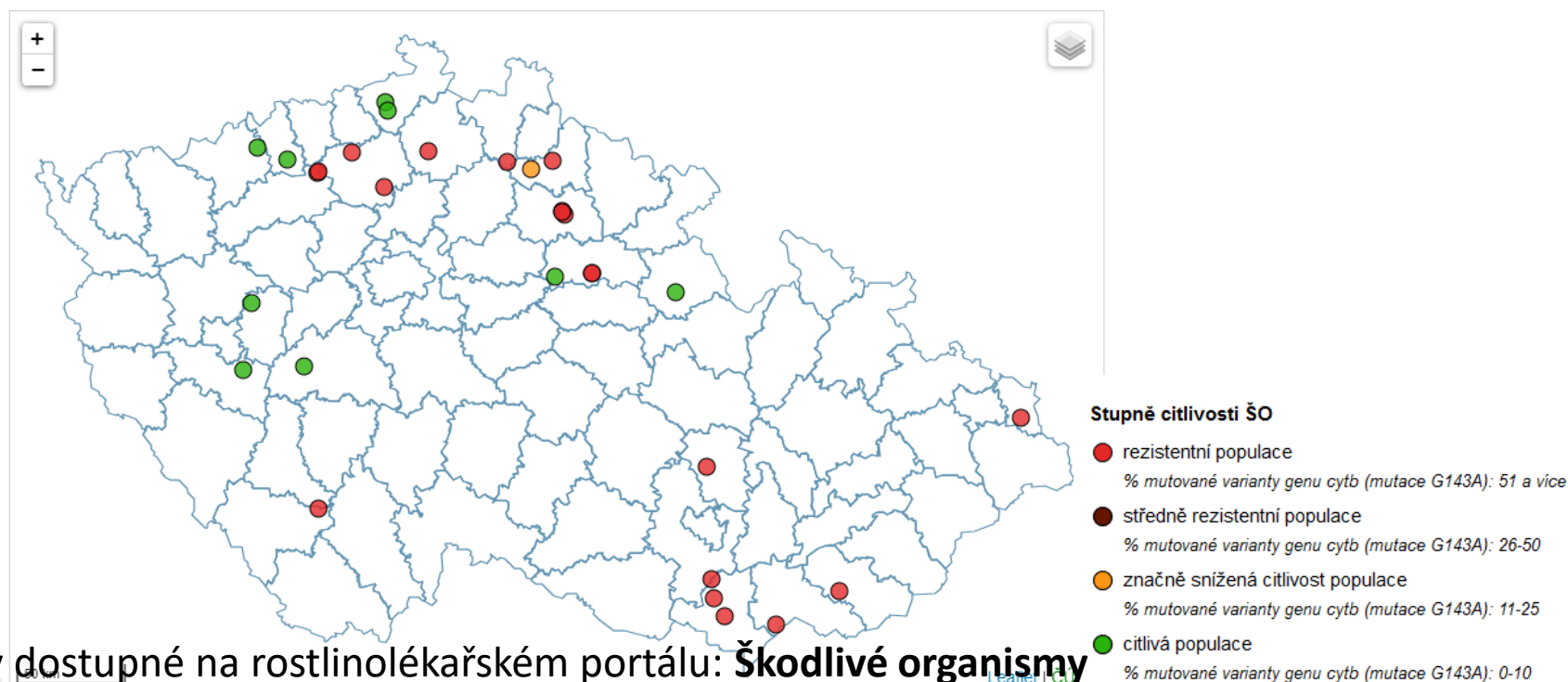




Qols (Quinone Outside Inhibitors) fungicidy - stav v ČR

- snížená citlivost již v roce 2004
- **2018** – ve všech IPM a konvenčních sadech populace rezistentní
- **2019-2020** – 62 % populací rezistentních, pouze 31 % citlivých, zbytek snížená citlivost
- **2019-2023** – rezistence přetrvává nebo se pouze pomalu snižuje na lokalitách s vyloučením strobilurinů

Testování rezistence strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis*) na strobiluriny v roce 2019



Mapy dostupné na rostlinolékařském portálu: **Škodlivé organismy**

(ŠO) > [Choroby](#) > strupovitost jabloně > Rezistence. VÝZKUMNÝ ÚSTAV OVOČNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.



SDHIs (Succinate DeHydrogenase Inhibitors) fungicidy

Střední až vysoké
riziko vzniku
rezistence

- Inhibují buněčné dýchání = buňka houby je bez energie
- Mutace genů podjednotky B a C sukcinát dehydrogenázy = rezistence

Komerční
přípravek

Účinná látka

Sercadis

• **Fluxapyroxad**

Fontelis

• **Penthiopyrad**

Bellis

• **Boskalid**
• (+pyraklostrobin)

Luna
Experience

• **Fluopyram**
• (+ tebukonazol)

Luna Care

• **Fluopyram**
• (+ fosetyl Al)

Dagonis

• **Fluxapyroxad**
• (+ difenokonazol)

SDHI přípravky registrované v ČR proti
strupovitosti jabloně.



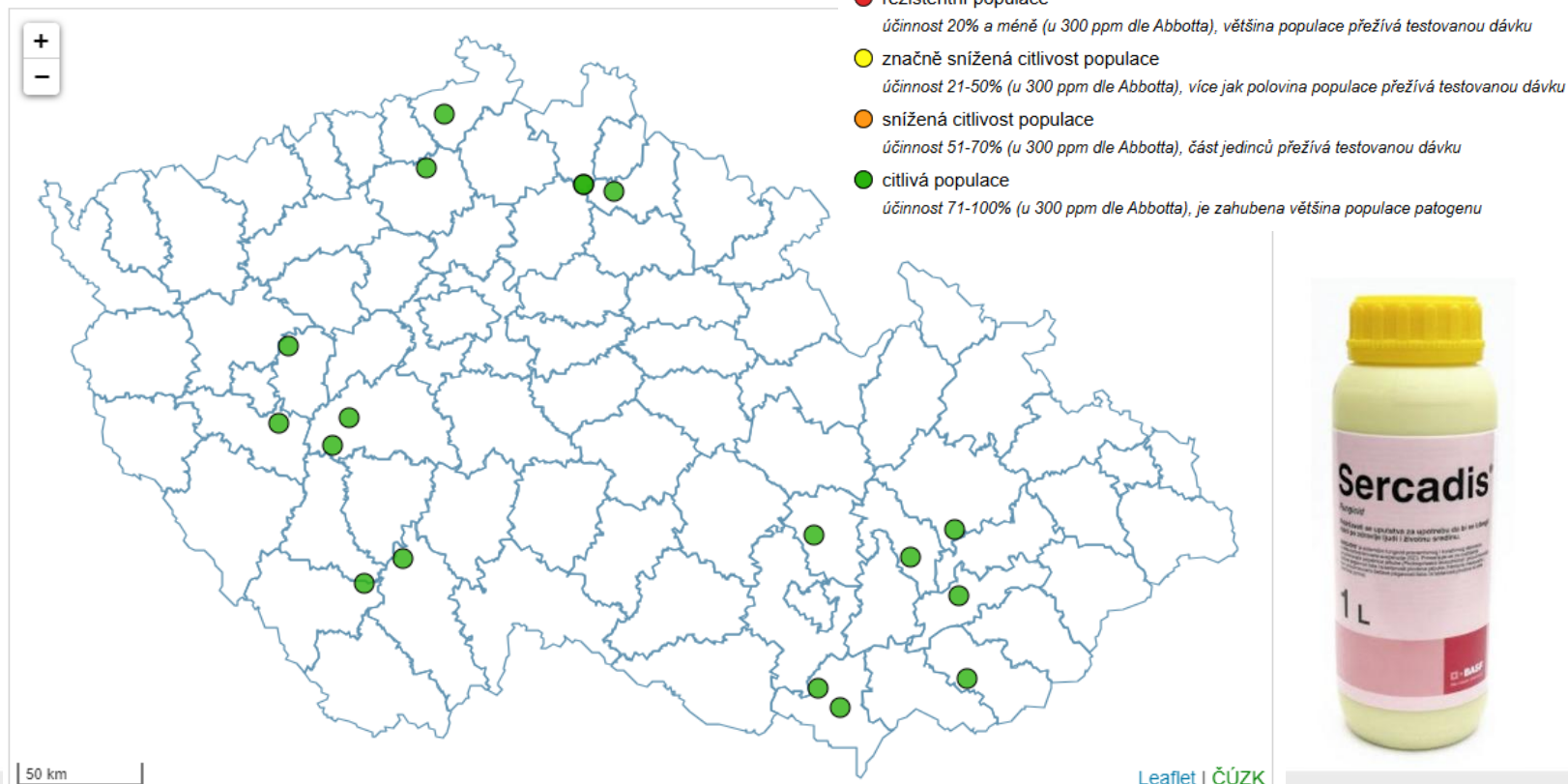
SDHIs (Succinate DeHydrogenase Inhibitors) fungicidy – stav v zahraničí

- Rezistence se začala objevovat na začátku 21. století
- Většina mutací způsobuje nízkou až střední rezistenci
- Frekvence rezistentních kmenů nízká, účinnost přípravků zůstává zachována
- Různé druhy mutací - citlivost dost variabilní
- Zjištěné mutace se neudržují v populaci
- Monitoring FRAC 2022
 - ve 14 zemích Evropy plná citlivost
 - výjimečné případy snížené citlivosti u monosporických izolátů v Belgii, Německu, Řecku, Maďarsku, Švýcarsku a Turecku

SDHIs (Succinate DeHydrogenase Inhibitors) fungicidy – stav v ČR - **fluxapyroxad**

- Monitoring VŠÚO 2023-2024 – 38 populací, až na jednu všechny citlivé

Testování rezistence strupovitosti jabloně na Fluxapyroxad v roce 2023





DMIs (DeMethylation Inhibitors) fungicidy

= azoly

Střední riziko
vzniku rezistence

- Inhibují biosyntézu sterolů = např. ergosterolu v buněčných membránách hub = buňka houby neroste
- Váží se na demetylázu
- Akumulace několika nezávislých mutací = rezistence, např. zvýšené vylučování fungicidů z buňky, mutace genu pro demetylázu, nadměrná exprese demetylázy
- Rezistence se projevuje jako postupné snižování citlivosti

Komerční
přípravek

Účinná látka

Score 250 EC

Difcor 250 EC

Novadifen

Mavita 250 EC

Vigofun 250 EC

•Difenokonazol

Topas 100 EC

•Penkonazol

Alcedo

Domark 10 EC

•Tetrakonazol

Belanty

•Mefentriflukonazol

Dagonis

•Difenokonazol
•(+ fluxapyroxad)

Difol

•Difenokonazol
•(+ folpet)

Luna Experience

•Tebukonazol
•(+ fluopyram)

DMI přípravky registrované v ČR proti

strupovitosti jableň.



DMIs (DeMethylation Inhibitors) fungicidy

- stav v zahraničí

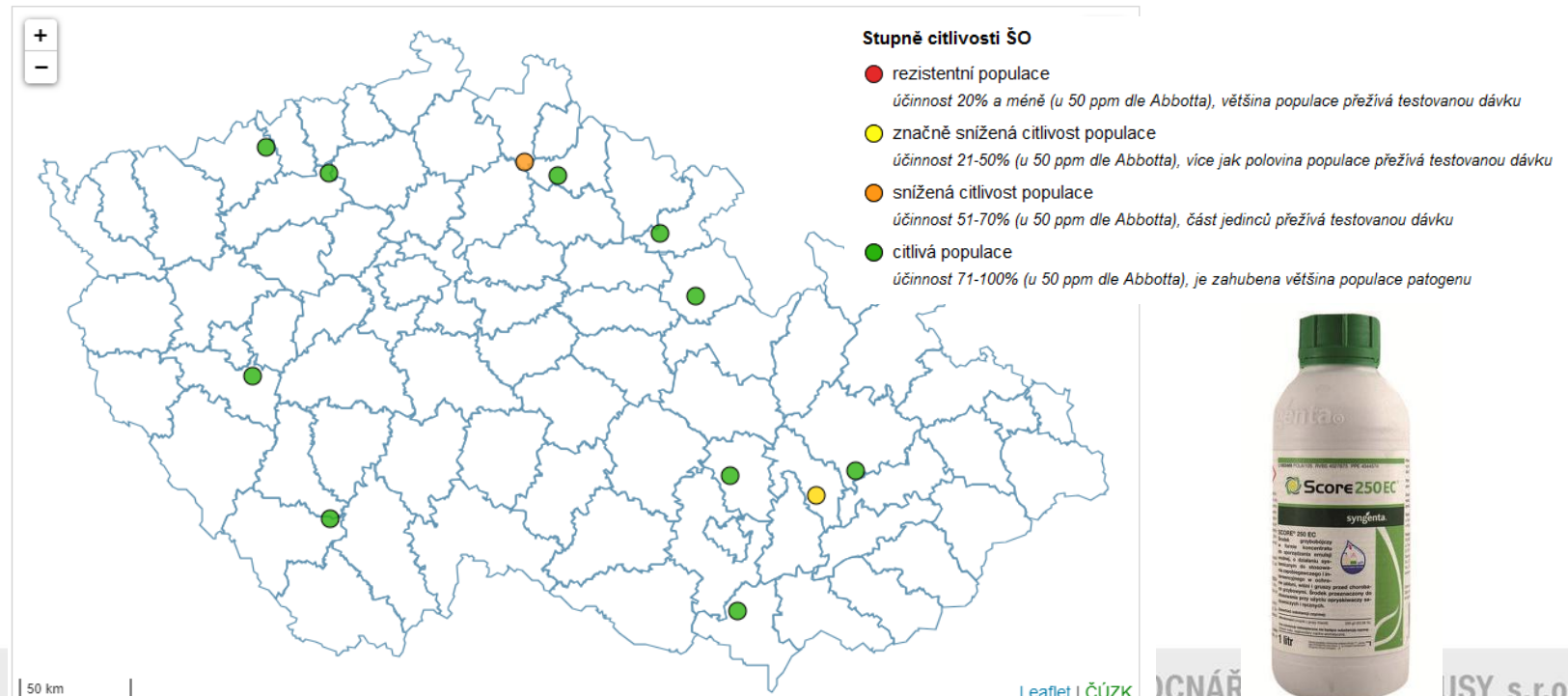
- Proti strupovitosti od 80.let 20. st., cca po 10 letech první rezistentní populace, hl. na začátku 21. st.
- Stav rezistence je dost variabilní
- Stále přijatelná účinnost
- Křížová rezistence mezi různými účinnými látkami (ale ne všemi!)
- Od roku 2010 hlášeny rezistence k difenokonazolu (Stević et al., 2010)
- Monitoring FRAC 2021 – posledních 10 let se situace nemění, výskyt méně citlivých kmenů je nízký a stabilní

DMIs (DeMethylation Inhibitors) fungicidy

- stav v ČR - **difenokonazol**

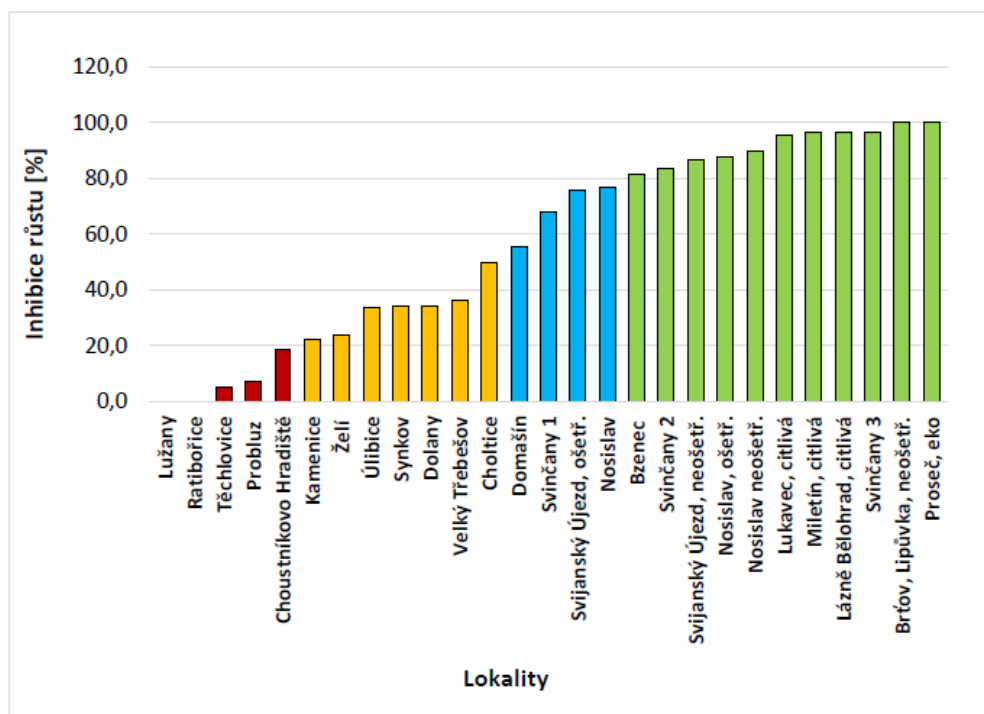
- **2018** (in vitro)– z 22 populací pouze 7 zcela citlivých, 2 rezistentní, zbytek se sníženou citlivostí
- **2018** (skleníkové testy) – 3 z 5 populací rezistentní nebo snížená citlivost
- **2021-2022** – z 28 populací **1 rezistentní a 2 se sníženou citlivostí**

Testování rezistence strupovitosti jabloně na Difenokonazol v roce 2021



DMIs (DeMethylation Inhibitors) fungicidy - stav v ČR - myklobutanil

- **2018** (in vitro)– z 27 populací pouze 11 citlivých, 3 rezistentní a zbytek (cca 50 %) se sníženou citlivostí



Citlivost populací strupovitosti v jabloňových sadech ČR pro myklobutanil (Jaklová 2020).

- Citlivá populace (81–100 %); ■ Lehce snížená až snížená citlivost populace (81–100 %)
- Značně snížená citlivost populace (21–51 %); ■ Rezistentní populace (0–20 %)

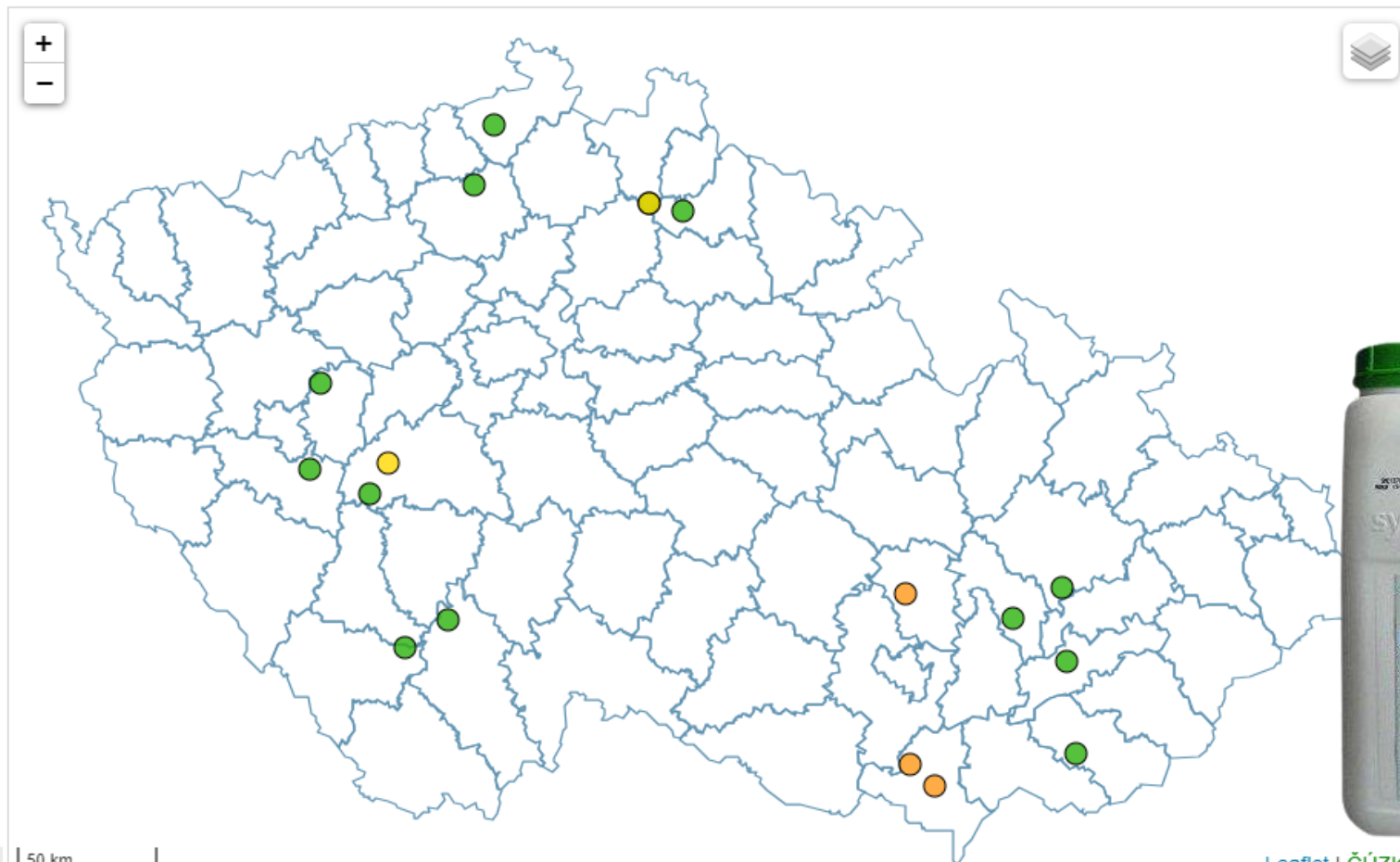


DMIs (DeMethylation Inhibitors) fungicidy

- stav v ČR - penkonazol

- **2023-2024** – ze 40 populací 3 se značně sníženou citlivostí a 4 se sníženou citlivostí, zbytek citlivý

Testování rezistence strupovitosti jableň na Penkonazol v roce 2023





Anilinopyrimidiny (AP fungicidy)

Střední riziko
vzniku rezistence

- Inhibují biosyntézu methioninu a sekreci hydrolytických enzymů = blokují tvorbu aminokyselin a proteinů
- Mutace v regulaci methioninu = rezistence
- Nadměrná exprese methioninu = rezistence
- Nadměrné vylučování fungicidů = rezistence

Komerční
přípravek

Účinná látka

Scala
Minos
Mythos 30 SC
Batalion 450 SC

• **Pyrimethanil**

Vedette
Chorus 50 WG

• **Cyprodinil**

Faban

• **Pyrimethanil**
• (+dithianon)

AP přípravky registrované v ČR proti
strupovitosti jabloně.



Anilinopyrimidiny (AP fungicidy) – v zahraničí

- Křížová rezistence v rámci skupiny
- Monitoring FRAC 2013-2014 – heterogenní výskyt citlivých, rezistentních a středně adaptovaných populací, tomuto stavu předcházelo postupné zvyšování populací s adaptací k AP fungicidům
- Monitoring FRAC 2022 – drtivá většina evropských populací je citlivá, což ukazuje, že antirezistentní strategie fungují

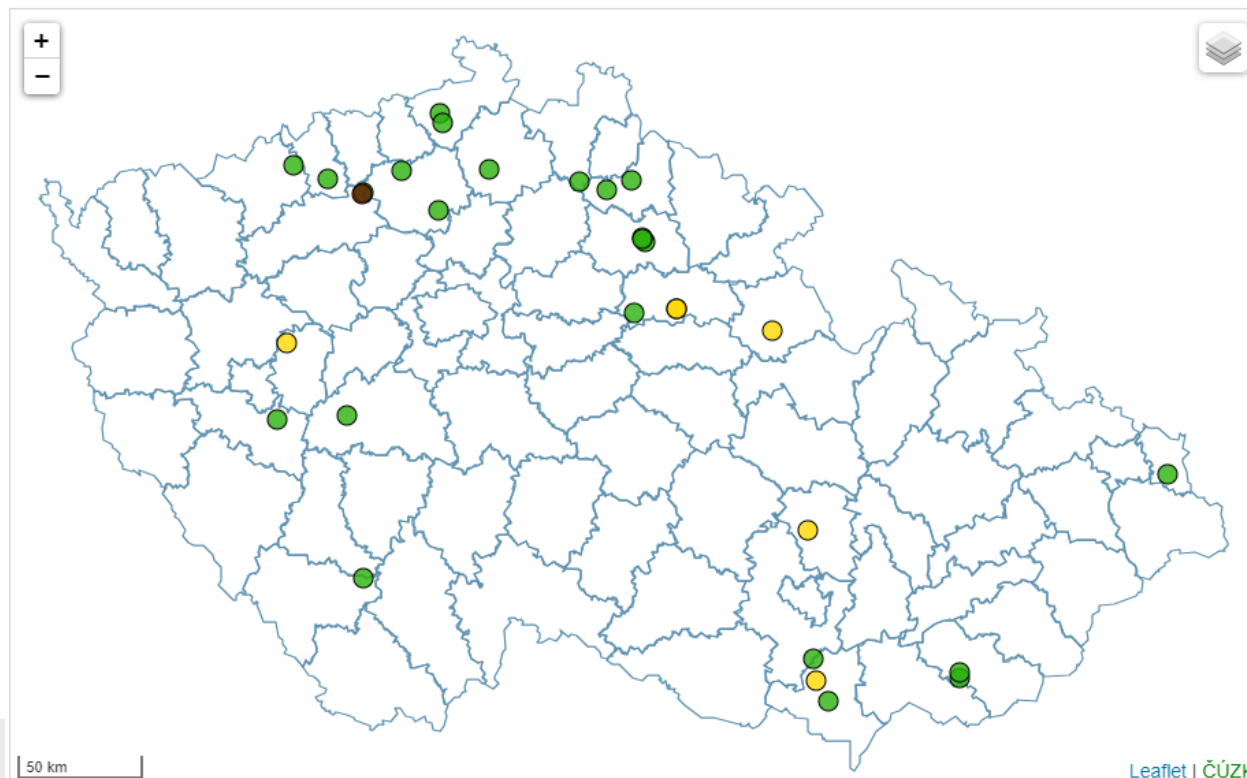




Anilinopyrimidiny (AP fungicidy) – v ČR - pyrimethanil

- **2018** – 22 populací – 30 % populací citlivých, zbytek se sníženou citlivostí až rezistentní
- **2019-2020** - 46 populací – 71% populací citlivých, pouze 1 středně rezistentní, zbytek se sníženou citlivostí

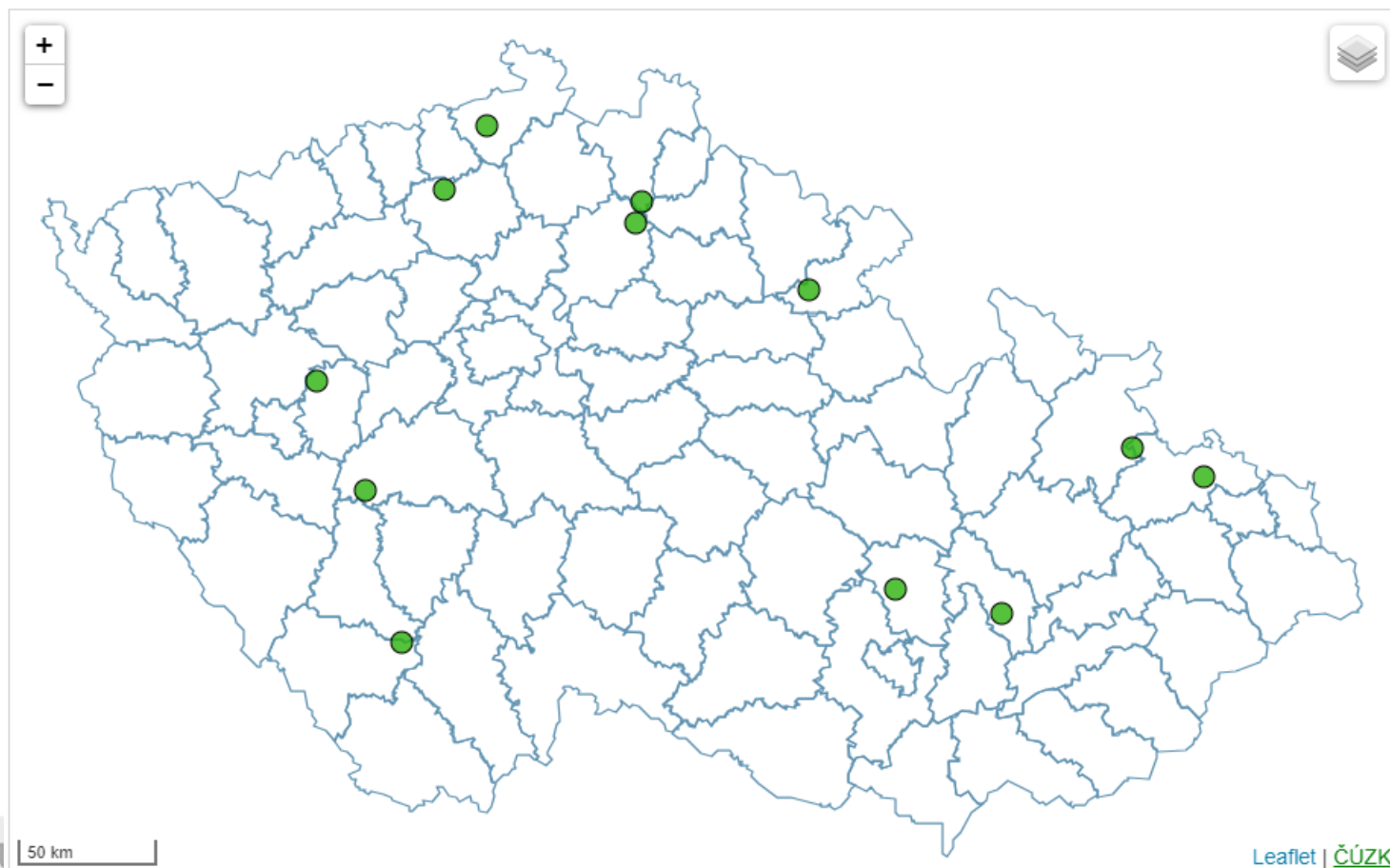
Testování rezistence strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis*) na pyrimethanil v roce 2019



Anilinopyrimidiny (AP fungicidy) – v ČR - cyprodinil

- **2020-2022** - 46 populací – většina citlivých, pouze 2 populace se sníženou citlivostí

Testování rezistence strupovitosti jabloně na Cyprodinil v roce 2021





Existuje rezistence ke kontaktům? Dithianon

Nízké riziko vzniku rezistence

- Inhibuje biosyntézu různých enzymů
- Používá se od r. 1963
- Evropský monitoring (2005,2010,2012)
– i sady se 16 aplikacemi se v citlivosti nelišily od ekologických sadů
- Italská studie rezistence *in vivo* (2021)
– snížení citlivosti na střední úroveň,
plošná distribuce v sadech

Komerční
přípravek

Účinná látka

Alcoban

• dithianon

Alcoban
700 WG

• dithianon

Caldera
700 WG

• dithianon

Delan
700 WDG

• dithianon

Dynamo

• dithianon



Existuje rezistence ke kontaktům? Captan

Nízké riziko vzniku rezistence

- inhibuje aktivitu enzymů obsahujících thiolové skupiny (-SH) = narušuje syntézu dýchacích enzymů a dalších proteinů důležitých pro růst a množení hub
- zabraňuje klíčení spor a růstu mycelia
- rakouská studie 2018 – při nižších dávkách kaptanu byla účinnost na konvenčně ošetřovaných plochách pod 50% vs. 98% na zcela neošetřovaných

Komerční
přípravek

Účinná látka

Arwemus
80 WG

• kaptan

Kollin 80
WG

• kaptan

Scab 480
SC/80 WG

• kaptan

Ventola

• kaptan

Ventur 80
WG

• kaptan



Antirezistentní strategie – FRAC doporučení

- Max. 4 aplikace SDHI – i když je používáme v tank-mixu
- Max. 4 aplikace DMI – i když je používáme v tank-mixu
- Max. 4 aplikace AP fungicidů
- (Strobiluriny max. 2 aplikace, pouze pokud známe stav rezistence)

12x

V praxi splnitelné pouze při týdenních intervalech a ukončení aplikací na konci června, počty jsou běžně přesaženy

Antirezistentní strategie – příklady

- Na jaře Scala a Vedette v bloku, Faban v květu a Scala na skládkové choroby = 4 aplikace AP fungicidů
- 3 aplikace Score (povoleno 3x)+1 Difcor (povoleno 3x)
- 2 x Sercadis, 1x Luna Experience v květu a Bellis na skládkové choroby

Shrnutí

- Rezistence přetrvává pouze u strobilurinů
- Ostatní skupiny - výskyty snížené citlivosti až rezistence minimální nebo výjimečné
- Tento stav pravděpodobně odráží správné dodržování antirezistentních strategií





Shrnutí

- Počet látek povolených do jaderovin proti strupovitosti je na hranici udržitelnosti antirezistentních strategií
- Stále je nutné udržovat střídání fungicidů s různým způsobem účinku
 - zejména DMI a SDHI látek
 - v době největšího tlaku používat kombinace systémových a kontaktních fungicidů





Děkuji za pozornost, kolegům a inspektorům UKZUZ za spolupráci

Adéla Reinbergerová, Hana Mejdrová, Jana Kupková a za molekulární stanovení Petra Lišková

