

OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE (Z_{tech})

**Využití rostlinných druhů
s repelentními účinky
na hraboše polního
v agroekosystémech**

JOSEF SUCHOMEL

EMIL TKADLEC

JAN ŠIPOŠ

ADAM BREŽÁNÍ

JAN TRÁVNÍČEK

PAVLÍNA DOKULILOVÁ

MICHAEL VRÁNA

PAVEL HUTAŘ



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



Národní
plán
obnovy

T A
Č R

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

**Využití rostlinných druhů s repelentními účinky na
hraboše polního v agroekosystémech**

OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE
(Z_{tech} ZO1/2025)

Josef Suchomel, Emil Tkadlec, Jan Šipoš, Adam Brezáni, Jan Trávníček,
Pavlína Dokulilová, Michael Vrána, Martin Hutař

Brno, 2025

Využití rostlinných druhů s repelentními účinky na hraboše polního v agroekosystémech

V ověřené technologii byly získány výsledky o repelentním účinku vybraných druhů rostlin, jejichž porosty mohou omezovat šíření hraboše polního z míst primárního výskytu do hospodářských plodin. Podkladem pro technologii byly experimenty v poloprovozních podmínkách podniků Ekofarma PROBIO a Agochema, družstvo a datový soubor o výskytu hraboše polního ve vybraných plodinách z Rostlinolékařského portálu ÚKZÚZ. Byly ověřeny postupy využití jednoletých plodin s potenciálním repelentním účinkem, včetně vymezení vlastností, které jsou za repelenci zodpovědné (výskyt obranných látek a toxických metabolitů v rostlině, nízká kvalita biomasy, nízká kvalita porostu repelentní rostliny ve vztahu k hraboši polnímu). Technologie je zdrojem nových praktických poznatků o specifických vlastnostech repelentních rostlin a jejich využití, které jsou přímo využitelné u odborné veřejnosti a v podmínkách zemědělské praxe. V poloprovozních podmínkách byl ověřen potenciální repelentní účinek levandule, čiroku, konopí, koriandru, lnu, čičorky a fenyklu a byly ověřeny postupy zakládání repelentních pásů s využitím čiroku dvoubarevného a kukuřice seté. Na základě vyhodnocení dat z rostlinolékařského portálu pak byl ověřen repelentní potenciál plodin běžně pěstovaných v zemědělském provozu (cibule, kukuřice, hořčice, mák).

Klíčová slova: repelentní rostliny, hraboš polní, čirok, kukuřice

Use of Plant Species with Repellent Effects on the Common Vole in Agroecosystems

In the verified technology, results were obtained on the repellent effect of selected plant species, whose stands may limit the spread of the common vole from areas of primary occurrence to cultivated crops. The technology was based on experiments conducted under semi-operational conditions at Ekofarma PROBIO and Agochema cooperative, as well as on a dataset of common vole occurrence in selected crops from the Plant Protection Portal of the Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (ÚKZÚZ). Procedures for using annual crops with potential repellent effects were verified, including the identification of traits responsible for repellency (presence of defensive compounds and toxic metabolites in the plant, low biomass quality, low-quality stand of the repellent plant in relation to the common vole). The technology provides new practical knowledge on the specific traits of repellent plants and their use, which can be directly applied by professionals and in agricultural practice. Under semi-operational conditions, the potential repellent effect of lavender, sorghum, hemp, coriander, flax, sainfoin, and fennel was verified, and procedures for establishing repellent strips using two-colored sorghum and maize were tested. Based on the evaluation of data from the Plant Protection Portal, the repellent potential of commonly cultivated crops (onion, maize, mustard, poppy) was also verified.

Keywords: repellent plants, common vole, sorghum, maize

*Ověřená technologie je výstupem projektu „SS06020333 Tlumení populačních hustot hraboše polního (*Microtus arvalis*) pomocí rostlinných repelentů“, který je spolufinancován prostřednictvím Technologické agentury ČR v rámci Národního plánu obnovy z evropského Nástroje pro oživení a odolnost.*



**Financováno
Evropskou unií**
NextGenerationEU



**Národní
plán
obnovy**



Autorský kolektiv:

prof. Ing. Josef Suchomel, Ph.D.¹

prof. MVDr. Emil Tkadlec, CSc.²

doc. Mgr. Jan Šipoš, Ph.D.¹

Ing. Adam Brezáni^{3,4}

Ing. Jan Trávníček⁴

Ing. Pavlína Dokulilová⁵

Ing. Michael Vrána³

Ing. Martin Hutař³

¹ Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno

² Univerzita Palackého v Olomouci

³ Ekofarma PROBIO, s.r.o.

⁴ Czech Organics, s.r.o.

⁵ AGROCHEMA, družstvo

Kontakt na vedoucího autorského kolektivu: suchomel@mendelu.cz

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

Citace: Suchomel J., Tkadlec E., Šipoš J., Brezáni A., Trávníček J., Dokulilová P., Vrána M., Hutař M. 2025. Využití rostlinných druhů s repelentními účinky na hraboše polního v agroekosystémech. Ověřená technologie, Mendelova univerzita v Brně, 33 s.

© Mendelova univerzita v Brně, 2025

OBSAH

1. Úvod	6
2. Cíl ověřené technologie	6
3. Současný stav řešené problematiky	6
4. Vlastní popis ověřené technologie	9
4.1. Představení zemědělského podniku	9
4.2. Půdně-klimatické podmínky	9
4.3. Postup založení poloprovozních polních pokusů	10
4.3.1. Založení pilotního experimentu pro předvýběr repelentních rostlin	10
4.3.2. Založení dvouletého polního experimentu s repelentními pásy	10
4.4. Metodika hodnocení účinnosti vybraných druhů repelentních rostlin	15
4.4.1. Metodika ověření repelentního potenciálu vybraných druhů polních plodin na základě víceletého monitoringu hraboše polního	15
4.4.2. Metodika hodnocení pilotního polního experimentu pro předvýběr repelentních rostlin	16
4.4.3. Metodika hodnocení účinnosti repelentního pásu	17
4.5. Dosažené výsledky	18
4.5.1. Výsledky ověření repelentního potenciálu vybraných druhů polních plodin na základě víceletého monitoringu hraboše polního	18
4.5.2. Výsledky pilotního polního experimentu pro předvýběr repelentních rostlin	21
4.5.3. Výsledky hodnocení dvouletého polního experimentu s repelentními pásy	22
5. Doporučení pro praxi	24
6. Ekonomické aspekty	25
7. Ekologický přínos	25
8. Srovnání novosti postupů a uplatnění ověřené technologie	26
9. Závěr	26
10. Použitá literatura	27
11. Fotodokumentace	29

1 Úvod

Hraboš polní (*Microtus arvalis*) je klíčovým druhem v agrocenózách, který patří mezi nejvýznamnější škůdce v zemědělství, ale rovněž má nezanedbatelný význam v ekosystému zemědělské krajiny. V případě hrozících škod je nejčastěji potlačován pomocí rodenticidů, avšak vzhledem k řadě omezení při jejich použití (aplikace pouze do nor, zákaz používání v oblastech s výskytem chráněných druhů, např. sýčka, křečka, sovy pálené apod.) a také díky zvýšenému zájmu zemědělců o nechemické metody ochrany (zejména v ekologickém či integrovaném zemědělství), roste poptávka po alternativách, které by mohly alespoň částečně rodenticidy nahradit.

Jednou z možností je využití repelentních rostlin, jejichž porosty mohou omezovat výskyt a šíření hrabošů do okolních plodin z lokalit primárního výskytu (trvalé a víceleté porosty). V rámci předkládané ověřené technologie byly testovány vybrané druhy rostlin s repelentním potenciálem proti hrabošům, a to na základě monitoringu výskytu hrabošů v jejich porostech prováděného státní správou a rovněž v rámci polních experimentů.

Výsledky testování potvrzují, že je možné zemědělcům, sadařům a zahrádkářům doporučit nový a unikátní postup pro optimalizaci distribuce (odpuzování) hrabošů na lokalitě a omezení poškozování cílových porostů plodin a kulturních rostlin. Díky své přirozené podstatě stojící na biologických základech, a tím i společenské akceptovatelnosti, může být ověřený postup vhodnou doplňkovou metodou ochrany proti hraboši polnímu. Jedná se o zcela originální a inovativní přístup, který v našich podmínkách ještě nikdy nebyl testován a využíván a rovněž v zahraničí je jeho význam i výzkum doposud omezený.

2 CÍL OVĚŘENÉ TECHNOLOGIE

Cílem ověřené technologie bylo představit možnost využití vybraných druhů rostlin s potenciálním repelentním účinkem na hraboše polního, které mohou omezovat jeho šíření a distribuci v agrocenózách. Experimentální část práce vychází jednak z: 1) vyhodnocení víceleté početnosti hrabošů v potenciálních repelentních plodinách běžně pěstovaných v zemědělském provozu (cibule, kukuřice, hořčice, mák) a v srovnávacích porostech, které hraboš jako stanoviště preferuje nebo je poškozují (vojtěška, řepka, ozimá pšenice), dále z 2) jednorázového experimentu, který umožnil předvýběr dalších druhů rostlin (levandule, čirok, konopí, koriandr, len, čičorka, fenykl) a poté 3) z navazujícího dvouletého polního experimentu, cíleného již jen na vybrané druhy (čirok, kukuřice).

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V současné době existuje celá řada doporučení týkajících se eliminace škod působených hrabošem polním (*Microtus arvalis*) na zemědělské produkci, ať již v podobě managementu krajiny, agrotechnických opatření, či fyzikálních, chemických a biologických metod ochrany (např. Jacob, Tkadlec 2010; Jacob et al. 2014). Jejich funkčnost je však často problematická vzhledem ke změnám ve využívání krajiny a klimatické změně, které vedou v poslední době k

obtížněji predikovatelným růstům populací, a tím i neobvykle vysokým škodám. Příkladem může být přemnožení v roce 2019 kdy u nás dosahovaly škody na polních kulturách 80 a více procent (Suchomel, Heroldová 2019).

Ke škodám na zemědělských plodinách dochází nepravidelně, v důsledku cyklického přemnožování hrabošů jednou za 2–5 let (Jacob et al. 2014). V posledních letech je však přemnožování díky klimatické změně poměrně intenzivní a může postihnout i rozsáhlé oblasti Evropy (Jacob et al. 2020). Je proto snahou optimalizovat stávající způsoby managementu populací hrabošů a omezování škod, popř. hledat nové metody regulace (Aulický et al. 2022).

Způsobů managementu populací hrabošů je celá řada, avšak s různým účinkem. Nejčastější a neúčinnější metodou je chemická ochrana pomocí rodenticidů, dnes převážně na bázi fosfidu zinečnatého (Jacob et al. 2014, Aulický et al. 2022). V současné době je však jejich použití na území Evropské unie významně limitováno. Je snaha je nahradit integrovanou ochranou rostlin, či management populací hlodavců na ekologickém základě (Tobin, Fall 2004, Singleton et al. 2007). Součástí integrované, či ekologické ochrany jsou např. agrotechnické zásahy při pěstování rostlin. Jedná se o odstraňování vegetace (kosení luk, sklizeň plodin atd.), mulčování, podmítka, či orbu (Jacob et al. 2014). Kromě orby je však účinek většiny z nich nedostatečný (Jacob 2003). Pozornost je zaměřena i na biologickou regulaci pomocí predátorů, či patogenů (Jacob et al. 2014, Labuschagne et al. 2016, Williams et al. 2018), či omezování plodnosti hrabošů (Jacob et al. 2014).

Používání rodenticidů je stále nejčastější metodou potlačování hrabošů. Je to proto, že je lze používat ve velkém měřítku, jejich účinnost je poměrně vysoká, jsou relativně levné a snadno dostupné (Jacob et al. 2014). Účinkům rodenticidů mohou být však vystaveny i necílové organismy, zejména různé druhy volně žijících obratlovců. V současné době proto nabývá na významu využití nechemických metod, případně alternativ, které by snížily spotřebu rodenticidů. Jednou z nich jsou i repelentní rostliny, z kterých se jednak vyvíjejí repelentní přípravky na bázi přírodních rostlinných látek, tj sekundárních metabolitů rostlin (esenciálních olejů), jenž mají hlodavce odpuzovat (Hansen et al. 2016a,b), nebo se testují porosty vybraných druhů v polních podmínkách (Suchomel et al. 2025).

Možnost využít rostlinné repelenty pro potlačování populací býložravých druhů hlodavců souvisí se schopností rostlin vytvářet obranné látky proti herbivorním druhům konzumentů, což je v podstatě výsledek koevolučního vývoje mezi predátorem (býložravec) a kořistí (rostlina) (Rosenthal, Berenbaum 1991, Dearing et al. 2005). Doposud jsou známy studie, které vymezují a definují konkrétní chemické látky a rostlinné metabolity odpuzující různé druhy hlodavců a mohou být tak podkladem pro potenciální využití v ochraně rostlinné produkce při vývoji repelentního přípravku (Hansen et al. 2016b). Řada studií je věnována i různým druhům hrabošů jako je hryzec vodní *Arvicola amphibius* (Fisher et al. 2009, 2010), případně hraboši rodu *Microtus* (Curtis et al. 2002) včetně hraboše polního (Fisher et al. 2011, 2013). Většina studií, které vybrané potenciální repelentní látky testují, je pak založena na potravních preferencích hlodavců, a to zejména v laboratorních experimentech (Bozinovic 1997, Dearing et al. 2005, Hansen et al. 2016a).

Poměrně ojedinělé jsou pak ve světě studie, týkající se druhů rostlin, které mohou díky svým potenciálním repelentním účinkům výskyt hrabošů omezovat přímo v agrocecnózách (Curtis et al. 2003, Wiman et al. 2009). Příkladem může být svízel vonný (*Galium odoratum*), který jako součást bylinného krytu meziřadí v organických sadech v Severní Americe prokazatelně omezoval výskyt severoamerických druhů hrabošů, tento příklad byl ale donedávna spíše výjimkou (Wiman et al. 2009).

Repelence rostlin byla i v tomto směru vždy spojována zejména s látkami obsaženými v rostlinách. Mezi ty, které hraboše odrazují, patří různé alkaloidy, např. kumarin, což je sloučenina používající se i v jedech na hlodavce. Rostliny, které jej obsahují, mohou tedy být potenciálně testovány jako repelentní. Druhy rostlin, které mohou přicházet v úvahu, a jenž mohou podle dosavadních znalostí za určitých podmínek odpuzovat hraboše, jsou např. máta peprná (*Mentha piperita*), zběhovec plazivý (*Ajuga reptans*), mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*), rozrazil (*Veronica* spp.), i některé nepůvodní druhy, jako tlustonitník klasnatý (*Pachysandra terminalis*), či chlupáček zední (*Hieracium pilosella*) apod. (Curtis et al. 2003; Wiman et al. 2009). Dalšími potenciálními rostlinami jsou jestřábník obecný (*Hieracium vigatum*) nebo tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*), obsahující sloučeniny podobné kumarinu (Weibel et al. 2007). Žádná z výše uvedených rostlin však dosud nebyla v provozních podmínkách testována a většina z nich je i prakticky nepoužitelná pro zemědělskou praxi.

Testování porostů potenciálně repelentních rostlin, které by byly využitelné i v zemědělské praxi a přinášely farmářům i alespoň částečné hospodářské benefity, dosud nikdy realizováno nebylo. První výzkum v tomto směru proběhl až v rámci realizace projektu TAČR, jehož je předkládaná ověřená technologie výstupem. Spolu s dalšími výstupy projektu se tedy jedná o výzkum zcela unikátní. V průběhu jeho řešení bylo zjištěno, že kvalitní odpuzování hrabošů lépe zajistí nejen to, že rostlina obsahuje vysoké koncentrace sekundárních metabolitů, ale i nevhodný charakter stanoviště, který její porost vytváří (Suchomel et al. 2025).

Jednou z cest optimalizace populací hrabošů a omezení škod na produkci, může být tedy i cílené vytváření nevhodných habitatů, které omezí výskyt hrabošů a jejich distribuci. Lze k tomu využívat i různé druhy plodin v rámci osevních sledů. Jde o plodiny, které takové podmínky pro hraboše vytvářejí díky svým biologickým vlastnostem a agrotechnice pěstování. Jedná se převážně o jednoleté plodiny, pro hraboše potravně neatraktivní a s intenzivní kultivací proti plevelům, např. vybrané okrasné rostliny (Curtis et al. 2009), či cibuloviny a obilniny (Nosek 1956, Holišová 1959, Suchomel et al. 2025). Většina těchto plodin se běžně pěstuje a lze je ekonomicky zhodnotit. Lze je tedy prakticky využít jako potenciální bariéry proti šíření hrabošů do dalších plodin z primárních habitatů.

Poněvadž se u nás jedná o problematiku zcela novou a nebylo jasné jaký komplex faktorů bude mít podíl na odpuzování hrabošů, byla aktualizována **definice repelentní rostliny pro potlačování hrabošů v polních podmínkách** (Suchomel 2024). Repelentní rostlina proti hrabošům je tedy taková, která je pro tyto hlodavce nepoživatelná, či ji potravně nepreferují (tvorba obranných či toxických látek, nebo biomasa o nízké kvalitě) a její porost rovněž vytváří nevhodné podmínky pro existenci hrabošů (nedostatek plevelů, narušování půdy, omezené úkrytové možnosti v rané fázi růstu). Toto bylo testováním potvrzeno a porosty rostlin s uvedenými repelentními vlastnostmi mohou tak skutečně omezovat výskyt tohoto škůdce a

zpomalovat jeho šíření do okolních plodin. Nevhodnost biotopu pak může souviset nejen s nedostatkem potravy v podobě nepoživatelnosti vlastní rostliny, či nedostatku plevelů, ale i se strukturou porostu a agrotechnikou pěstování. Lze tedy logicky předpokládat, že porosty těchto rostlin budou hraboši kolonizovat krátkodobě, omezeně, popř. vůbec, v závislosti na jejich populační dynamice (Suchomel et al. 2025).

4 VLASTNÍ POPIS OVĚŘENÉ TECHNOLOGIE

4.1. PŘEDSTAVENÍ ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU

Ekofarma PROBIO

Společnost EKOFARMA PROBIO již od roku 2007 obhospodařuje přibližně 410 ha orné půdy v plně ekologickém režimu, od roku 2024 je farma držitelem nadstandardu Demeter. Podnik zaměstnává 4 pracovníky na plný úvazek a sezónní pracovníky na částečný úvazek. Hlavním zaměřením farmy je rostlinná výroba pro potravinářské využití a množení osiv. Farma pěstuje obilniny jako je pšenice setá ozimá, pšenice špalda, oves nahý, pohanka, čirok a další minoritní obilniny. Dále se zabývá pěstováním luskovin a jetele nachového. V rámci živočišné výroby se farma zaměřuje na výkrm selat s roční produkcí 500 ks prasat. Na výkrm se využívají mlynářské odpady od sesterské firmy PRO-BIO obchodní společnost. Farma se v minulosti účastnila projektu NAZV QK1910046 se zaměřením na intercropping.

Agrochema, družstvo

AGROCHEMA, družstvo Studenec hospodaří na výměře 4400 ha, z toho cca 4200 orné půdy, specializuje se na výrobu tržních plodin (obiloviny, řepka), krmných plodin pro potřeby živočišné výroby (kukuřice, vojtěška, jetel) a máku jarního na výměře cca 500 ha. Hospodaří formou tradičního konvenčního zemědělství (bez orby), s vybavením moderní techniky, pravidelně provádí vzorkování půd a na jejich základě cíleně aplikuje průmyslová hnojiva. Současně aplikuje i velké množství organické hmoty (hnůj, kejda, digestát) a produkuje kompost z odpadů okolních obcí v množství cca 700 tun ročně. Kromě rostlinné výroby provozuje družstvo i živočišnou a přidruženou výrobu.

4.2. PŮDNĚ-KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Ekofarma PROBIO

Podnik hospodaří na heterogenních půdách, převážně sprašových, z nichž více než tři čtvrtiny jsou ohroženy erozí. Půdy jsou převážně alkalické s vyšším pH. Klimaticky se jedná o spíše sušší oblast s průměrným ročním úhrnem srážek okolo 450 mm a průměrnou roční teplotou cca 10 °C. Největší výzvou jsou nerovnoměrné rozložené srážky ve vegetační sezóně.

Agrochema, družstvo

Obhospodařovaná zemědělská půda se nachází v oblasti, která patří do geomorfologické části Náměšťské pahorkatiny. Severní okraj zasahuje do oblasti Třebíčské vrchoviny. Leží v povodí řeky Moravy, dílčím povodí Jihlavy, na středním toku této řeky, na levém i pravém břehu (v okolí vodní nádrže Dalešice). Nejvyšším bodem je vrch Valečský kopec u obce Třebenice (530 m. n. m.) a nejnižší místem je nadmořská výška 300 m. Většina pozemků leží v terénu mírně zvlněném. V hospodářském obvodu se vyskytují tyto agronomicko-půdní skupiny a podskupiny: černozem degradovaná na spraši, velmi hluboké hnědozemě, oglejené půdy, hnědé půdy, drnoglejené půdy. Klimatický region je mírně teplý s mírnou zimou, roční úhrn srážek 563 mm s průměrnou teplotou 6,9 °C.

4.3. POSTUP ZALOŽENÍ POLOPROVOZNÍCH POLNÍCH POKUSŮ

4.3.1 ZALOŽENÍ PILOTNÍHO EXPERIMENTU PRO PŘEDVÝBĚR REPELENTNÍCH ROSTLIN

Z důvodu začátku řešení projektu až od 1.4.2023 byl pilotní pokus s vybranými repelentními druhy založen 27.7.2023. Pokus se nacházel v katastru obce Velké Hostěrádky (30 km od Brna, jižní Morava) v nadmořské výšce 215 m a byl založen na pozemku partnera projektu EKO FARMA PROBIO s.r.o. Pokus byl zakládán standardní zemědělskou technikou. Vzhledem k tomu, že bylo možné vybrat pouze pozemky po sklizni plodin založených již v r. 2022, nebyl možný cílený výběr nejvhodnějších kontrolních hospodářských plodin, jako je např. vojtěška (volné pozemky pro experiment nebyly vedle této plodiny k dispozici) a musela být vybrána jiná hospodářská plodina, konkrétně pohanka obecná, která je pěstovaná na Ekofarmě PROBIO jako druhá plodina daného roku.

Z více než šedesáti druhů rostlin potenciálně odpuzujících hlodavce, zjištěných na základě studia literatury, bylo pro pilotní experimentální ověřování v polních podmínkách vybráno osm druhů: levandule úzkolistá (*Lavandula angustifolia*), čirok dvoubarevný (*Sorghum bicolor*), koriandr setý (*Coriandrum sativum*), konopí seté (*Cannabis sativa*), len setý (*Linum usitatissimum*), fenykl obecný (*Foeniculum vulgare*), kmín kořený (*Carum carvi*) a čičorka pestrá (*Securigera varia*). Každá repelentní rostlina byla vyseta v pásu o délce 100 m a šířce 5 m, v těsném sousedství srovnávacích porostů. Srovnávacími habitaty byl porost pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*) založený z obou stran experimentu a dále nedaleký trvalý travní porost. Vedle potenciální repelence byla jedním z hlavních kritérií výběru i širší možnost pěstování v našich podmínkách, včetně možného ekonomického využití. Druhy byly vybírány i na základě dostupnosti osiv v ČR. U čiroku, lnu, konopí a kmínu jsou osiva, která je možno zajistit i na větší výměry. Osiva koriandru, fenyklu a čičorky jsou v ČR sice dostupná, ale v případě nutnosti jejich využití ve větším měřítku by bylo třeba zajistit další množitelské porosty.

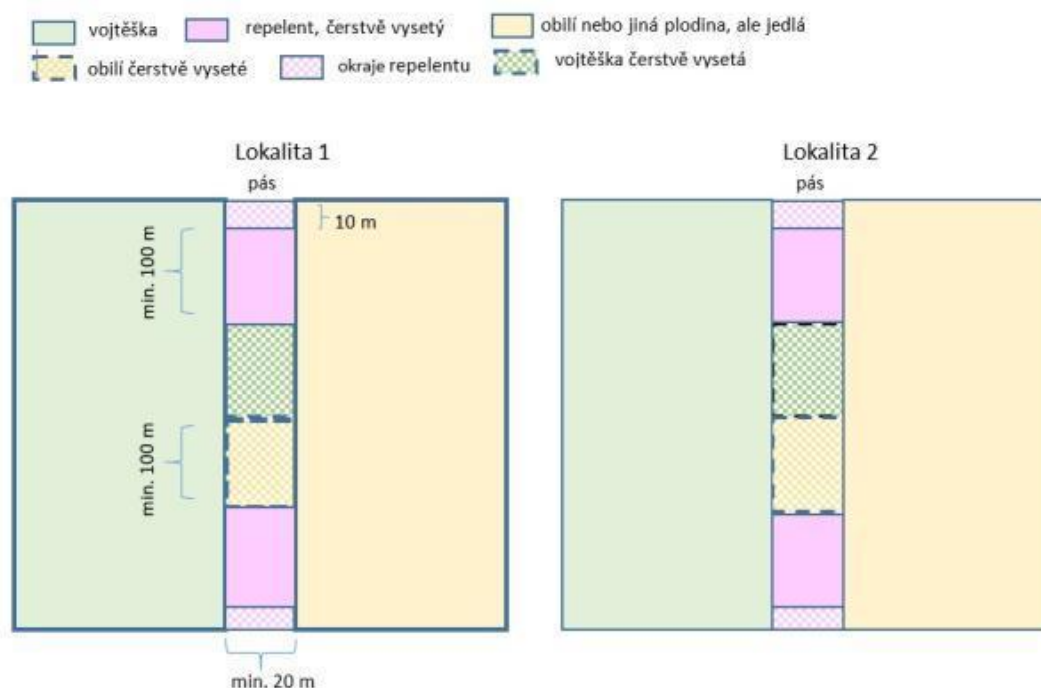
4.3.2. ZALOŽENÍ DVOULETÉHO POLNÍHO EXPERIMENTU S REPELENTNÍMI PÁSY

Na jaře 2024 byl na Ekofarmě PROBIO založen polní experiment, který probíhal na dvou dílech půdních bloků. Návrh experimentu byl připraven a odsouhlasen projektovým konsorciem a po další diskuzi byly stejné experimentální plochy založeny ještě i na pozemcích podniku Agrochema, družstvo. Níže uvádíme jednotlivé kroky založení experimentu:

Experimentální design pro repelentní pásy v r. 2024 a 2025:

Na experimenty s rostlinnými repelenty bylo navrženo použít kompletní randomizovaný blokový design (viz obr. 1). Byly vybrány dvě lokality (bloky) s již vysetými a kolonizovanými porosty jetelovin, konkrétně s vojtěškou a jetelem inkarnátem, které byly od sebe vzdáleny více 200 m. Doporučená délka pole s vojtěškou měla být alespoň 400 m, aby po celé délce mohl být zřízen repelentní pás. Starší porost vojtěšky, který již byl kolonizován, slouží jako donátor hrabošů pro testované plodiny. Repelentní pás o šířce nejméně 20 m byl navržen v každém bloku v těsné blízkosti porostu vojtěšky a po agrotechnické přípravě měl být zcela bez hrabošů a bez vegetace. Tento pás byl oset třemi plodinami: (1) na obou koncích pásu byl vysetý repelent tak, aby vznikla dvě opakování v rámci bloku, (2) v přerušení uprostřed pásu byla vyseta jednak vojtěška, jednak (3) plodina, která byla na druhé straně pásu. Přerušení uprostřed by mělo být nejméně 150 m, ale lépe 200 m, aby pásy byly 100 m dlouhé. Všechny plodiny v pásu byly založeny ve stejné době jako repelentní rostlina na koncích tohoto pásu. Populační hustoty na repelentních pásech se nesměly odečítat 10 m před okrajem porostu, což redukovalo okrajový efekt. Vojtěška v pásu ukazovala referenční hodnotu pro kolonizaci preferované plodiny a předpokládala se u ní nejvyšší míra kolonizace. Obilí v pásu pak mělo indikovat hodnotu pro kolonizaci druhé často poškozované plodiny. Repelenty v pásu měly dle předpokladu vykazovat nižší míru kolonizace než obilí v pásu.

Celkem byla plánována 4 opakování ve dvou blocích, v nichž bylo možno růst početnosti hrabošů porovnat se starší vojtěškou, ale také s vojtěškou nově vysetou a další poškozovanou plodinou (obilím). Srovnání s hustotou v nové vojtěšce a v obilí je klíčové pro posouzení repelentního účinku. Hustota hrabošů by měla být měřena buď pomocí indexu aktivních východů z nor, nebo indexu znovuotevřených východů z nor na 5 arových ploškách vybraných náhodně. Tento druhý index zvyšuje přesnost odhadu a současně snižuje individuální rozdíly mezi lidmi odečítajícími hustotu, je však mnohem pracnější. Stejným způsobem by měla být měřena hustota ve starší a nové vojtěšce a obilí.



Obr. 1. Návrh designu experimentu pro testování repelentních pásů v letech 2024 a 2025.

Založení polního experimentu na Ekofarmě PROBIO

Rok 2024:

1. Příprava půdy a osev

- 9. března 2024: Byla provedena mělká příprava půdy pomocí diskového podmiťáče Väderstadt *CARRIER CrossCutter Disc*. Tento nástroj umožnil kvalitní přípravu povrchu půdy pro následný osev a zároveň přispěl k eliminaci plevelů před klíčením plodin.
- 26. března 2024: Proběhl osev následujících plodin: vojtěška odrůdy PALAVA, pšenice jarní odrůdy REGISTANA a oves jarní odrůdy MARCO POLO.

2. Příprava na výsev čiroku

- 10. dubna 2024: Půda byla připravena na výsev čiroku. Tento krok zahrnoval kultivaci a vytvoření optimálního seťového lůžka pro čirok jako klíčovou experimentální plodinu.
- 13. května 2024: Výsev čiroku odrůdy RUZROK byl proveden v dávce 23 kg/ha. Tento výběr čiroku reflektoval jeho potenciální repelentní vlastnosti a schopnost konkurovat plevelům.

3. Monitorování růstu a mulčování

- 9. května 2024: Po výsevu bylo zaznamenáno výrazné předhánění plevelů, což upozornilo na potřebu následné péče o porost.
- 27. června 2024: Čirok začal předhánět plevele, což bylo považováno za klíčový úspěch ve srovnání s předchozím stavem.
- 13. srpna 2024: Proběhla regenerace čiroku pomocí mulčování, což přispělo k udržení jeho kondice a omezení růstu plevelů.
- 31. října 2024: Druhé mulčování čiroku bylo realizováno jako součást dlouhodobé péče o porosty.



Obr. 2. Letecký snímek na založený pokus na jednom DPB EKOFARMA PROBIO s.r.o. (foto: Martin Matěj)

Na podzim roku 2024 byl založen poloprovozní experiment, během kterého proběhlo hloubkové kypření pomocí speciálního podrýváku. Tento zásah byl zaměřen na ověření možností mechanické regulace populace hraboše v ekologickém režimu hospodaření. Hloubkové kypření představuje alternativu k tradiční orbě, která je pod rostoucím tlakem na omezení. V rámci tohoto experimentu byl sledován výskyt hraboše, aby mohla být vyhodnocena efektivita této metody. Získané poznatky mohou pomoci definovat postupy podporující udržitelné zemědělské praktiky a zároveň přispět k omezení populací škůdců.

- Rok 2025:

Příprava půdy a osev

- 28. února 2025 byla provedena příprava půdy diskovým podmiťákem Väderstad CARRIER do hloubky 4–6 cm (lokalita Lesy).
- 23. března 2025 byla provedena příprava půdy radličkovým podmiťákem Treffler TG do hloubky 4 cm (lokalita Zakostelská 3).
- 27. března 2025 byla provedena příprava půdy radličkovým podmiťákem Treffler TG do hloubky 4 cm (lokalita Lesy).
- 28. března 2025 proběhlo setí plodin: vojtěška odrůdy PALAVA v dávce 18 kg/ha, pšenice jarní odrůdy REGISTANA v dávce 216 kg/ha a oves jarní odrůdy MARCO POLO v dávce 200 kg/ha (obě lokality: Lesy a Zakostelská 3).

Příprava na výsev čiroku

- 11. dubna 2025 byla půda připravena na výsev čiroku. Tento krok zahrnoval kultivaci a vytvoření optimálního seťového lůžka pro čirok jako klíčovou experimentální plodinu. Zpracování bylo provedeno pomocí diskového podmiťáče Väderstad CARRIER (obě lokality: Lesy a Zakostelská 3).
- 17. dubna 2025 byl proveden výsev čiroku odrůdy RUZROK v dávce 23 kg/ha. Použit byl secí stroj Väderstad RAPID, hloubka setí 4 cm (obě lokality: Lesy a Zakostelská 3).

Monitorování růstu a reakce porostu

- 20. května 2025 byl monitorován výskyt plevelů a provedeno vláčení čiroku prutovými bránami (lokalita Zakostelská 3).
- 1. června 2025 bylo zaznamenáno, že plevel předhání čirok (lokalita Lesy).
- 2. června 2025 proběhlo sečení celého repelentního pásu. Posečená hmota byla ponechána na místě (lokalita Lesy).
- 25. června 2025 proběhlo mulčování (lokalita Zakostelská 3).
- 25. června 2025 proběhlo mulčování čiroku (lokalita Lesy).
- 31. července 2025 proběhlo mulčování dozrávajícího, ale zapleveleného čiroku (lokalita Lesy).
- 14. srpna 2025 proběhlo mulčování (lokalita Zakostelská 3).

- 18. srpna 2025 proběhlo posečení nezmulčovaných pásků za koly traktoru (lokalita Lesy).
- 5. září 2025 proběhlo mulčování repelentního pásu (lokalita Lesy).
- 18. září 2025 bylo provedeno ukončení repelentního pásu radličkovým podmítačem Treffler TG do hloubky 3 cm (lokalita Lesy).
- 30. září 2025 bylo provedeno ukončení repelentního pásu diskovým podmítačem Väderstad CARRIER; bylo zaznamenáno větší množství posklizňových zbytků (lokalita Zakostelská 3).
- 8. října 2025 proběhlo setí pšenice jednozrnky po dvouletém repelentním pásu (lokalita Lesy).
- 16. října 2025 bylo provedeno ukončení repelentního pásu radličkovým podmítačem Treffler TG do hloubky 5 cm (lokalita Zakostelská 3).
- 29. října 2025 proběhla příprava půdy diskovým podmítačem Väderstad CARRIER (lokalita Zakostelská 3).
- 1. listopadu 2025 proběhlo setí pšenice špaldy po dvouletém repelentním pásu (lokalita Zakostelská 3).

Založení polního experimentu na farmě Agrochema, družstvo

Rok 2024:

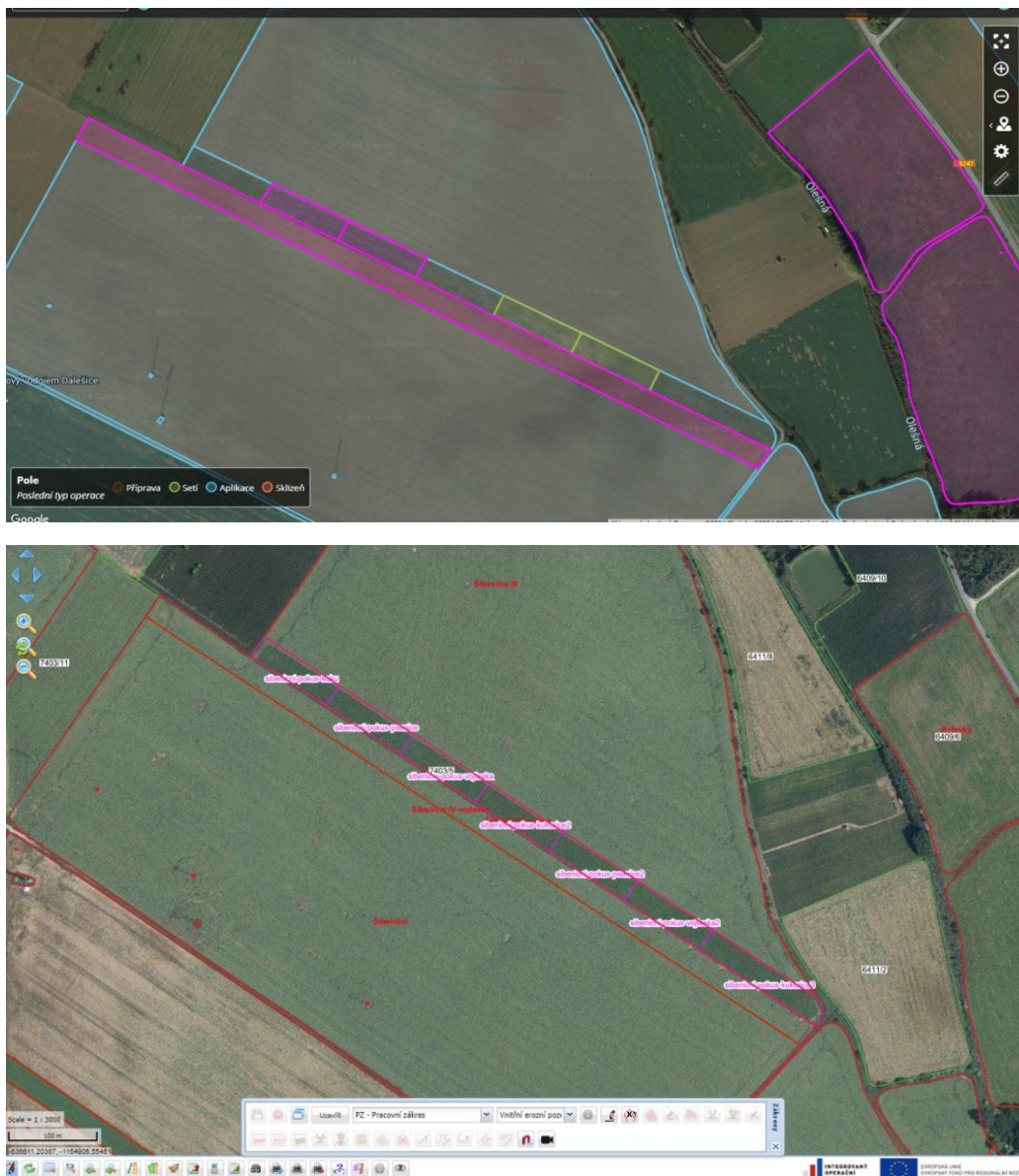
Repelentní pás na podniku Agrochema Studenec byl založen na pozemku „Šibeniční“ DPB 7403/5 v k. ú. Dalešice (obr. 3 b,c). Návrh experimentu byl odsouhlasen projektovým konsorciem.

1. Datum založení plodin:

- 8. dubna 2024: byla vyseta vojtěška setá-odrůda Pálava, výsevek 20 kg/ha
- 17. dubna 2024: byla vyseta kukuřice setá-odrůda Agro Vitallo, výsevek 90 000/ha
- 8. dubna 2024: byla vyseta pšenice jarní-odrůda Registana, výsevek 180 kg/ha (3,5MKS)

Pokus byl založen jako dvojitý 27 m široký pás vždy o délce 100 m. Střídání plodin bylo ve sledu kukuřice, pšenice jarní a vojtěška v opakování (obr. 3 c).

Přiložené schéma (3c) znázorňuje na jedné straně (pojmenované jako Šibeniční III) repelentního pásu vysetou pšenicí ozimou o výměře 22,56ha a na druhé straně (pojmenované jako Šibeniční IV) vojtěšku, vysetou v pásu o šířce 27 m.



Obr. 3 b, c. Repelentní pás založený na pozemcích podniku Agrochema Studenec

4.4. METODIKA HODNOCENÍ ÚČINNOSTI VYBRANÝCH DRUHŮ REPELENTNÍCH ROSTLIN

4.4.1. METODIKA OVĚŘENÍ REPELENTNÍHO POTENCIÁLU VYBRANÝCH DRUHŮ POLNÍCH PLODIN NA ZÁKLADĚ VÍCELETÉHO MONITORINGU HRABOŠE POLNÍHO

Za účelem vyhodnocení potenciální repelence vybraných polních plodin na základě dlouhodobějšího monitoringu byla využita data o početnosti hraboše polního z Rostlinolékařského portálu, který spravuje Ústřední, kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ). Rostlinolékařský portál obsahuje údaje o početnosti hrabošů (počty aktivních nor) v různých druzích plodin a v případě jejich dostatečného množství je tak možné získat vhodný dataset pro vyhodnocení. Předpokladem bylo najít plodiny s dlouhodobě nízkou početností hrabošů, což splňují hlavně rostliny jednoleté. Monitoring jednotlivých plodin byl prováděn po celé České republice a u většiny druhů plodin (tj. trvalých a víceletých porostů, ozimé řepky, ozimé pšenice) bylo každoročně odebráno více než 100 vzorků z více než 100 polí. Ostatní

analyzované druhy plodin nebyly monitorovány prioritně, protože nejsou důležité pro predikci výskytu hrabošů. Po revizi dat se pro vyhodnocení ukázalo vhodných celkem 11 druhů plodin. Pravidelný monitoring za účelem predikce populační dynamiky hraboše probíhá pouze ve třech plodinách (jeteloviny, řepka, ozimá pšenice), ostatní plodiny byly monitorovány jen příležitostně a nepravidelně (tab. 1). Tyto tři plodiny byly proto vymezeny jako referenční (srovnávací) a byly s nimi srovnávány početnosti z ostatních monitorovaných rostlin.

Jeteloviny (vojtěška, jetel), reprezentují primární habitat, celoročně vhodný pro hraboše polního s nejvyššími populačními hustotami, odkud se hraboši šíří do okolních porostů. V ozimé řepce hraboši dobře přezimují a dobře se množí v jarním období. Je tedy rovněž riziková z hlediska šíření hrabošů do okolních plodin. Pšenice ozimá pak reprezentuje klíčovou hospodářskou plodinu, která by měla být repelentními pásy chráněna. Počet sledovaných let nebyl u všech plodin stejný, což souviselo s intenzitou monitoringu. Monitorovací úsilí státní správy bylo u jednoletých plodin podstatně nižší (s výjimkou pšenice a ječmene), než u rizikových dvouletých (řepka) a víceletých. Pro objektivní vyhodnocení byly vybrány plodiny sledované 3 a více let.

Tab. 1. Plodiny hodnocené z dat Rostlinolékařského portálu

plodina	roky sběru dat	typ plodiny dle období růstu
jetel a vojtěška*	2000–2018	víceletá
úhor	2000, 2004, 2006–2009,	víceletá
ozimá řepka*	2000–2018	ozim
ozimá pšenice*	2000–2018	ozim
kmín	2000–2006, 2008	dvouletá – víceletá
kukuřice	2000,2001,2003,2005,2007,2008	jednoletá
hořčice	2001, 2003, 2004, 2005, 2007	jednoletá
cibule	2000, 2006, 2007, 2008	jednoletá (až víceletá)
hrách setý	2000, 2002, 2006, 2012, 2016	jednoletá
mák	2000–2002, 2004, 2006, 2007, 2009	jednoletá
svazenka	2004, 2005, 2007, 2008	jednoletá

referenční plodina*

Význam plodin pro predikci výskytu hrabošů byl modelován pomocí Bayesovského zobecněného lineárního modelu (BRM) implementovaného v balíčku „brms“ ze statistického programu R. Ten je vhodný ke srovnání datových souborů o různé velikosti. Pro validaci získaných výsledků a správnosti jejich interpretace, byl připraven manuskript vědeckého článku, který byl přijat do impaktovaného časopisu Crop Protection (Suchomel et al. 2025).

4.4.2. METODIKA HODNOCENÍ PILOTNÍHO POLNÍHO EXPERIMENTU PRO PŘEDVÝBĚR REPELENTNÍCH ROSTLIN

V rámci jednoletého experimentu v r. 2023 bylo testováno celkem osm druhů rostlin, srovnávacími habitaty byly porosty pohanky obecné a trvalého travního porostu. Každá repelentní rostlina byla vyseta v pásu o délce 100 m a šířce 5 m, v těsném sousedství

srovnávacích ploch. V porostech jednotlivých druhů rostlin byly provedeny odpočty aktivních nor hrabošů a přepočteny na ha, podle standardní metodiky ÚKZÚZ. Celkem šlo o tři sběry dat v období od srpna do listopadu. Získaná data byla vyhodnocena pomocí smíšených modelů ve statistickém programu R.

4.4.3. METODIKA HODNOCENÍ ÚČINNOSTI REPELENTNÍHO PÁSU

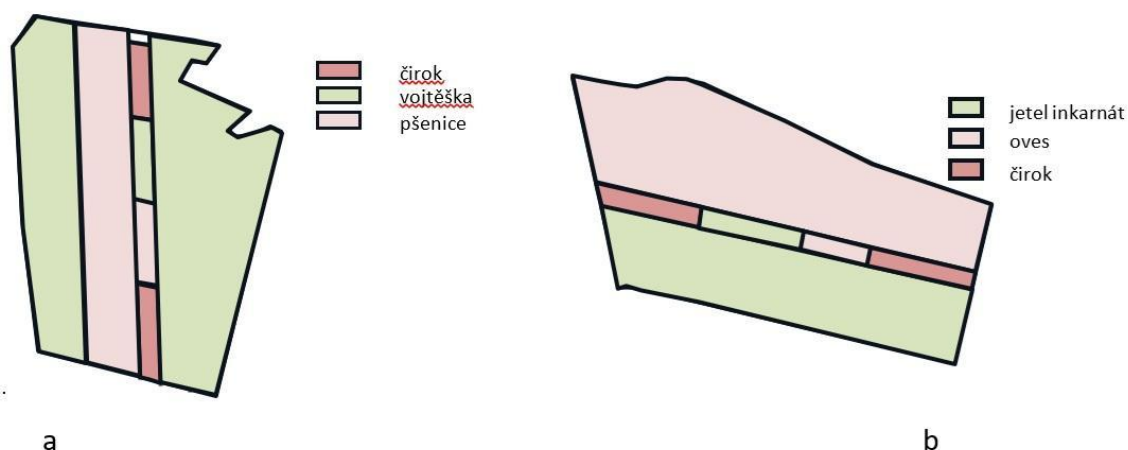
V experimentu jsme hodnotili repelentní účinky čiroku obecného (*Sorghum bicolor*) a kukuřice seté (*Zea mays*) v přerušovacích pásech. Obě testované plodiny patří mezi lipnicovité (Poaceae) a jsou v zemědělství pěstovány jako obilniny. Zatímco čirok je znám tím, že obsahuje kyanogenní glykosid dhurrin, kukuřice je netoxická. Obě plodiny ale svým rychlým růstem a vysokým obsahem vlákniny vytváří suboptimální prostředí pro hraboše polního, a proto jsou vhodné k vysazování do přerušovacích pásů v oblastech, kde hraboš polní způsobuje velké škody. Polní experimenty pro hodnocení repelentního účinku vybraných rostlin byly navrženy tak, aby prokázaly jejich potenciální schopnost bránit kolonizaci hraboše polního z jedné plodiny do druhé. Proto byly přerušovací pásy vždy umístěny mezi plodiny tak, aby vznikl resource–sink gradient z vysoce atraktivní plodiny (vojtěška, jetel) do plodiny ekonomicky významné, jako jsou obilniny. Zdrojem hraboše polního byl kolonizovaný porost píce. Plodiny v přerušovacím pásu byly vysety společně vždy s repelentní plodinou.

Po agrotechnické přípravě na podzim 2023 byly na jaře 2024 zřízeny 3 přerušovací pásy. Dva přerušovací pásy (VH1 a VH2) s čírkem byly vysazeny ve Velkých Hostěrádkách na Břeclavsku, 1 pás s kukuřicí (D1) byl vytvořen v Dalešicích na Třebíčsku (obr. 5).

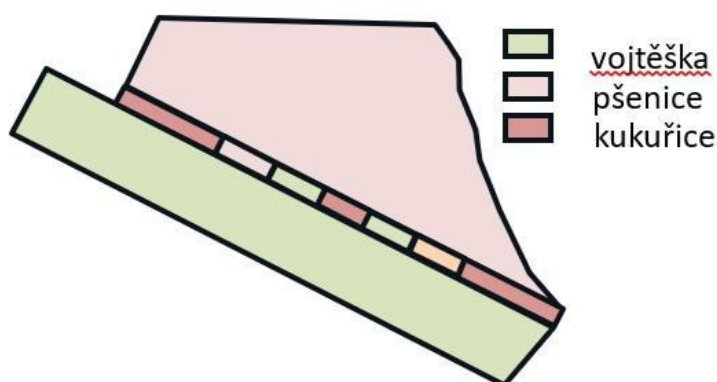
Přerušovací pás VH1 byl 850 m dlouhý a 22 m široký (obr. 4a). Vlastní přerušovací pás byl umístěn mezi pšenici a nově založenou vojtěškou. Vedle plochy s obilninami byla plocha se starší kolonizovanou vojtěškou, která měla sloužit jako donor hrabošů do pšenice a přerušovacího pásu. Vlastní pás byl ještě rozčleněn na 4 zhruba 200metrové úseky s repelentní plodinou, vojtěškou a pšenicí. Všechny tyto součásti byly samostatně monitorovány na populační hustotu hraboše polního pomocí indexu aktivních východů z nor na ha.

Druhý přerušovací pás VH2, který byl od prvního vzdálen zhruba 1,5 km vzdušnou čarou, byl dlouhý 650 m a široký 22 metrů. Zdrojovou plodinou byl jetel inkarnát. Třetí přerušovací pás D1 byl založen s kukuřicí (obr. 5). Byl dlouhý 750 m a široký 25 m. Zdrojovou plodinou byla z jedné strany již kolonizovaná vojtěška, z druhé propadové strany pásu byla vyseta pšenice.

Získaná data byla analyzována pomocí lineárních modelů předpokládající normální rozdělení chyby.



Obr. 4. Dva přerušovací pásy ve Velkých Hostěrádkách. První přerušovací pás VH1 (a) byl s vojtěškou, druhý VH2 (b) byl s jetelem inkarnátem.

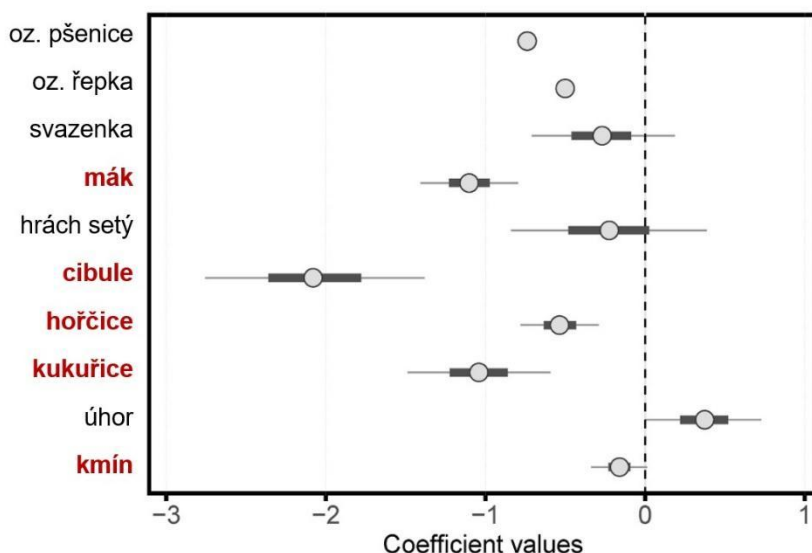


Obr. 5. Přerušovací pás v Dalešicích, v němž byla jako repelentní plodina zaseta kukuřice.

4.5. DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

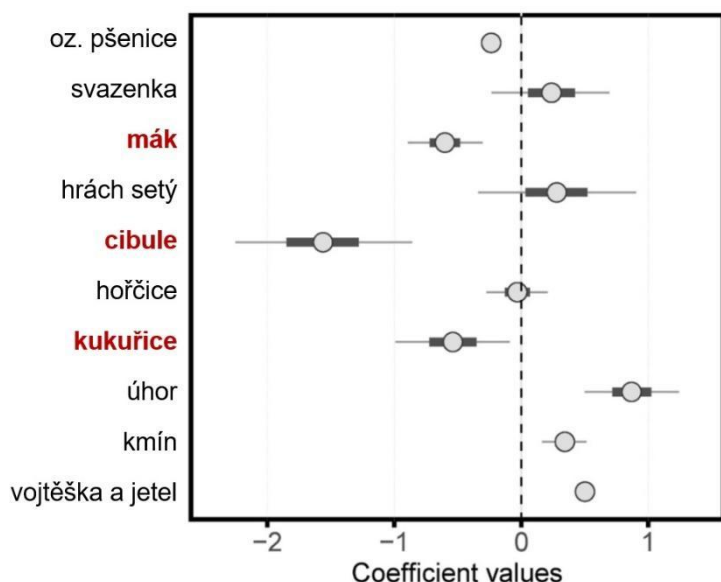
4.5.1. VÝSLEDKY OVĚŘENÍ REPELENTNÍHO POTENCIÁLU VYBRANÝCH DRUHŮ POLNÍCH PLODIN NA ZÁKLADĚ VÍCELETÉHO MONITORINGU HRABOŠE POLNÍHO

Z dat získaných z Rostlinolékařského portálu byla srovnávána dlouhodobá početnost hraboše polního mezi potenciálně repelentními plodinami (jednoleté plodiny) a kontrolními plodinami (pšenice, řepka, jeteloviny). Při srovnání s jetelovinami byl zjištěn nejnižší počet aktivních nor v cibuli (*Allium cepa*) (CI: I-95% = -2.886, u-95% = -1.241), následovala kukuřice (*Zea mays*) (CI: I-95% = -1.565, u-95% = -0.523), dále mák (*Papaver somniferum*) (CI: I-95% = -1.462, u-95% = -0.749) a hořčice (*Sinapis alba*) (CI: I-95% = -0.827, u-95% = -0.245). Rozdíly s ostatními plodinami byly neprůkazné (obr. 6). Průkazně nižší počty aktivních nor byly zjištěny i v ozimých plodinách (ozimá pšenice – CI: I-95% = -0.774, u-95% = -0.702 a ozimá řepka – CI: I-95% = -0.536, u-95% = -0.466).



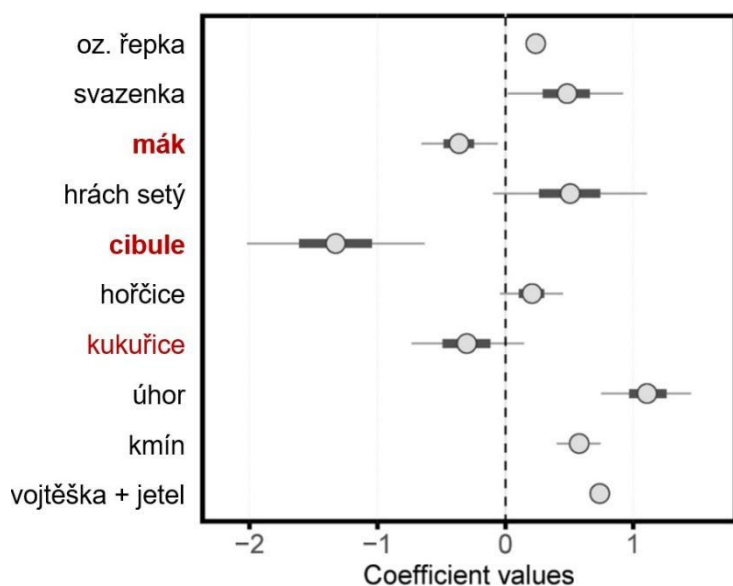
Obr. 6. Srovnání počtu aktivních nor vybraných plodin s jetelovinami (referenční plodina). Červeně označené jednoleté plodiny vykazují průkazně nižší početnosti oproti jeteli a vojtěšce.

Při srovnání s řepkou ozimou (obr. 7) byl zjištěn průkazně nižší počet hrabošů v cibuli (CI: I-95% = - 2.374, u-95% = - 0.785) a následoval mák (CI: I-95% = - 0.950, u- 95% = - 0.247), kukuřice (CI: I-95% = - 1.065, u-95% = - 0.002) a ozimá pšenice (CI: I-95% = - 0.263, u- 95% = - 0.213). Průkazně vyšší počty aktivních nor oproti řepce pak byly zjištěny v jetelovinách (CI: I-95% = 0.465, u-95% = 0.536), kmínu (CI: I-95% = 0.133, u-95% = 0.547) a ploch ležících ladem (CI: I-95% = 0.452, u-95% = 1.283). Rozdíly s ostatními plodinami byly neprůkazné.



Obr. 7. Srovnání počtu aktivních nor vybraných plodin s řepkou ozimou (referenční plodina). Červeně označené plodiny vykazují průkazně nižší početnosti hrabošů oproti řepce.

Při srovnání s pšenicí ozimou byl zjištěn průkazně nižší počet hrabošů pouze v cibuli (CI: I-95% = - 2.110, CI u-95% = - 0.563) a máku (CI: I- 95% = - 0.714, CI u-95% = - 0.022). Početnost v porostech hrachu a kukuřice byla neprůkazná. Ostatní testované plodiny měly průkazně vyšší početnost (obr. 8).



Obr. 8. Srovnání počtu aktivních nor vybraných plodin s pšenicí ozimou (referenční plodina). Červeně označené plodiny vykazují průkazně nižší početnosti oproti pšenici. Nižší početnost v kukuřici statisticky průkazná nebyla, ale vykazovala silný trend (důvodem byl omezený počet dat).

Interpretace výsledků

Uvedené výsledky prokazují, že vybrané jednoleté plodiny hostí dlouhodobě podstatně nižší počty hrabošů než víceleté primární habitaty (jeteloviny, ruderál), i než dvouleté plodiny (řepka, pšenice). Nejméně vhodným habitatem se ukázaly porosty **cibule**. Lze předpokládat souvislost s obsahem specifických sekundárních metabolitů, které hlodavce odpuzují a jsou pro ně prakticky nepoživatelné. Bylo to prokázáno v laboratorních experimentech např. u hryzce vodního (*Arvicola amphibius*). Stejně jej odpuzoval i česnek (*Allium sativum*), který tak může při pěstování na poli mít zřejmě obdobný účinek jak cibule. Tyto repelentní vlastnosti lze předpokládat i u většiny rostlin z čeledi *Amaryllidaceae* a zástupců r. *Allium*. Analýzy potravy potvrzují, že tyto druhy hraboš polní nekonzumuje. Nevhodné prostředí pro hraboše vytváří i technologie pěstování cibule, zejména intenzivní potlačování plevelů pomocí agrotechniky a chemické regulace. Obojí vede k nedostatku potravní nabídky v podobě plevelů a omezenému vegetačnímu krytu proti predátorům.

Z důvodu agrotechniky pěstování a nedostatku potravní nabídky v podobě plevelů, kolonizují hraboši velmi málo i **kukuřici**. Intenzivní kultivací dochází k potlačování plevelů a narušování svrchní vrstvy půdy. Růst plevelů je omezen i použitím herbicidů a v průběhu vegetační sezóny i zapojením porostu kukuřice. Obdobnou roli nevhodného biotopu mohou sehrát i další pěstované obilniny (*Poaceae*), např. čirok (*Sorghum* spp.). Čirok dvoubarevný (*Sorghus bicolor*) se charakterem porostu i obhospodařováním podobá kukuřici, na rozdíl od ní je ale i repelentní. Obsahuje sekundární metabolit dhurrin a může být pro herbivorní savce toxický. U čiroku a kukuřice požírá hraboš pouze obilky, nikoliv zelené části rostlin. K obilkám se hraboš dostane pouze tehdy, když rostliny leží na zemi, díky povětrnostním podmínkám, nebo zvěři (prasata). Nevhodný habitat pro hraboše v těchto plodinách lze udržet díky orebnímu systému a intenzivnímu potlačování plevelů, na které jsou náchylné zejména v počátcích růstu.

V případě pěstování těchto plodin v bezorebném systému, může jejich atraktivita pro hraboše vzrůstat, protože v bezorebných systémech hraboši lépe přežívají. Populace hraboše polního v porostech čiroku zatím studována nebyla, předběžné výsledky však naznačují nízkou početnost, podobně jako v kukuřici.

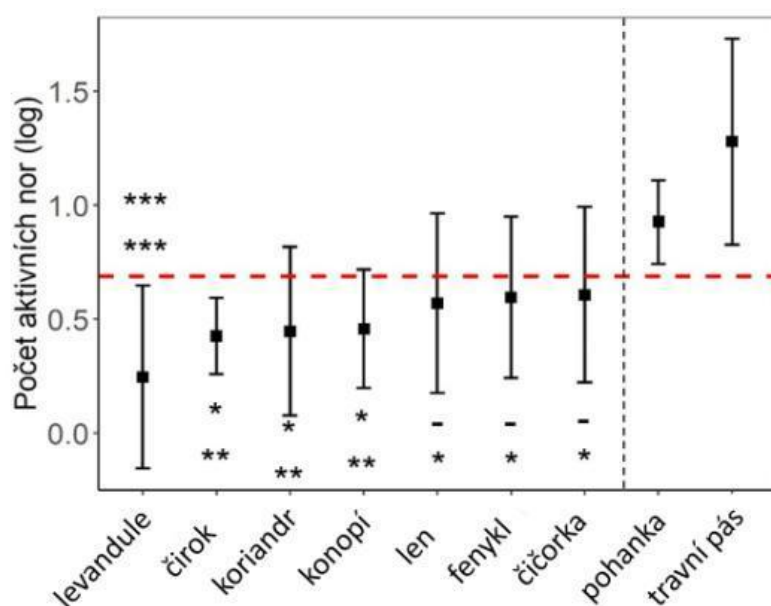
Mák ani **hořčice** nejsou preferovanou potravou hraboše polního, hraboši je často opomíjejí. Porosty máku mohou obsahovat sice řadu druhů plevelů, ale jejich počet je největší na okrajích polí a směrem do centra průkazně klesá, čímž se potenciální potravní nabídka pro hraboše významně omezuje. Potravní nabídka v podobě plevelů v porostech hořčice seté je pro hraboše také nedostatečná, protože hořčice dokáže plevele sama potlačovat, zejména v letním období.

Všechny tyto plodiny jsou sekundárními habitaty, které hraboši osidlují v podstatě jen v letech přemnožení, a i v těchto letech je tam početnost nízká. Lze tedy předpokládat, že mohou omezovat šíření hrabošů do dalších plodin, pokud bude jejich plocha dostatečně rozsáhlá. Aby byly jako bariéra dostatečně účinné, měly by se pěstovat v dostatečně širokých pásích. Minimální hypotetická šířka testovaná i v našem polním experimentu (viz. kap. 2.1.3) je 22 m. To zhruba odpovídá maximální migralitě rezidentních jedinců hraboše polního, rozmnožující se samice však mohou migrovat podstatně dále. Čím je však vegetace řidší, tím je kratší vzdálenost jejich pohybu od nory (cca 0,5 m) a migrace na dlouhé vzdálenosti (desítky m) probíhají jen v husté a zapojené vegetaci. Širokořádkové plodiny s nízkou hustotou rostlin a intenzivní kultivací tak budou hraboši překonávat obtížně a jen na malé vzdálenosti (řádkově v metrech). Vliv může mít i tzv. okrajový efekt. Plodiny kolonizované hrabošem z pásů trvalé vegetace a porostů víceletých píceň, jsou nejhustěji osidlované při okrajích. Směrem do centra pole pak hustota osídlení klesá. Je to dáno právě nevhodností výše zmíněných plodin. Lze tedy očekávat vyšší účinnost pásů vybraných repelentních plodin s jejich vzrůstající šířkou.

4.5.2. VÝSLEDKY PILOTNÍHO POLNÍHO EXPERIMENTU PRO PŘEDVÝBĚR REPELENTNÍCH ROSTLIN

I přes omezený rozsah experimentu z hlediska časového a prostorového, z důvodu zkráceného prvního roku řešení projektu, byly překvapivě zjištěny statisticky průkazné rozdíly v početnosti aktivních nor mezi repelentními rostlinami a kontrolními habitaty (obr. 9). V porostech repelentních rostlin byla početnost průkazně nižší než v travním porostu i v pohance. Nejnížší počty nor pak byly zjištěny u levandule, kde byl rozdíl oproti oběma kontrolním porostům největší ($p < 0,001$). Vysoce průkazný rozdíl byl pak zjištěn u čiroku, koriandru a konopí při srovnání s travním porostem ($p < 0,01$) a průkazný ve srovnání s pohankou ($p < 0,05$). Průkazně nižší výskyt hrabošů měly i porosty lnu, fenyklu a čičorky, ovšem pouze při srovnání s travním porostem. Rozdíl mezi počtem nor u těchto plodin a u pohanky byl pak neprůkazný.

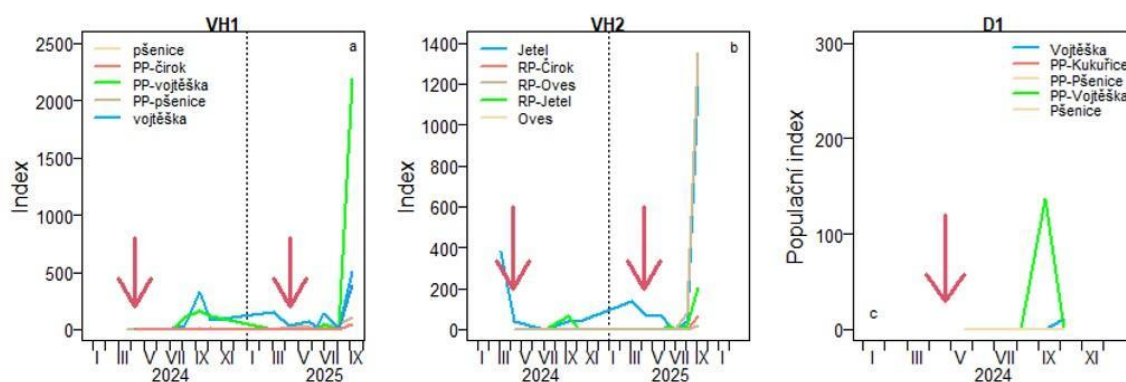
Výsledky ze založeného experimentu potvrdily průkazně nižší výskyt hraboše polního ve sledovaných repelentních rostlinách oproti ostatním plodinám a porostům. A to i přesto, že založené plochy byly poměrně malého rozsahu a početnost hraboše polního byla ve sledované oblasti v průběhu roku 2023 vysoká. Na základě těchto výsledků bylo proto možné vybrat některé z hodnocených druhů rostlin a pokračovat v jejich testování v dvouletém experimentu s repelentními pásy jako potenciálními bariérami proti šíření hrabošů do okolních plodin.



Obr. 9. Poměr počtu aktivních nor (na ha) v experimentu ve Velkých Hostěrádkách u sledovaných rostlin. Chybové úsečky představují rozpětí 95 % konfidenčního intervalu. Počet aktivních nor byl průkazně vyšší (nad červenou čarou včetně konfidenčního intervalu) u kontrolních ploch (pohanka, travní pás), než v repelentních rostlinách. Rozdíly průkaznosti: *průkazný, **vysoce průkazný, ***velmi vysoce průkazný, - neprůkazný. Horní řádek symbolů (hvězdičky) – průkaznost rozdílů vůči pohance, spodní řádek symbolů – průkaznost rozdílů vůči travnímu pásu.

4.5.3. VÝSLEDKY HODNOCENÍ DVOULETÉHO POLNÍHO EXPERIMENTU S REPELENTNÍMI PÁSY

Založené repelentní pásy byly monitorovány v měsíčních intervalech až do sklizení repelentní plodiny na podzim 2024. Vzhledem k nízkým populačním hustotám jsme sledování přerušovacích pásů zopakovali ještě v roce 2025, a to na dvou lokalitách ve Velkých Hostěrádkách. Výsledky ukázaly, že v přerušovacích pásech byly kolonizovány pouze úseky s pínčinami, což jen potvrdilo očekávání, že vojtěška nebo jetele patří k nejatraktivnějším plodinám pro hraboše polního. V repelentních plodinách nebyla přítomnost hraboše polního zjištěna (obr. 10).



Obr. 10. Populační hustoty ve zdrojových (pícnina) a propadových plodinách (obilnina) a v přerušovacích pásech (PP) v průběhu experimentu v roce 2024 a 2025 ve Velkých Hostěrádkách na lokalitách VH1 (a) a VH2 (b) a Dalešicích D1 (c). Červená šipka naznačuje dobu založení přerušovacího pásu. Populační index je počet aktivních východů z nor na 1 ha.

Získaná data jsme analyzovali pomocí lineárních modelů předpokládající normální rozdělení chyby. Proto jsme populační hustoty nejdříve log-transformovali, abychom stabilizovali varianci. Nulové hodnoty jsme nahradili hodnotou 5. Jako prediktory jsme použili 3 kategorické proměnné: rok (2024, 2025), lokalita (3 úrovně: VH1, VH2 a D1) a plodina s 5 úrovněmi (obilnina, pícnina, pp-pícnina, pp-obilnina a pp-repelent). Mnohonásobná porovnávání průměrů bylo adjustováno pomocí Tukeyovy metody. Nejlepší lineární model obsahoval proměnnou rok a plodina (Tabulka 2):

Tab. 2. Nejlepší statistický model pro naměřené populační hustoty hraboše polního na 3 lokalitách.

Prediktor	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Rok	1	22.568	22.5675	20.26	<0.001
Plodina	4	42.909	10.7273	9.63	<0.001
Residuals	159	177.102	1.1139	1.54	2.08

Zatímco v pícninách jsme pozorovali nejvyšší početnosti hraboše polního, v repelentních plodinách byly nejnižší (tabulka 3):

Tab. 3. Průměrné hodnoty (SE) a jejich meze spolehlivosti (dolní a horní mez) v jednotlivých plodinách. Uvedené hodnoty jsou v logaritmech. Plodiny v přerušovacích pásech (PP) jsou označeny zkratkou PP.

Plodina	Průměr	SE	df	DM	HM
Pícnina	3.17	0.175	159	2.82	3.51
Obilnina	2.01	0.175	159	1.67	2.36
PP-obilnina	2.08	0.226	159	1.63	2.52
PP-pícnina	2.35	0.335	159	1.69	3.01
PP-repelent	1.86	0.137	159	1.58	2.13

Pícniny vykazovaly signifikantně vyšší populační hustoty hraboše polního ve srovnání s obilninami ($t = 4.7$, $p = 0.0001$), obilninami uvnitř přerušovacího pásu ($t = 3.79$, $p = 0.0019$) a také repelentní plodinou ($t = 5.91$, $p < 0.0001$). Ostatní rozdíly nebyly průkazné. V každém případě byly pozorované populační hustoty v repelentních plodinách (čirok, kukuřice) nejnižší, což naznačuje, že jejich použití v přerušovacích pásech může výrazně brzdit kolonizaci hraboše polního do sousední plodiny.

Tyto výsledky byly významně ovlivněny celkově velmi nízkými populačními hustotami hraboše polního na všech třech lokalitách. Při vyšších početnostech by rozdíly v průměrných hustotách byly mezi plodinami a repelentní plodinou s velkou pravděpodobností mnohem výraznější. V roce 2023 se Česká republika nacházela ve fázi vysokých populačních hustot, které v roce 2024 a ještě i v první polovině roku 2025 přešly do fáze nízké početnosti. I přes tento nedostatek lze ale repelentní účinky testovaných plodin považovat za doložené a doporučit je k praktickému využití.

5 DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Na základě výsledků ověřené technologie lze doporučit zemědělské praxi repelentní rostliny proti hrabošům jako jeden z možných postupů, který je vhodný k omezování šíření tohoto škůdce ze zdrojových míst jeho výskytu do zemědělských plodin. Porosty repelentních rostlin lze zakládat jako repelentní pásy mezi refugiem výskytu hrabošů a plodinou, kterou chceme ochránit. Lze je tedy využít jako bariéry proti jejich šíření z trvalých travních porostů, mezí, okrajů lesů, víceletých píceň (jetelotrav, jetelů a vojtěšek), ruderalních stanovišť i přerušovacích pásů, zakládaných na velkých půdních blocích v rámci strategie DZES 7b (dobrý zemědělský a environmentální stav). Při zakládání repelentního pásu je třeba dbát na jeho včasné založení a je vhodné se rovněž zaměřit na udržení nízké kvality habitatu daného porostu, zejména v období po založení repelentního pásu, než dojde k zapojení porostu repelentní rostliny.

K tomu aby se repelentní pás založil včas je nutné sledovat vývoj populace hrabošů a vycházet z predikce jeho populační dynamiky. K tomu je vhodné sledovat aktualizovaný výskyt hraboše polního na rostlinolékařském portálu a provádět i pravidelný monitoring početnosti aktivních nor na vlastních pozemcích v trvalých a víceletých porostech (např. vojtěška), podle metodiky ÚKZÚZ. Podle druhu použité repelentní rostliny lze repelentní pásy zakládat od časného do pozdního jara. Pokud podle údajů monitoringu dochází k výraznému nárůstu početnosti hrabošů v podzimním období (jsou překročeny hodnoty prahů škodlivosti 400 AN/ha), je vhodné následující jaro porosty repelentních rostlin založit. Repelentní rostliny, které se zakládají později, např. čirok, lze založit i místo poškozených porostů, kde hraboš napáchal škody v průběhu zimy a časného jara a tím významně zasáhnout do populační dynamiky hraboše na dané lokalitě.

Nízkou atraktivitu porostů pro hraboše lze podpořit v počáteční fázi růstu repelentní rostliny omezováním plevelů klasickými pěstitelskými postupy (agrotechnickými zásahy nebo použitím herbicidů), čímž se minimalizuje potravní nabídka. Je to doporučeno převážně u širokořádkových plodin, které jsou po založení porostu na zaplevelení nejvíce náchylné (např. cibule, kukuřice, čirok). Tato opatření rovněž omezují vegetační kryt až do zapojení porostu, díky čemuž jsou hraboši lépe dosažitelní pro různé predátory, převážně dravé ptáky. Predační tlak lze v tomto období podpořit i opatřeními pro výskyt predátorů (např. berličky pro dravé ptáky).

Účinnost repelentních pásů může být také ovlivněna jejich založením v orebném či bezorebném systému. Rizikovější může být pěstování repelentních plodin v bezorebném

systému, protože hraboši v něm lépe přežívají zimní období, proto je vhodnější využít orebný systém, pokud to pěstování dané plodiny dovoluje.

Pásky repelentních rostlin lze využít i k ochraně porostů obilnin proti šíření hrabošů z porostů řepky. V období nárůstu populace hrabošů může být řepka pro hraboše významným stanovištěm, protože v ní dobře přezimují a na jaře významně podporuje jejich rozmnožování. V červnu po dozrání se však pro ně řepka stává neatraktivní plodinou, a tak ji hraboši masivně opouštějí. Pokud je v tomto období porost řepky založen vedle porostu s obilím, jsou obilniny populacemi hrabošů z řepky rychle osídleny a může dojít k značným škodám. Proto repelentní pás mezi řepkou a obilím může významně omezit šíření hrabošů a omezit škody.

Doporučená šířka repelentního pásu je více jak 20 m. To odpovídá maximální migralitě rezidentních jedinců hraboše polního. Hned po založení porostu, kdy je vegetace řidší, je vzdálenost pohybu hrabošů od nory minimální (cca 0,5 m) a migrace na dlouhé vzdálenosti (desítky m) probíhají pak jen v době zapojení vegetace porostu. Pokud je plocha repelentní plodiny větší, lze samozřejmě očekávat vyšší účinek.

Vliv má i tzv. okrajový efekt při osidlování méně vhodných stanovišť. Plodiny kolonizované hrabošem z pásů trvalé vegetace a porostů víceletých píceň, jsou nejhustěji osidlovány při okrajích. Směrem do centra pole pak hustota osídlení klesá. Lze tedy očekávat významně vyšší účinnost pásů vybraných repelentních plodin s jejich vrůstající šířkou.

6 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Ekonomický přínos pěstování repelentních rostlin lze jen obtížně přímo vyjádřit, vzhledem k tomu, že mají řadu pozitivních efektů při udržitelném hospodaření na orné půdě. Vedle potlačování populací hrabošů a omezení jejich šíření do dalších plodin, mohou být i zdrojem organické hmoty v půdě, lze je využívat jako meziplodiny a přináší i ekonomický benefit v podobě sklizené biomasy (krmivo pro hospodářská zvířata, potravina pro člověka). Osivo jednotlivých repelentních plodin je široce a snadno dostupné, protože se jedná většinou o běžně pěstované plodiny. Jednotlivé druhy lze pak využít v různém časoprostorovém spektru v závislosti na klimatických podmínkách a osevních postupech, proto jejich porosty lze zakládat od nížin až do podhorských oblastí a od časného až do pozdního jara (např. širok), čímž lze pružně reagovat na nárůst populační dynamiky hrabošů. Lze jimi nahradit poškozené porosty v průběhu zimy a časného jara a díky jejich roli při zpomalení šíření hrabošů do dalších plodin a ekonomickému zhodnocení, tak přispějí k celkovému snížení nákladů na eliminaci škod. Náklady na osivo vybraných plodin s repelentním účinkem jsou tak dobře vynaloženými vstupy při pěstování zemědělských plodin na orné půdě.

7 EKOLOGICKÝ PŘÍNOS

Spolu s ochranou cílových plodin proti hrabošům, má využití repelentních rostlin i nepochybný ekologický přínos. Díky své přirozené podstatě stojící na biologických základech, se jedná o

nechemickou alternativu ochrany proti škodám na porostech, která přispívá k sníženému využívání rodenticidů a tím i chemických vstupů do životního prostředí a potravních řetězců.

8 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ A UPLATNĚNÍ OVĚŘENÉ TECHNOLOGIE

V rámci ověřené technologie byly získány výsledky o využití vybraných druhů rostlin (tzv. repelentních) k omezení výskytu a šíření hrabošů z primárních habitatů (víceletých porostů a refugií) do hospodářských plodin. Porosty repelentních rostlin se zakládají v pásích více jak 20 m širokých a vytváří bariéru proti šíření hrabošů z jiných stanovišť. Tento postup je zcela inovativní a nebyl ještě nikdy aplikován, a to jak v podmínkách ČR, tak v zahraničí.

Ověřenou technologii lze uplatnit následujícím způsobem:

- v zemědělských podnicích v ekologickém a konvenčním systému hospodaření, které mají zájem efektivně chránit hospodářské plodiny proti šíření hraboše polního z víceletých a trvalých porostů, s minimálním použitím rodenticidů
- u poradenských subjektů při zavádění principů ekologického zemědělství při hospodaření na orné půdě
- u zemědělských podniků řešících ochranu proti hrabošům při zakládání pásů trvalé vegetace dělicích půdní bloky v rámci strategie DZES 7b
- u zemědělských podniků hledajících alternativy cílových hospodářských plodin, či mezipločin v osevním postupu, které lze založit v případě hrozby přemnožení hrabošů na základě predikce populační dynamiky, nebo místo porostů hrabošem poškozených
- u osivářských firem, které mohou nabízet osivo repelentních rostlin a vhodných odrůd proti hrabošům

9 ZÁVĚR

Předkládaná ověřená technologie nabízí nový postup ochrany zemědělských plodin proti hraboši polnímu na bázi využití porostů repelentních rostlin. Jedná se převážně o jednoleté plodiny, které hostí průkazně nižší počty hrabošů než víceleté plodiny a trvalé porosty. Repelentní rostliny jsou pro hraboše potravně neatraktivní (sekundární metabolity, či nízká kvalita rostlinné biomasy) a jejich porosty neposkytují ani vhodnou potravní nabídku v podobě plevelů. U širokořádkových plodin s intenzivní kultivací a potlačováním plevelů, pak způsob jejich pěstování nejen významně omezuje potravní nabídku pro hraboše (plevele), ale i vegetační kryt proti predátorům až do zapojení porostu. V kombinaci s jejich ekonomickými, popř. dalšími benefity pro farmáře, je lze pěstovat na dostatečně velkých plochách, aby mohly představovat dostatečnou bariéru proti šíření hraboše polního do hlavních hospodářských plodin (obilniny, řepka, cukrovka atd.). Obecně lze konstatovat, že teoreticky mohou takto fungovat všechny plodiny s výše uvedenými specifikacemi a lze je využít v osevních postupech v konvenčním i ekologickém zemědělství, v sadařství, zelinářství a dalších odvětvích rostlinné produkce.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- Aulický R., Tkadlec E., Suchomel J., Fraňková M., Heroldová M., Stejskal V. 2022. Historical and current perspectives of monitoring and management of the common vole in Czech lands. *Agronomy* 12(7): 1629.
- Bozinovic F. 1997. Diet selection in rodents: an experiment test of the effect of dietary fiber and tannins on feeding behavior. *Rev Chil Hist Nat* 70: 67–71.
- Curtis P.D., Curtis G.B., Miller W.B. 2009. Relative Resistance of Ornamental Flowering Bulbs to Feeding Damage by Voles. *HortTechnology*, 19(3): 499–503.
- Curtis P.D., Rowland E.D., Good G.L. 2002. Developing a plant-based vole repellent: screening of ten candidate species. *Crop Prot* 21: 299–306.
- Curtis P.D., Rowland E.D., Harribal M.M., Curtis G.B., Renwick J.A., Martin-Rehrmann M.D., Good G.L. 2003. Plant compounds in *Pachysandra terminalis* that act as feeding deterrents to prairie meadow voles. *HortScience* 38: 390–394.
- Dearing M.D., Foley W.J., McLean S. 2005. The influence of plant secondary metabolites on the nutritional ecology of herbivorous terrestrial vertebrates. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 36: 169–189.
- Fischer D., Imholt C., Prokop A., Jacob J. 2013. Efficacy of methyl nonyl ketone as an in-soil repellent for common voles (*Microtus arvalis*). *Pest Manag Sci* 69: 431–436
- Fischer D., Jacob J., Prokop A., Wink M., Mattes H. 2010. Sustainable measures against water voles: the repelling effect of secondary plant compounds against *Arvicola amphibius*. *Jul Kühn-Archiv* 77–78.
- Fischer D., Pelz H-J., Prokop A. 2009. The effect of secondary plant compounds for repelling water voles, *Arvicola amphibius* (previously *Arvicola terrestris*). *Jul Kühn-Archiv* 419: 67–69.
- Fischer D., Prokop A., Mattes M., Wink H., Jacob J. 2011. The repelling effect of secondary plant compounds against voles. *Jul Kühn-Archiv* 432: 58–59.
- Hansen S.C., Stolter C., Jacob J. 2016a. Effect of plant secondary metabolites on feeding behavior of microtine and arvicoline rodent species. *J Pest Sci* 84(4): 955–963.
- Hansen S.C., Stolter C., Imholt C., Jacob J. 2016b. Plant Secondary Metabolites as Rodent Repellents: a Systematic Review. *J. Chem Ecol.* DOI 10.1007/s10886-016-0760-5.
- Holišová V. 1959. Potrava hraboše polního. In: Kratochvíl, J. (Ed.), *Hraboš polní (Microtus arvalis)*. NČAV, Praha, pp. 100–129.
- Jacob J. 2003. Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agric. Ecosyst. Environ.* 95(1): 321–325.
- Jacob J., Imholt C., Caminero-Saldaña C., Couval G., Giraudoux P., Herrero-Cófreces S., Horváth G., Luque-Larena J.J., Tkadlec E., Wymenga E. 2020. Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* 93: 703–709.

- Jacob J., Manson P., Barfknecht R., Fredricks T. 2014. Common vole (*Microtus arvalis*) ecology and management: implications for risk assessment of plant protection products. *Pest Manage. Sci.* 70: 869–878.
- Jacob J., Tkadlec E. 2010. Rodent outbreaks in Europe: dynamics and damage. In: Singleton GR, Belmain SR, Brown PR, Hardy B, eds. *Rodent outbreaks: ecology and impacts*. Los Banos (Philippines): IRRI. p. 207–223.
- Labuschagne L., Swanepoel L.H., Taylor P.J., Belmain S.R., Keith M., 2016. Are avian predators effective biological control agents for rodent pest management in agricultural systems? *Biol. Control* 101: 94–102.
- Nosek J. 1956. Příspěvek k potravě hraboše polního (*Microtus arvalis* Pall.) se zřetelem ke škodám v zahradnictví. *Biológia* 11(6). Bratislava.
- Rosenthal G.A., Berenbaum M.R. 1991. *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites: volume I: the chemical participants*. Academic Press, London.
- Singleton G.R., Brown P.R., Jacob J., Aplin K.P. 2007. Unwanted and unintended effects of culling: a case for ecologically-based rodent management. *Integr. Zool.* 2: 247–259.
- Suchomel J. 2024. Lze tlumit výskyt hrabošů pomocí repelentních rostlin? *Úroda* 72(9): 29–32.
- Suchomel J., Heroldová M. 2019. Extrémní přemnožení hraboše polního a škody v roce 2019. *Úroda* 9: 33–36.
- Suchomel J., Šipoš J., Heroldová M. 2025. Can repellent crops reduce the abundance of the common vole (*Microtus arvalis*) as a way to reduce crop damage? *Crop protection* 187: 106996.
- Tobin M.E., Fall M.W. 2004. Pest control: rodents. *USDA Natl Wildl Res Cent Staff Publ.* 67: 1–21.
- Weibel F., Tamm L., Wyss E., Daniel C., Häseli A., Suter F. 2007. Organic fruit production in Europe: Successes in production and marketing in the last decade, perspectives and challenges for the future development. *Acta Hort.* 737: 163–172.
- Williams S.T., Maree N., Taylor P., Belmain S.R., Keith M., Swanepoel L.H. 2018. Predation by small mammalian carnivores in rural agro-ecosystems: an undervalued ecosystem service? *Ecosyst. Serv.* 30: 362–371.
- Wiman M.R., Kirby E.M., Granatstein D.M., Sullivan T.P. 2009. Cover Crops Influence Meadow Vole Presence in Organic Orchards. *HortTechnology*, 19(3): 558–562.

11 FOTODOKUMENTACE

Foto 1–2: Pilotní polní experiment pro předvýběr druhů repelentních rostlin, (zleva) s vysetou pohankou, čirokem, lnem a konopím, Velké Hostěrádky (Suchomel 2023)



Foto 3: Porost čiroku v pilotním experimentu před mulčováním (Vrána 2023)



Foto 4: Zakládání repelentního pásu, Velké Hostěradky (Brezáni 2024)



Foto 5: Zakládání repelentního pásu v Dalešicích, Agrochema, družstvo (Suchomel 2024)



Foto 6–7: Repelentní pás s čírokem, Velké Hostěrádky (Vrána 2024)





Foto 8: Zakládání repelentního pásu s čírokom na lokalitě Zákostelská, Velké Hostěrádky (Vrána 2024)



Foto 9: Monitoring hraboše polního v jeteli inkarnátu podél repelentního pásu s čírokem, Velké Hostěrádky (Brezáni 2024)

