

# Metodika pro hodnocení časoprostorových asociací mezi disperzí škůdců a jejich antagonistů v porostech řepky

Certifikovaná metodika

Ing. Marek Seidenglanz, Ph.D.<sup>1</sup>

doc. Ing., Mgr. Eva Hrudová, Ph.D.<sup>2</sup>

Ing. Pavel Kolařík<sup>3</sup>

Ing. Jaroslav Kořínek<sup>4</sup>

Mgr. Lukáš Blažek<sup>1</sup>

Ing. Jaroslav Šafář, Ph.D.<sup>1</sup>

Mgr. Petra Hanáková Bečvářová, Ph.D.<sup>1</sup>

Lenka Čihánková<sup>1</sup>

Ing. Eva Plachká, Ph.D.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk, <sup>2</sup>Mendelova univerzita v Brně, <sup>3</sup>Zemědělský výzkum spol. s r.o., Troubsko, <sup>4</sup>Oseva vývoj a výzkum s.r.o., výzkumný ústav olejin v Opavě

**Dedikace:**

Předkládaná metodika je výsledkem řešení projektu MZe QK21010332 „Mechanismus rezistence řepkových škůdců proti insekticidům, jejich výchozí citlivost k novým insekticidům a dopad insekticidních aplikací na vývoj larev škůdců a jejich přirozených nepřátel“.

**Oponentní posudky vypracovali:**

Ing. Pavla Šenkeříková, ÚKZÚZ, Sekce rostlinné výroby, Oddělení ekologického zemědělství, Hroznová 63/2, Pisárky, 603 00 Brno

Mgr. Alena Samková, Ph.D., ČZU, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Katedra ochrany rostlin, Kamýcká 129, 165 00 Praha Suchbát

Publikaci bylo uděleno Osvědčení č. UKZUZ 213895/2024 o uznání uplatněné certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“.

**Vydal:**

© Agritec Plant Research s.r.o., Šumperk v roce 2024

ISBN 978-80-87360-77-4

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>6</b>
1.1	Úvod do situace .....	6
1.2	Rizika pro pěstební technologie řepky olejky .....	6
1.3	Proč má smysl hodnotit disperzi organismů v prostoru a pár základních definic ..	7
1.4	Vývoj přístupů k měření disperzních charakteristik u organismů v zemědělských porostech	9
<b>2</b>	<b>Cíle metodiky .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Vlastní popis metodiky .....</b>	<b>10</b>
3.1	Principy SADIE, vymezení hodnoceného území, sestavení hodnotící mřížky ....	10
3.2	Hodnocení disperze u různých organismů (a znaků) v porostech řepky .....	15
3.2.1	Počet hodnotících míst .....	15
3.2.2	Velikost monitorované plochy a vzdálenost mezi hodnotícími místy .....	15
3.2.3	Způsob sběru dat z porostu .....	16
3.2.4	Počet odpočtů z jednoho hodnotícího místa .....	16
3.2.5	Různý počet hodnotících míst pro odlišné znaky v jednom porostu .....	17
3.2.6	Praktické ukázky hodnocení disperze vybraných organismů a znaků v porostu řepky	17
3.3	Prostorové a časové asociace mezi disperzními vzorci .....	20
3.4	Hodnocení časoprostorových asociací mezi škůdci a jejich antagonisty v porostech řepky	21
3.5	Možnosti využití SADIE v ochraně rostlin, využití a interpretace získaných dat	25
<b>4</b>	<b>Srovnání „novosti postupů“ .....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Popis uplatnění metodiky .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Ekonomické aspekty .....</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Seznam použité související literatury .....</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Seznam publikací, které předcházely metodice .....</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Jména oponentů a názvy jejich organizací .....</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>Dedikace .....</b>	<b>33</b>
<b>11</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>34</b>

## Anotace

Metodika pro hodnocení časo-prostorových asociací mezi disperzí škůdců a jejich antagonistů v porostech řepky

Cílem autorského kolektivu je představit odborné veřejnosti (to je vědeckým a výzkumným pracovníkům v oborech ochrana rostlin, zemědělská entomologie, ekologie; univerzitním studentům výše zmíněných oborů a pracovníkům státní správy zaměřujícím se na oblast ochrany rostlin a správného nakládání s přípravky na ochranu rostlin) metodu, která, bude-li využívána, vnese větší vhlad do časo-prostorových asociací mezi disperzí škůdců a jejich přirozených nepřátel v agroekosystémech, což je podmínkou pro zlepšení systémů integrované ochrany rostlin a pro možnost účelně do těchto systémů benefiční organismy začlenit. Výsledky touto metodou získané umožňují zpřesnit načasování i prostorové zacílení insekticidních aplikací s pozitivním dopadem na jejich účinnost na cílové škůdce na jedné straně a snížit jejich negativní dopad na důležité antagonisty škůdců na straně druhé. Dostupnost metody, která umožňuje kvantifikovat časo-prostorové vazby mezi škůdci řepky a jejich antagonisty v běžných komerčních porostech, které se v mnoha charakteristikách (jako třeba: velikost pole, způsob ochrany, zpracování půdy či výživy rostlin, přítomnost okolních biotopů atd.) zcela přirozeně odlišují, mimo jiné také přináší určitý nástroj pro hodnocení dopadů uplatňovaných agronomických a environmentálních opatření na tyto časo-prostorové vazby a tedy i na možnost účelně důležité a přirozeně se vyskytující antagonisty do integrované ochrany začlenit. Metoda umožňující hodnotit tyto časo-prostorové vazby v polních podmínkách se autorskému kolektivu jeví jako značně potřebná.

**Klíčová slova:** SADIE, Quick Association Analysis, disperzní vzorec, agregace, indexy klasterizace, řepka olejka, hmyzí škůdci, přirození nepřátelé, predátoři, parazitoidi.

## Annotation

Methodology for evaluating spatio-temporal associations among distributions of insect pests and their antagonists.

The objective of the authors is to provide scientists, students and experts from the agricultural state authorities targeting issues as crop protection, agricultural entomology, ecology and correct usage of pesticides in crops with a method that enables studying the spatio-temporal associations among distribution patterns of insect pests and their antagonists in agro-ecosystems, what is an important precondition for improving integrated pest management strategies and for effective implementation of the beneficial organisms into the strategies. It may allow temporal and spatial targeting of insecticides, thereby enhancing their efficiency while conserving beneficial insects with an important role as natural agents of pest control. A method that enables quantification of the spatio-temporal associations among the oilseed rape pests and their antagonists in various commercial crops that can differ in many traits such as field size, pest/crop/soil management, and landscape characteristics also brings the possibility to think seriously about the impacts of commonly used agronomical and environmental acts on the associations and on real possibility to include effectively the antagonists into Integrated Pest Management. Reliable method of making

the measurements of the associations possible under common field conditions seems to be (to authors) highly needed.

**Keywords:** SADIE, Quick Association Analysis, distribution pattern, aggregation, clustering indices, oilseed rape, insect pests, natural enemies, predators, parasitoids.

# 1 Úvod

## 1.1 Úvod do situace

Rychle a nepředvídatelně se projevující dopady měnícího se klimatu (a v důsledku toho zvýšení tlaku na původní charakter životního prostředí) staví pěstitele před značně odlišnou realitu (Robertson & Swinton 2005, Hoarau et al. 2022). To se mimo jiné projevuje nutností vypořádávat se s proměněným spektrem škodlivých organismů, se změnami v jejich významu (dříve nedůležité se stává důležitým) a chování (stejně druhy se chovají jinak než dřív) (Junk et al. 2012, Eickermann et al. 2014, Willis et al. 2020). To vyžaduje změnu přístupů k ochraně porostů a mnohdy celé pěstební technologie. Navíc k tomu dochází v době, kdy s přibývajícím důkazy o negativním vlivu dlouhodobého používání pesticidů na nejrůznější složky zemědělských i nezemědělských ekosystémů (Köhler & Trieborskorn 2013, Skellern & Cook 2018) vyvolávají postupně se rozšiřující zákonné restrikce. Restrikce na používání pesticidů ale i zákazy jejich účinných látek postupně vedou ke stahování přípravků na ochranu rostlin z trhu. Komplikují (a zdražují) se také procesy vedoucí k vývoji a registraci nových účinných látek (Skevas et al. 2013, Gillbard 2019). Vývoj nových POR tak probíhá o dost pomaleji ve srovnání s tempem zakazování existujících látek (Clarke et al. 2009, Kocourek et al. 2018). Snižuje se tak množství dostupných účinných látek na trhu s pesticidy, a především dramaticky klesá množství dostupných látek vykazujících odlišný mechanismus účinku (Heimbach & Müller 2013, Kaiser et al. 2018, Seidenglanz et al. 2021).

## 1.2 Rizika pro pěstební technologie řepky olejky

Z výše popsaného vyplývá, že pro současné intenzivní pěstební technologie řepky olejky, které jsou v podstatě závislé na použití vždy dostupného a účinného insekticidu a fungicidu k regulaci škůdců a patogenů, nastává velmi nebezpečná a riziková situace. A to nejen z toho důvodu, že dostupných pesticidů ubývá, ale také proto, že ty zbylé nelze účelně střídát a zabránit postupnému selektování rezistentních populací škodlivých organismů. A zde se více než o houbové patogeny, i když ani tady není situace bezproblémová, jedná hlavně o hmyzí škůdce. To platí hlavně pro ty významné druhy (blýskáček řepkový, dřepčík olejkový, situace se zhoršuje i u krytonosce čtyřzubého), proti kterým se musí často zasahovat (Hansen 2003, Kaiser et al. 2018, Seidenglanz et al. 2023). I ve značně omezeném souboru insekticidních účinných látek stále registrovaných se tak postupně zvyšuje podíl přípravků neúčinných kvůli vyselektované rezistenci škůdců (Zimmer & **Nauen 2011**). Tempo i rozsah růstu rezistence se budou zvyšovat (Philippou et al. 2011, Højland & Kristensen 2018). Zemědělci tak ztrácí účinné přípravky na ochranu rostlin nejen díky zákazům.

Na vysokou rizikovost a neudržitelnost intenzivních pěstitelských technologií (nejen řepky v tomto případě) upozorňuje řada vědeckých studií (Betencourt et al. 2012, Iderawumi et al. 2012, Temesgen et al. 2015, **Skellern & Cook 2018, Dowling et al. 2021 a mnoho dalších**). **Jde jednak o environmentální neudržitelnost, která je**

**reflektována státními i evropskými autoritami formou různých legislativních i nelegislativních nařízení a opatření (Jensen 2015a, Sustainable Use Directive, SUD, 2009/128/EC a řada navazujících směrnic), ale též samotnými zemědělci (Richardson 2008, Jensen 2015b, Gillbard 2019).** Značně rychlý a rozsáhlý postup restrikcí zaměřených na syntetické pesticidy může zapříčinit jejich brzkou nepoužitelnost (bez pesticidů jsou neudržitelné; zde jde o technologickou neudržitelnost). Obzvláště v době, kdy jsou na nich pěstební technologie závislé. Problém je, že alternativní postupy pro řepku (řepka je v tomto smyslu exemplární případ, na kterém se celý problém dobře demonstruje), kterými by šlo neudržitelné technologie snadno a rychle nahradit, nejsou ve skutečnosti dostupné (Williams et al. 2010, Kocourek et al. 2018, **Skellern & Cook 2018**). To může vyvolat ztrátu zájmu o její pěstování s negativním důsledkem spočívajícím v dalším ochuzení již tak velmi jednoduchých (prakticky jen na obilovinách postavených) pěstebních systémů. Zmíněné ochuzení systémů tak má přesah až na úroveň organismů, které tyto ekosystémy obývají, a nepříznivých dopadů na ně (Roques & Berry 2015). V některých případech mohou překotné zákazy pesticidů přinášet i zcela opačné výsledky ve srovnání s tím, co bylo jejich cílem (Jansen et al. 2014). Exemplárním případem je opět řepka a zákaz neonikotinoidních mořidel (došlo k němu v roce 2014), který se projevil výrazným nárůstem počtu postřikových aplikací (a to hlavně pyretroidů) směřovaných zejména proti dřepčíkovi olejkovému (v období září až listopadu se mnohdy aplikuje až pětkrát; např. **Skellern & Cook 2018, Šafář & Seidenglanz 2019, Seidenglanz et al., 2021**). Z výše uvedeného vyplývá, že kromě různých komplikací, se kterými se zemědělci potýkají již nyní, budou v blízké budoucnosti přibývat další.

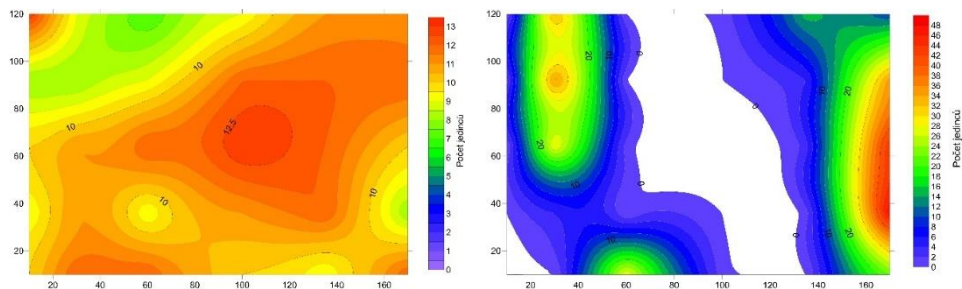
Z trochu jiného úhlu pohledu na stejnou věc (ne z hlediska zemědělce ale zemědělského výzkumníka) je velmi důležité, aby stávající zemědělský výzkum (z povahy své existence) přinášel nová řešení, která povedou k mírnění výše popsanych rizik pro pěstitelce. Potřeba znát a mít alternativní technologie k těm stávajícím (neudržitelným) a možnost je implementovat do komerčních podmínek je v současné době mnohem větší než kdykoliv dřív v novodobé (poválečné) historii evropského zemědělství. Nejde jen o tlumení negativních dopadů na životní prostředí, ale o konkurenceschopnost tohoto důležitého sektoru hospodářství obecně.

### 1.3 Proč má smysl hodnotit disperzi organismů v prostoru a pár základních definic

Nerovnoměrnost v disperzi organismů (či dopadů jejich přítomnosti) v prostoru (třeba porost nějaké plodiny) je přírodovědcům i zemědělcům samozřejmě dlouho známá. Vztah mezi charakterem disperze škodlivého organismu v porostu a jeho možným dopadem na plodinu ilustrují dva případy na Obrázku 1. Vlevo (1a) jde o poměrně rovnoměrné rozložení úrovní poškození rostlin způsobené žírem larev k. čtyřzubého (*Ceutorhynchus pallidactylus*), vpravo (1b) pak o velmi nerovnoměrné rozložení těchto úrovní s poměrně viditelnou agregací do dvou až tří ohnisek. Kde bude větší dopad škůdce na porost? To záleží na tom, co je významné poškození. V případě vlivu larev k. čtyřzubého na utváření výnosu je poškození stonků na úrovni kolem 10 cm poměrně nevýznamné (odhlédne-li se od

možné interakce mezi tímto poškozením a rozvojem některých houbových chorob). Poškození převyšující hranici 15 cm a hlavně pak 20 cm již mají významný dopad na růst a vývoj rostlin (zejména na počet šesulí / rostlinu – a tedy i na výnos). Ze srovnání obou obrázků tedy vyplývá, že více ohrožen na výnosu je porost, kde je disperze poškození nerovnoměrná, neboť zde dojde v ohniscích ke snížení výnosu. Porost vlevo se s napadením vyrovná bez dopadu na výnos. Nerovnoměrnost může být ale i výhodou. A to tehdy, je-li průměrná hodnota napadení či poškození pro porost nad úrovní prahové hodnoty pro dopad na výnos. Např. kdyby průměrné poškození rostlin nebylo okolo 10 cm, tak jako v předcházejícím případě (Obrázky 1a,b), ale okolo 20 cm. V porostu vpravo by zřejmě zůstaly zóny, kde by ke snížení výnosu nedošlo, porost vlevo by byl postižen celý.

Z obou obrázků si lze také udělat představu o dalším častém problému souvisejícím se způsobem sběru dat z porostů a s následnou interpretací získaných výsledků. Údaje jsou často získávány z bodů rozmístěných na transektu (přímce) vedeném v porostu předem stanoveným způsobem. Často po diagonále. Když se to udělá tímto způsobem v případě obou porovnávaných situací lišících se charakterem disperze sledovaného škůdce (Obrázky 1a a 1b), transekt bude směřovat z levého dolního do pravého horního rohu, dojde se k úplně jiným výsledkům.



Obrázek 1a,b - Rozložení úrovní poškození stonků larvami k. čtyřzubého (vyjádřeno jako délka části stonku poškozená žírem larev v cm) v porostu řepky ozimé v době zelené zralosti. V obou případech bylo zjištěno stejné průměrné napadení (30 hodnotících míst uspořádaných v pravoúhlé mřížce  $6 \times 5$  / porost; průměrné napadení / rostlinu = 10,47 cm; contours were interpolated between sample units by the package Surfer, Golden software Inc).

Výzkumníci se v zásadě na základě svých pozorování snaží určit, jaký ze tří základních typů disperze určitý organismus v nějakém zájmovém a prostorově vymezeném území nabývá (např. mšice *Sitobion avenae* na klasech v rámci 5 ha pole pšenice, mumie mšic *S. avenae* jako výsledek parazitace mšicomary z podčeledi *Aphidiinae* na tom samém poli; úroveň poškození listů dřepčíky jako znak reflektující míru jejich aktivity či abundance na 15 ha poli s řepkou atd.). Jestli jde o disperzi rovnoměrnou (*regular, uniform distribution*), nebo naopak o disperzi charakteristickou přítomností shluků (*aggregated, clustered, clumped distribution*) či o něco mezi, tedy o disperzi označovanou jako náhodná (*random distribution*). Většina organismů vykazuje (alespoň do určité míry) tendenci k agregaci, tedy k tvorbě shluků, *clusterů* (Bailey & Gatrell 1995, Coku at al. 2005). Naopak disperze rovnoměrná je v přirozených podmínkách velmi vzácná. Arthropodní fauna



(škůdci i jejich antagonisté), plevelné rostliny, hodnoty *severity* pro různé houbové patogeny atd. zřejmě nikdy nenabývají charakteru rovnoměrné disperze v polním ekosystému (Dale 1999, Dale et al. 2002, Diggle 2002). Vždy to bude spíše kombinace signifikantní agregace a náhodné disperze (viz níže). Přesto podstatná část zemědělského výzkumu zaměřeného na ochranu rostlin je metodicky založena na tom, jako by tomu tak bylo (*poznámka autorů*).

#### 1.4 Vývoj přístupů k měření disperzních charakteristik u organismů v zemědělských porostech

Téma, jak měřit či hodnotit charakter disperze (*spatial pattern; distribution pattern*) organismů v nějakém vymezeném prostoru (segment krajiny, pole atd.) a jak taková hodnocení interpretovat v kontextu biologických a fyzikálních procesů, je pro určité oblasti přírodovědného a zemědělského výzkumu velmi důležité. A i přes velmi dynamický vývoj nových statistických metod pro analýzu dat se nejedná o téma vyřešené (Xu & Madden 2003). Snahy nějakým způsobem charakter disperze měřit, popsat či jinak definovat již také mají poměrně dlouhou historii (Greig-Smith 1952, Lloyd 1967, Hassell & May 1973, Taylor et al. 1978).

V „tradičním“ pojetí jde o metody založené na vztahu mezi průměrem z odpočtů a rozptylem (Taylor 1978). Ze souboru numerických hodnot (např. počty blýskáčků / květenství zaznamenané z různých míst v rámci transektu jednoho pole) analyzovaného „tradičním“ způsobem můžeme sice získat poměrně jasný důkaz o nerovnoměrnosti v rozložení získaných dat (odpočtů), který též ukazuje na existenci určité prostorové nevyrovnanosti (např. ve výše zmíněném rozložení výskytů blýskáčků v poli). Avšak nedozvíme se nic o charakteru disperze – disperzního vzorce.

Teprve po zavedení nových přístupů ke sběru dat z porostů s cílem vytvořit podklad pro možnost analyzovat nejen numerické hodnoty těchto dat, ale též vzájemnou prostorovou relevanci těchto numerických hodnot, začala být snaha směřující k popsání, změření či nějaké jiné formě kvantifikace prostorového rozsahu agregace (*scale of aggregation*) respektive její intenzity (*magnitude of aggregation*; zde vztahováno spíše na počet / podíl jedinců agregovaných ve shlucích či do shluků směřujících) reálná a možná. Většina průlomových teoretických prací pochází z poslední dekády 20. století a má původ na anglických univerzitách (Dale 1999, Dale et al. 2002, Diggle 2002). Pro zemědělský výzkum, a zde především pro tu část, která se soustředí na ochranu rostlin, tedy zemědělskou entomologii, fytopatologii a herbologii, pak mají zásadní význam práce J.N. Perryho z Výzkumného zemědělského ústavu v Rothamstedu (Harpenden, Hertfordshire, UK; Perry 1995, Perry 1998ab, Perry et al. 1996, Perry et al. 1999) a řada dalších navazujících prací, ve kterých byl Perryho přístup testován a ověřován v polních podmínkách na konkrétních organismech, především škůdcích, jejich antagonistech, chorobách rostlin a plevelích (např. Holland et al. 1999, Hughes & Madden 1993, Madden & Hughes 1995, Winder et al. 1998, Winder et al. 1998, Warner et al. 2000, 2003, 2008, Blackshaw & Vernon 2006, Xu & Madden 2003, 2004). Profesorem Perryem představená a během devadesátých let

postupně upravovaná metoda se nazývá SADIE: *Spatial Analysis by Distance Indices*. Analytická část této metodiky je postavena na této metodě.

## 2 Cíle metodiky

- 1) Vysvětlit, proč je hodnocení časo-prostorových asociací mezi škůdci řepky a jejich přirozenými nepřáteli důležité
- 2) Srozumitelně popsat metodu (SADIE), která umožňuje hodnotit časo-prostorové asociace mezi škůdci řepky a jejich antagonisty v běžných komerčních porostech řepky, které se navzájem v mnoha ohledech liší, a představit tak způsob, jak tyto porosty v tomto smyslu srovnávat
- 3) Popsat možnosti využití výsledků získaných touto metodou a způsob jejich interpretace v kontextu aktuálních problémů v ochraně porostů řepky proti škůdcům:
  - a) vysoká závislost v praxi uplatňovaných pěstebních technologií na syntetických insekticidech (a pesticidech obecně)
  - b) nárůst problémů s rezistencí u několika důležitých druhů řepkových škůdců a rychlé šíření rezistentních populací těchto druhů v rámci ČR potažmo EU
  - c) nevýznamné a nesystematické začleňování potenciálně významných (z hlediska možnosti ovlivnit populační dynamiku jejich hostitelů) antagonistů škůdců (a dalších alternativních možností) do integrované ochrany porostů řepky
- 4) Na praktických ukázkách možnosti užití zde představované metody demonstrovat

## 3 Vlastní popis metodiky

### 3.1 Principy SADIE, vymezení hodnoceného území, sestavení hodnotící mřížky

Podkladem pro vývoj SADIE byla potřeba vytvořit techniku, která umožní zpracovávat přírodovědná data (odpočty jedinců, úroveň poškození atd.). Tato data se vyznačují tím, že nejsou v prostoru dispergována rovnoměrně, vykazují velmi často tendenci k agregaci (vytváření shluků, *clusterů*), typ jejich disperze (*distribution / spatial pattern*) je často nestabilní v čase, a hodnocené znaky vykazují mnohdy kovariantní povahu (např. disperze samic versus disperze jimi nakladených vajíček). Navíc jsou častou hodnotou v souborech sbíraných dat (např. odpočtů nějakého druhu hmyzu, počtů poškozených rostlin – frekvence napadení, úrovní poškození rostlin – intenzita napadení nuly (Obrázek 2a). Pro hodnocení prostorové povahy (a také časové dynamiky – data se sbírají opakovaně ze stejných míst) těchto dat nejsou vhodné např. geostatistické metody.

Základem pro SADIE je způsob sběru dat. Sběr dat se provádí na hodnocených místech (*assessment points; units*), která jsou prostorově definována svými souřadnicemi ve dvou dimenzionální souřadnicové síti ( $Y$  a  $X$ ). Získané reálné hodnoty nějakého znaku (např. odpočty mšic, Obrázek 2a) tak lze přiřadit konkrétnímu místu v porostu. Díky definované poloze míst víme, jak jsou tato od sebe vzdálená a v jakém směru. Poloha míst může být ve dvoudimenzionální souřadnicové soustavě definovaná např. v metrech. V tomto

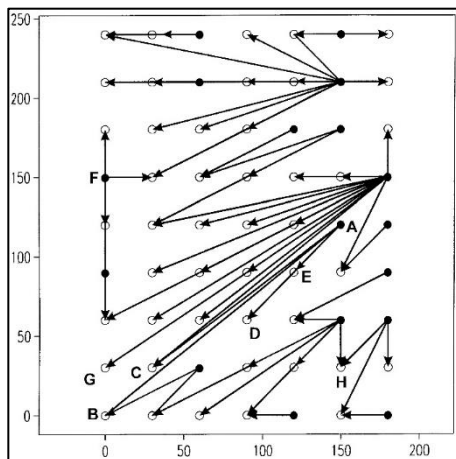
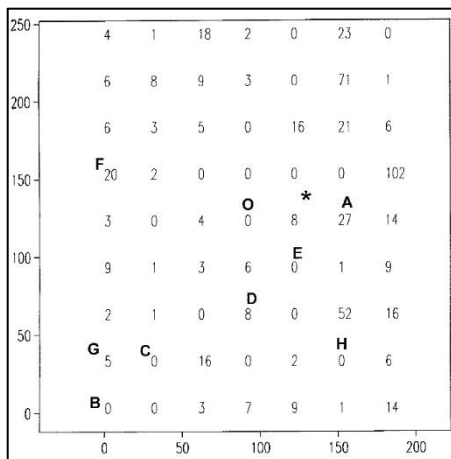
případě je na hodnotiteli, kde si určí místo středu souřadnic (bod  $X = 0$ ,  $Y = 0$ ) v rámci hodnoceného území. Jde jen o to, aby všechna hodnotící místa byla v této soustavě a jejich polohu bylo možno definovat ( $X$  v metrech a  $Y$  v metrech). Další možností je polohu hodnotících míst definovat jejich souřadnicemi v GPS soustavě. To má určité výhody pro grafickou vizualizaci výsledků. Pro výpočet SADIE není ale podstatné, zda pracujeme v metrické či GPS soustavě.

Pro účely této metodiky uvažujeme o hodnoceném území jako o poli, popřípadě jako o poli a přilehlých nezemědělských biotopech (na pole navazující louka, remízek atd.). Zahnutí přilehlých biotopů má v některých případech smysl: např. hodnotíme-li disperzi některých skupin, které do polních ekosystémů pravidelně vstupují z méně narušovaných biotopů v okolí (např. střevlíci, blanokřídli parazitoidi, pestřenkovití a v řadě případů i samotní škůdci). Jde jen o to, vymežit si hodnocený prostor předem a podřídit toto vymezení nějakému cíli sledování, otázkám, které si autoři studie kladou či vědecké hypotéze, kterou si stanovili. Hodnocené území může ale být i mnohem větší. Případy, ve kterých byly využity principy SADIE pro hodnocení disperzních charakteristik na úrovni landscape jsou ve vědecké literatuře také popsány (např. Blackshaw & Vernon 2006).

Hodnotící místa tvoří hodnotící mřížku (*grid*). Na Obrázku 2a jde o pravouhlou hodnotící mřížku. To ale není podmínka. Hodnotící místa mohou být v porostu (či jinak vymezeném hodnoceném území – viz výše) rozmístěna i jinak – nemusí tvořit pravouhlou soustavu. Důležité ale je, aby byla definována jejich poloha a aby byla rozmístěna po celé ploše monitorovaného území. Ze známé polohy hodnotících míst lze zjistit jejich vzájemné vzdálenosti. Porosty, ze kterých jsou data (odpočty) získávána, mohou být různého tvaru, různé velikosti i různého složení (Obrázek 3).

Z Obrázku 2a lze zjistit, že průměrná hodnota (průměrný počet mšic) ze všech 63 hodnotících míst (= 63 odpočtů) je 8,79. Hodnotící místa, kde byla zaznamenána nižší, než průměrná hodnota se v terminologii SADIE nazývají „příjemci“ (*receiver units*), hodnotící místa s nadprůměrnou hodnotou daného znaku se nazývají „donoři“ (*donor units*). V případě ilustrovaném Obrázky 2a a 2b je 63 příjemců a jen 17 donorů. Jednotlivé reálné případy se tímto výchozím rozložením mohou více či méně lišit. SADIE zjišťuje délku celkových numerických přesunů od donorů směrem k příjemcům v rámci hodnotící mřížky nutných k tomu, aby bylo dosaženo rovnoměrné disperze (*uniform / regular distribution* = na každém z hodnotících míst bude stejný počet mšic). K výpočtu je využíván *Transportation Algorithm* a *Empirical Distribution Function*. V případech, ve kterých jsou hodnoty dat v porostu dispergovány s vysokou mírou nerovnoměrnosti, bude celková vzdálenost numerických přesunů nutných k dosažení rovnoměrné disperze, což se označuje jako *Distance to regularity*, vysoká (viz Obrázek 2b). Z tohoto obrázku je také vidět, že každý donor k tomu přispívá jinak a že to není jen otázka jeho numerické hodnoty (srovnej např. donory F a A, neliší se příliš numerickou hodnotou:  $F = 20$ ,  $A = 27$ ), nýbrž také hodnot odpočtů na místech v okolí (bezprostředním i v tom vzdálenějším v dané mřížce). Pro každého donora SADIE kalkuluje hodnotu nazvanou „*average distance of outflow*“, což je ve skutečnosti průměr vzdáleností přesunů z jednoho konkrétního donora do všech jeho

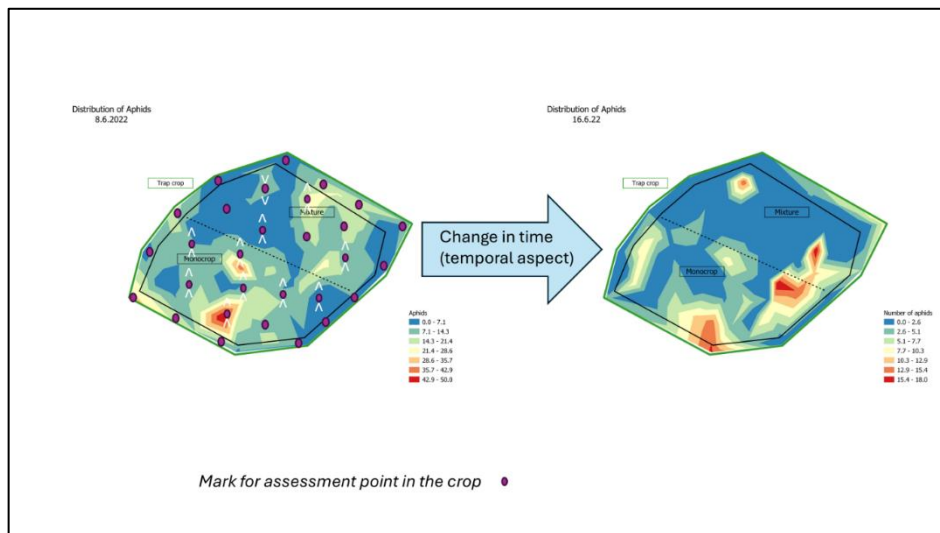
příjemců vážený numerickou hodnotou těchto přesunů. Např. pro donora A (poloha: 150, 120) platí, že se z něho musí dostat (*outflow*) k příjemcům hodnota 18.21 (to je hodnota nad průměrem; 27 – 8,79). Přesouvá se k příjemcům B (poloha 0, 0), C (30, 30), D (90, 60) a E (120, 90) jihozápadním směrem (nic nesměruje např. na východ či na sever). Ke každému z příjemců jde odlišná hodnota, k B 5.70, k C 2.92, k D 0.80 a numerická hodnota 8.79 se přesouvá do místa E. Vzdálenost mezi A a B je výrazně větší (192.1 m) než mezi A a E (42.4 m). „Průměrná hodnota délky odtoku“ (*average distance of outflow*) je v případě bodu A 108.4. V případě donoru F je podstatně nižší. A podstatně nižší je i v případě donoru v poloze 150, 240 s hodnotou odpočtu 23.



Obrázek 2a,b – Na obrázku vlevo (2a) je reálné rozložení odpočtů mšic (čísla od 0 – 102) zjištěných na 63 hodnotících místech tvořících v porostu pravoúhlu hodnotící mřížku (rectangular grid  $7 \times 9 = 63$ ). Čísla na osách X a Y jsou vzdálenosti v metrech. Např. bod A je definován souřadnicemi 150 (X) a 120 m (Y). Bod O je střed hodnotící mřížky (*centroid of units*) – je posunut 37 m severovýchodním směrem od centra mřížky. Na obrázku vpravo (2b) jsou označena „donorová“ hodnotící místa plnými body a polohy „příjemců“ prázdnými body (podle Perry et al. 1999)

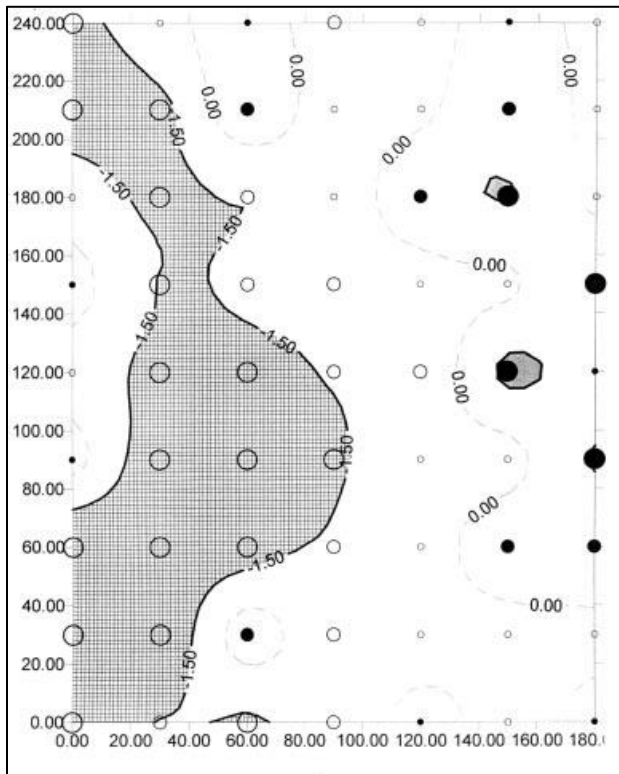
Obdobně jako pro každý donor kalkuluje SADIE „průměrnou hodnotu délky přítoku“ (*average distance of inflow*) pro každého příjemce (na rozdíl od předcházejícího případu jde o záporné hodnoty).

Zjištěné průměrné hodnoty „*outflows*“ a „*inflows*“ pro jednotlivá hodnotící místa prochází v průběhu zpracování řadou permutací (to je v podstatě obdoba toho, čím je v klasických statistických metodách následné testování; více v Perry 1995, Perry 1998ab, Perry et al. 1996, Perry et al. 1999 a Holland et al. 1999). V podstatě se pro každé jednotlivé hodnotící místo zjistí, jak přispívá na základě své vstupní numerické hodnoty a situace v okolí k celkové situaci – k celkovému charakteru disperze.



Obrázek 3 – Příklad nepravoúhlé hodnotící mřížky (fialová kolečka = hodnotící body) využitý pro sběr dat (v tomto případě mšice) z pole nepravidelného tvaru složeného ze tří různých typů porostů: lapací pás (trap crop) na okraji, hlavní plodina doplněná o pomocnou plodinu (zde jako mixture) a monokultura hlavní plodiny (monoculture). Obrázek vlevo ukazuje rozložení výskytů mšic v prvním termínu hodnocení (8.6.22), obrázek vpravo stav zaznamenaný o týden později (16.6.22)

V posledním kroku SADIE se všechny permutované hodnoty „outflows“ a „inflows“ pro jednotlivá hodnotící místa převádí na bezrozměrné (a lze říci numericky od původních hodnot oproštěné) indexy shlukování (*clustering indices*,  $v_{ij}$ ), které nabývají hodnot je v určitém rozmezí. To je velmi důležitý krok. Tyto indexy nabývají kladné (původní donorů) i záporné (původní příjemci) hodnoty a informují o tom, do jaké míry jednotlivá hodnotící místa přispěla k agregaci (ta může být pozitivní i negativní). Hodnotící místa s *clustering indices*  $-1,5 < v_{ij} < 1,5$  nepřispívají statisticky významně ani k pozitivní ani k negativní agregaci. Jsou tedy v části (zóně) porostu, kde je disperze náhodná (*random distribution*). Takové plochy v rámci hodnoceného porostu často tvoří jeho největší část. Hodnotící místa s  $v_i > 1,5$  spadají v porostu do zón, kde jsou hodnoty daného znaku pozitivně agregovány – jsou to v terminologii SADIE „patch“, (shluky vyšších hodnot, ohniska). Naopak hodnotící místa s  $v_j < -1,5$  jsou součástí větších či menších zón označených v terminologii SADIE jako „gap“ (díra, opak shlukování, negativní ohnisko, zóna, kde jedinci nejsou, je jich tam výrazně signifikantně méně...). V jednom porostu nemusí být žádný gap ani žádný patch (v celém porostu je *random distribution*). Nebo v něm může být přítomný jak gap tak patch nebo pouze jeden z těchto clusterů. V jednom porostu může být více patchů i gapů. Po vizualizaci výsledků SADIE (např. pomocí software Surfer, Golden Software Inc.) si lze lépe představit, kde jsou v porostu gapy, kde patche a v jaké části porostu je disperze náhodná. Jak jsou oboje formy shluků velké (díky známým polohám bodů lze plochu, kde došlo k signifikantní agregaci přesně spočítat), kde jsou lokalizované a kolik jich je (Obrázek 4).



Obrázek 4 – Vizualizace výsledků SADIE (Surfer, Golden Software Inc.) pomocí jednoduché vrstevnicové mapy (vrstevnice spojují místa se stejnou hodnotou clustering indices) ilustrující rozložení gapů, patchů a zóny s náhodnou disperzí pro porost, pro něž výchozí rozložení výskytu mšic známe z Obrázku 2a,b. Podstanou část zaujímá gap táhnoucí se v levé straně porostu po celé jeho délce od severu k jihu. Je to zóna ohraničená vrstevnicí - 1.50; uvnitř jsou tedy hodnotící místa s clustering indices nižšími než - 1.5 (tedy s vyššími absolutními hodnotami záporných čísel). Kromě tohoto velkého gapu je v jižní části pole při okraji ještě jeden malý gap. Signifikantní patche jsou v porostu čtyři, ale ne rozsáhlé, tvořené jen malým či bezprostředním okolím hodnotícího bodu s hodnotou clustering index vyšší než 1.5. Jde o čtyři největší černé body – v případě dvou z nich (na pravém okraji pole) je patch jen v jejich bezprostředním okolí. Plocha mimo gapy a patche je zóna, kde je disperze mšic náhodná. Velikost plných (donoři) i prázdných (příjemci) bodů je dána hodnotou clustering index: nejmenší velikost bodů = hodnoty se pohybují mezi nulou a -1 respektive +1 = jasná náhodná disperze, nízká tendence k agregaci ať už k negativní či pozitivní; střední velikost bodů = statisticky nevýznamný projev agregace v daném místě, hodnoty jsou větší než 1 ale menší než 1.5 (pro pozitivní agregaci), respektive menší než -1 ale větší než -1.5; největší velikost bodů = statisticky významný projev agregace v daném místě, hodnoty větší než 1.5 (patch), respektive menší než -1.5. (gap) (podle Perry et al. 1999).

Z obrázku 4 je patrné, že to, jestli donorové místo (*donor unit*) přispěje významně k tvorbě pozitivního clusteru (tedy *patche*, bude mít vyšší hodnotu *clustering index* než 1.5) není dáno jen numerickou hodnotou odpočtu (viz např. body A a F na Obrázku 2). Hodnotící místo s 20 mšicemi obklopené hodnotícími místy, kde nebylo žádné napadení

(tedy dvacítká obklopená nulami), je něco zcela jiného z hlediska příspěvku k agregaci, než dvacítká obklopená relativně vysokými (a podobnými) hodnotami. To samé platí i pro příjemce (*receiver units*). Např. dvě místa s nulovým napadením označená na Obrázku 2 písmeny H a B přispívají k negativní agregaci, tedy k tvorbě *gapu*, velmi rozdílně. H je v zóně s *random distribution* (příspěvek této nuly obklopené relativně vysokými hodnotami k agregaci je tedy zanedbatelný), B je naopak součástí výrazného *gapu*.

Tabulkovým (viz níže) výstupem SADIE (SADIEShell v2.0.; viz Příloha 1) jsou tři indexy (a jejich hladiny P):

- 1) celkový index agregace  $I_a$ : když je hodnota tohoto indexu větší než 1 pro  $P < 0,05$ , odpočty daného organismu / znaku jsou v porostu statisticky významně agregovány do shluků (clusterů)
- 2) celkový index agregace  $V_j$ : v porostu se nachází statisticky významné "gapy" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota tohoto indexu menší než  $-1$  pro  $P < 0,05$
- 3) celkový index agregace  $V_i$ : v porostu se nachází statisticky významné "patche" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota tohoto indexu větší než 1 pro  $P < 0,05$

### 3.2 Hodnocení disperze u různých organismů (a znaků) v porostech řepky

Sběr dat (pro různé znaky) z porostů řepky za účelem jejich následného zpracování metodou SADIE s cílem zjistit charakter disperze se provádí, jak již bylo zmíněno výše, z hodnotících míst, jejichž poloha musí být jasně definována (souřadnicemi GPS, nebo v metrech). To je zásadní podmínka, která již byla detailně zdůvodněna výše.

#### 3.2.1 Počet hodnotících míst

Další otázkou je počet hodnotících míst. Z výsledků polních pokusů, které byly podkladem pro vytvoření této metodiky vyplývá, že počet hodnotících míst by neměl klesnout pod 20, protože pak se již validita výstupu SADIE snižuje (Šafář & Seidenglanz 2018a,b). Potvrzují to též některé další práce (např. Holland et al. 1999, Ferguson et al. 2004).

#### 3.2.2 Velikost monitorované plochy a vzdálenost mezi hodnotícími místy

Dalším aspektem, který je potřeba vzít do úvahy je velikost monitorované plochy. Z hlediska principiálního není výpočet SADIE limitován velikostí monitorované plochy. Může jít o výřez krajinného segmentu o velikosti 100 kilometrů čtverečních (viz např. studie publikovaná Blackshawem & Vernonem 2006) nebo také jen o Petriho misku (s tímto se experimentovalo ve fytopatologických a bakteriologických studiích, viz např. Xu & Madden 2003). Velikost monitorované plochy tedy metodu pro analýzu dat nijak nelimituje. Velikost plochy je ale třeba zvolit správně z hlediska povahy sledovaných znaků. Tato metodika se zaměřuje především na bezobratlé v porostech řepky. Jak na škůdce, tak na jejich přirozené nepřátele. Některé druhy jsou schopné překonávat (aktivně – dřepčík olejkový atd.; či pasivně – mšice; kombinace obojího) poměrně dlouhé vzdálenosti. V průběhu kolonizace porostu a přítomnosti v porostu často mění polohu, jejich disperzní vzorce jsou v čase nestabilní (viz níže). Tomu je potřeba přizpůsobit minimální velikost

monitorovaného porostu. Ta by neměla být v případě zaměření na běžné škůdce a jejich parazitoidy a predátory menší než 1 ha. Vzdálenost mezi hodnotícími místy je též důležitá. Neměla by být kratší než 30 m. S růstem velikosti pole roste i vzdálenost mezi hodnotícími místy. U 16ha pole bude větší než u 5ha pole. Dobré je držet se v intervalu 30 m (uplatňovat jen u velmi malých polí: 1–1,5 ha) až 90 m u velkých polí. Z toho vyplývá, že s velikostí pole se mění (může narůstat) i počet hodnotících míst.

### 3.2.3 Způsob sběru dat z porostu

Způsob hodnocení určuje povaha organismů a znaků, na které konkrétní studie cílí. Je důležité vědět, že lze kombinovat různé způsoby sběru a hodnocení. Na jednotlivých hodnotících místech mohou být uloženy **žluté misky** pro hodnocení letové aktivity různých druhů (termín sběrů např. 1–2 týdně; doba monitoringu: září – listopad, únor – konec června), současně zakopány **padací pasti** (dle cíle studie různé intervaly sběrů, různá doba monitoringu, různá úprava pastí – s konzervantem × bez konzervantu, s víčky × bez víček), na stejných místech se opakovaně mohou provádět **přímé odpočty různých znaků** (úrovně poškození způsobené různými škůdci na rostlinách v okolí hodnotícího bodu, úroveň zaplevelení na vytyčené ploše poblíž hodnotícího bodu, počty jedinců vyskytujících se na rostlinách na daném hodnotícím místě), či umístit **další typy pastí** v době a na čas, kdy to je potřeba (*tray traps* nebo modifikované *funnel traps* umístované pod rostliny v době vypadávání larev různých druhů řepkových škůdců: dřepčík olejkový vypadáva od konce dubna až do začátku července, k. čtyřzubý zejména od poloviny května do začátku července, blýskáčci hlavně v květnu; *emergence traps / photoelectors* pro sledování počtu nově se líhnoucích dospělců z jednotkové plochy a popř. další druhy pastí a nástrojů pro sledování specifických aktivit určitých skupin hmyzu: nabídka semen pro sledování aktivity a potravních preferencí u granivorních druhů střevlíkovitých; pasti pro záchyt vypadávaných semen atd.). Hodnocení lze též rozšířit o odběr a analýzu půdních vzorků (*Berlese Tullgren funnel trap / extractor*) za účelem zjištění přítomnosti půdní mezofauny – řada z nich má důležitou indikační roli ve vztahu k půdním procesům a půdním mikroorganismům (fytopatogenní organismy, benefiční organismy). Celkově je dobré rozšířit hodnocení na co největší počet organismů a znaků, aby z následných analýz jejich časoprostorových vazeb vyplynulo co nejvíce poznatků (o mnohdy nečekaných vzájemných vztazích), které lze uplatnit v úpravě metod integrované ochrany rostlin.

### 3.2.4 Počet odpočtů z jednoho hodnotícího místa

Pro analýzu jednoho případu (= 1 znak z jednoho termínu) prostřednictvím SADIE musí být každé hodnotící místo reprezentované pouze jedním číslem (SADIE akceptuje přirozená čísla a nulu; viz Příloha 1, Obrázek 1a). Počet skutečně provedených odpočtů na jednom místě v daném termínu se přizpůsobuje časové náročnosti potřebné na hodnocení konkrétního znaku. Lepší je vždy (tak jako při každém typu hodnocení bez ohledu na způsob analýzy dat) pracovat s větším výběrovým souborem, mít každé místo podchyceno vyšším počtem odpočtů. To ale vždy nejde, obzvláště, pokoušíme-li se zaměřit na více druhů a skupin (navíc hodnocených opakovaně s vysokou frekvencí). Např. odpočet blýskáčků jde poměrně rychle, tak se provede na 5(10) rostlinách / hodnotící místo a do SADIE se vloží suma  $\text{imag} / 5(10)$  rostlin / místo. Rozbor žlutých misek, obzvláště je-li



cílem determinace téměř všech skupin, které se v pasti zachytí a následná pitva samic některých druhů, je velmi zdoluhavé hodnocení – umísťuje se tedy jen 1 miska / místo (výběry 1–2 týdně). To samé lze říci o pitfall traps, zvláště když jde o metodu odchytů bez konzervační tekutiny s cílem nezabíjet jedince a vypouštět je po determinaci na poli zpět do okolí daného hodnotícího místa (cíl: nenarušovat disperzní vzorec). Na druhou stranu, hodnocení založené na odběru rostlin s cílem zjistit úroveň poškození rostlin na hodnotících místech různými druhy škůdců (poškození stonků larvami k. čtyřzubého či k. řepkového, počet napadených šesulí bejломorkou kapustovou, počet ztracených šesulí, tj. počet prázdných stopek, jako nepřímý projev abundance blýskáčků atd.) je nutné postavit na 5 až 10 rostlinách / hodnotící místo. Stejně tak odběry larev (např. blýskáčeků z květů) za účelem zjištění úrovně jejich parazitace na daném hodnotícím místě nelze realizovat pouze z jedné rostliny na daném místě.

### 3.2.5 Různý počet hodnotících míst pro odlišné znaky v jednom porostu

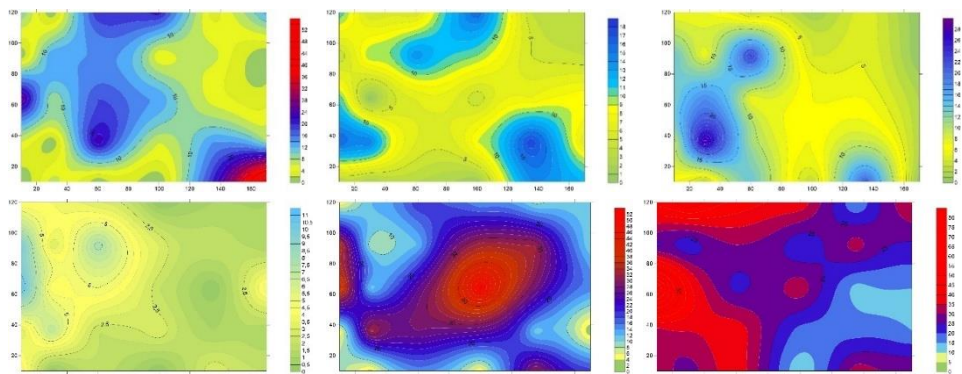
Jak bylo zmíněno výše, některá hodnocení jsou časově náročnější než jiná. Hodnocení, která nejsou tak časově náročná (přímé odpočty některých druhů a úrovní poškození), mohou být prováděna např. na 36 hodnotících místech v porostu. Některá časově náročnější hodnocení (determinace záchytů v pitfall traps a emergence traps) mohou být realizována jen na části z hodnotících míst. Při asociační analýze disperzních vzorců (níže) se použijí jen data získaná ze společných hodnotících míst.

### 3.2.6 Praktické ukázky hodnocení disperze vybraných organismů a znaků v porostu řepky

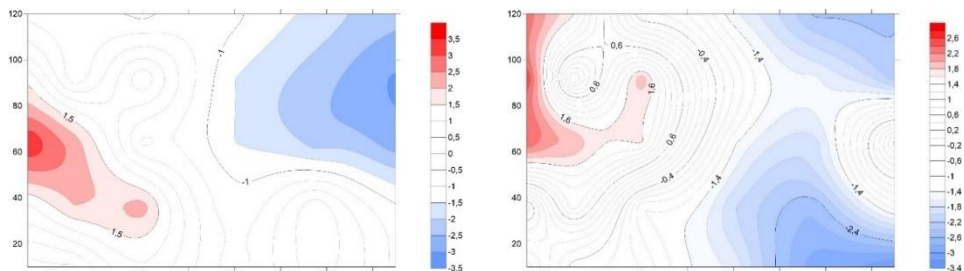
V Tabulce 1 je uveden výběr z výsledků SADIE analýz primárních dat získaných z monitorovacího porostu o velikosti 2,34 ha, ve kterém bylo rozmístěno 30 hodnotících míst. Ke sběru dat byly využity žluté misky (to je případ k. čtyřzubého – samic schopných klást, dřepčíků r. *Phyllotreta*), zemní pasti (drabčící), přímé odpočty (blýskáčci, zaplevelení) a rozbory rostlin odebraných z jednotlivých míst (poškození stonků od larev krytonosců, počty šesulí, napadení bejломorkou, výskyt tmavých lezí na stoncích). Signifikantní agregace (a přítomnost *gapů* nebo *patchů*, či obojího) byla zaznamenána v několika případech. Např. u disperzních vzorců sestavených pro kladoucí samice k. čtyřzubého, a to pro termíny 22.3.24 a 26.3.24 (Obrázky 5 a 6). Ze srovnání absolutních hodnot zachycených samic v jednotlivých termínech hodnocení (Obrázek 5a–f) vyplývá, že se letová aktivita v průběhu jednoho měsíce značně proměňovala a měnilo se též prostorové rozložení jejich záchytů porostu. Ze srovnání obou obrázků (Obrázky 5a 6) je také zřejmé, že vyšší tendence k agregaci není daná absolutními hodnotami zachycených jedinců. 30.3. a 2.4. byly na řadě míst v porostu zaznamenány velmi nebezpečné záchyty (Obrázek 5e,f), tendence k agregaci byla ale velmi nevýrazná či žádná. Disperze samic v těchto dvou termínech byla tedy náhodná. Naproti tomu 22.3. a 26.3., při výrazně nižším celkovém záchytu, byla zaznamenána signifikantní agregace (Obrázek 6a,b). Je důležité nespojovat absolutní hodnoty sběrů, záchytů (obecně abundanci) s analýzou jejich disperze v prostoru. Jde o dvě různé věci.

Tabulka 1 - Výsledky SADIE popisující charakter disperze několika organismů či znaků (např. úrovní poškození) v porostu řepky ozimé v různých termínech hodnocení během jara 2024 (pokusné pole Šumperk, pravouhlá sběrná mřížka  $6 \times 5 = 30$  hodnotících míst, rozměry monitorovaného pozemku:  $180 \text{ m} \times 130 \text{ m} = 2,34 \text{ ha}$ )

Hodnocený organismus / znak	Datum 2024	<sup>1</sup> Celkový index agregace $I_a$	P (pro $I_a$ )	<sup>2</sup> Celkový index $V_j$	P (pro $v_j$ )	<sup>3</sup> Celkový index $V_i$	P (pro $v_i$ )
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	05.03.	1,03	0,3555	-1,05	0,3291	0,85	0,8103
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	14.03.	0,90	0,6633	-0,86	0,7716	0,85	0,8113
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	<b>22.03.</b>	<b>1,56</b>	<b>0,0147</b>	<b>-1,34</b>	<b>0,0570</b>	<b>1,63</b>	<b>0,0065</b>
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	<b>26.03.</b>	<b>1,81</b>	<b>0,0018</b>	<b>-1,61</b>	<b>0,0085</b>	<b>1,70</b>	<b>0,0054</b>
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	30.03.	0,90	0,6663	-0,98	0,4568	0,85	0,8255
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	02.04.	1,09	0,2554	-1,07	0,2929	1,12	0,2123
k. čtyřzubý, ♀ schopné klást	05.04.	0,90	0,6841	-0,90	0,6477	0,96	0,5036
dřepčici r. Phyllotreta	<b>05.03.</b>	<b>1,45</b>	<b>0,0221</b>	<b>-1,46</b>	<b>0,0231</b>	1,14	0,1931
dřepčici r. Phyllotreta	<b>14.03.</b>	<b>1,55</b>	<b>0,0107</b>	-1,27	0,1014	<b>1,39</b>	<b>0,0352</b>
dřepčici r. Phyllotreta	22.03.	1,13	0,2053	-1,04	0,3280	1,20	0,1178
drabčici (Staphylinidae)	05.03.	0,78	0,9397	-0,78	0,9323	0,91	0,6290
drabčici (Staphylinidae)	14.03.	1,20	0,1414	-1,15	0,1971	1,17	0,1559
drabčici (Staphylinidae)	22.03.	1,08	0,2678	-1,11	0,2291	1,12	0,2167
blýskáček řepkový	<b>05.03.</b>	<b>1,78</b>	<b>0,0017</b>	<b>-1,71</b>	<b>0,0035</b>	<b>1,39</b>	<b>0,0330</b>
blýskáček řepkový	14.03.	1,03	0,3546	-1,00	0,4206	0,91	0,6420
blýskáček řepkový	<b>22.03.</b>	<b>1,69</b>	<b>0,003</b>	<b>-1,65</b>	<b>0,0060</b>	1,16	0,1540
% povrchu půdy kryté pleveleli (weed density)	28.05.	1,20	0,1404	-1,10	0,2512	1,20	0,1354
délka poškozené části stonku larvami k. čtyřzubého	05.06.	0,80	0,8462	-0,91	0,6326	0,86	0,7845
počet šesňůl na terminálu	05.06.	1,27	0,1012	-1,23	0,1009	1,22	0,1086
počet šesňůl na vedlejších větvích	05.06.	1,05	0,3198	-0,96	0,5251	1,04	0,3384
počet šesňůl napad. bejlomorkou	05.06.	0,96	0,5202	-0,89	0,6851	0,82	0,6625
tmavé léze na povrch. stonku	05.06.	0,82	0,8606	-0,92	0,6018	0,80	0,9026
<sup>1</sup> když je hodnota $I_a$ větší než 1 pro $P < 0,05$ , odpočty daného organismu / znaku jsou v porostu statisticky významně agregovány (do shluků – clusterů)							
<sup>2</sup> v porostu se nachází statisticky významné "gapy" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota $v_j$ menší než -1 pro $P < 0,05$							
<sup>3</sup> v porostu se nachází statisticky významné "pachy" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota $v_i$ větší než 1 pro $P < 0,05$							
<sup>4</sup> tučné písmo upozorňuje na případy, ve kterých byla zaznamenána signifikantní agregace, přítomnost "pachů" nebo "gapů" či obojího v porostu							



Obrázek 5a,b – Rozložení záchyťů (do žlutých misek) kladoucích samic krytonosce čtyřzubého (*C. pallidactylus*) v porostu řepky (pokusné pole Šumperk, pravoúhlná sběrná mřížka  $6 \times 5 = 30$  hodnotících míst = 30 žlutých misek, rozměry monitorovaného pozemku:  $180 \text{ m} \times 130 \text{ m} = 2,34 \text{ ha}$ ) v šesti po sobě následujících jarních (2024) termínech sběrů: (5a: 5.3., vlevo nahoře), (5b: 14.3., uprostřed nahoře), (5c: 22.3., vpravo nahoře), (5d: 26.3., vlevo dole), (5e: 30.3., uprostřed dole) a (5f: 2.4., vpravo dole). **Použitá barevná stupnice:** zelená barva: záchyt 0–3 samice / misku / 3 dny (nízký záchyt), žlutá barva: záchyt 4–10 samic / misku / 3 dny (zvýšený záchyt); světle modrá barva: záchyt 11–20 samic / misku / 3 dny (středně nebezpečný záchyt); modrá barva: záchyt 21–35 samic / misku / 3 dny (velmi nebezpečný záchyt); červená barva: záchyt nad 35 samic / misku / 3 dny (extrémně nebezpečný záchyt). Poznámka: samice se zralými vajíčky v ovariolách (pitva) označeny jako schopné klást



Obrázek 6a,b – Vizualizace výsledků SADIE, tedy znázornění disperzních vzorců, pro kladoucí samice k čtyřzubého zachycené do žlutých misek (viz popis k obrázku 5) 22.3.24 (6a, vlevo) a 26.3. (6b, vpravo). Jedná se o vizualizaci formou vrstevnicové mapy (vrstevnice spojují místa se stejnou hodnotou clustering indices), typ grafu je red-blue plot. Červená zóna vymezuje plochu statisticky významné pozitivní agregace (patch, hodnoty clustering indices 1,5 a více), modrá zóna je gap (hodnoty clustering indices  $-1,5$  a méně). Bílá zóna = náhodná disperze (random distribution)

V Tabulce 2 je uveden výběr z výsledků SADIE analýz sběrů a odpočtů získaných z monitorovacího porostu o velikosti  $1,80 \text{ ha}$ , ve kterém bylo rozmístěno 25 hodnotících míst. Byly zde kombinovány sběry z padacích pastí (pitfall traps), což se týká střevlíkovitých (Carabidae), drabčíkovitých (Staphylinidae), pavouků z čeledi *Linyphiidae* a *Lycosidae* (juvenilní stadia nezapočítávána), mnohonožek (Diplopoda), stejnonožců (Isopoda) a epigeických forem chvostokoků (Collembola). Dále přímé odpočty (zaplevelení – *weed density*) a rozborů záchyťů do žlutých misek. Z tabulky vyplývá, že pouze ve dvou

případech byla zaznamenána signifikantní agregace, a to u samic k. čtyřzubého schopných klást vajíčka (podobě jako v případě uvedeném v Tabulce 1). Nesignifikantní tendenci k agregaci lze pozorovat u střevlíka *N. brevicolis* a stejnoonožců.

Tabulka 2 - Výsledky SADIE popisující charakter disperze několika organismů či znaků (např. úroveň poškození) v porostu řepky ozimé v různých termínech hodnocení během jara 2024 (pokusné pole Šumperk, pravoúhlá sběrná mřížka 5 × 5 = 25 hodnotících míst, rozměry monitorovaného pozemku: 180 m × 100 m = 1,80 ha).

hodnocený organismus / znak	Datum 2024	<sup>1</sup> Celkový index agregace $I_a$	P (pro $I_a$ )	<sup>2</sup> Celkový index $V_j$	P (pro $V_j$ )	<sup>3</sup> Celkový index $V_i$	P (pro $V_i$ )
<i>Nebria brevicolis</i>	29.4.–14.5.	1,16	0,1993	-1,17	0,1961	0,99	0,3886
<i>Poecilus cupreus</i>	29.4.–14.5.	1,14	0,2189	-1,14	0,2061	0,93	0,5227
<i>Anchonomus dorsalis</i>	29.4.–14.5.	1,08	0,2779	-1,14	0,2157	0,97	0,4573
<i>Amara</i> sp.	29.4.–14.5.	0,91	0,5845	-0,84	0,7364	1,06	0,3002
<i>Bembidion lampros</i>	29.4.–14.5.	0,83	0,7619	0,76	0,8825	0,84	0,7230
Collembola	29.4.–14.5.	0,86	0,703	0,90	0,6055	0,87	0,6745
Diplopoda	29.4.–14.5.	0,98	0,4406	-0,74	0,9353	1,09	0,2790
Drabčici ( <i>Staphylinidae</i> )	29.4.–14.5.	0,89	0,6647	-0,97	0,4738	0,85	0,7327
<i>H. distinguendus</i> + <i>H. affinis</i>	29.4.–14.5.	1,12	0,2428	-1,04	0,3226	1,12	0,2283
Isopoda	29.4.–14.5.	1,26	0,1252	-1,09	0,2896	1,08	0,2834
Pavouci ( <i>Linyphiidae</i> + <i>Lycosidae</i> )	29.4.–14.5.	0,85	0,7267	-0,95	0,4905	0,96	0,4845
% povrchu půdy pokryté plevelel ( <i>weed density</i> )	28.05.	1,17	0,1949	-1,09	0,2611	1,15	0,2112
K. čtyřzubý, poškození stonků od larev (cm)	05.06.	0,81	0,8157	-0,85	0,7213	0,77	0,8508
K. čtyřzubý, samice kladoucí (22.3.24)	<b>22.03.</b>	<b>1,52</b>	<b>0,0394</b>	-1,11	0,2574	<b>1,58</b>	<b>0,0347</b>
K. čtyřzubý, samice kladoucí (26.3.24)	<b>26.03.</b>	<b>1,68</b>	<b>0,0121</b>	-1,19	0,1668	<b>1,57</b>	<b>0,0307</b>
<sup>1</sup> když je hodnota $I_a$ větší než 1 pro $P < 0,05$ , odpočty daného organismu / znaku jsou v porostu statisticky významně agregovány (do shluků – clusterů)							
<sup>2</sup> v porostu se nachází statisticky významné "gapy" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota $V_j$ menší než -1 pro $P < 0,05$							
<sup>3</sup> v porostu se nachází statisticky významné "pachy" u sledovaného organismu / znaku, jestliže je hodnota $V_i$ větší než 1 pro $P < 0,05$							
<sup>4</sup> tučné písmo upozorňuje na případy, ve kterých byla zaznamenána signifikantní agregace, přítomnost "pachů" nebo "gapů" či obojího v porostu							

### 3.3 Prostorové a časové asociace mezi disperzními vzorci

To, že je každé hodnotě znaku na daném místě v hodnotící mřížce reprezentující konkrétní místo v porostu prostřednictvím SADIE přiřazena určitá hodnota *clustering index*, poskytuje informaci nejen o tom, jak dané místo přispívá k charakteru disperze (*distribution pattern*) daného znaku v porostu. Clustering index je bezrozměrné a těž numericky od původních hodnot oproštěné číslo. To umožňuje porovnávat na základě *clustering indices* sestavené disperzní vzorce pro různé znaky, pokud jejich hodnoty byly získány ze stejné

hodnotící mřížky. Lze tak kvantifikovat míru podobnosti (nebo naopak rozdílnosti) porovnávaných disperzních vzorců, určit, jestli jsou statisticky významně prostorově asociovány (nebo naopak disociovány), či jestli mezi nimi není signifikantní prostorový vztah. Signifikantní prostorová asociace (lze si představit jako pozitivní prostorovou korelaci) nastává tehdy, když u obou porovnávaných disperzních vzorců dochází k souladu rozložení hodnot *clustering indices* (*patche* pasují na *patche*, *gapy* pasují na *gapy*). Signifikantní prostorová disociace je opakem, rozložení hodnot *clustering indices* u obou porovnávaných souborů je v rozporu (v místech kde jsou u jednoho případu vysoké kladné hodnoty, u druhého jsou hodnoty záporné), tam kde jsou v jednom vzorci *patche*, ve druhém jsou *gapy*.

Výpočet prostorové asociace v SADIE (jde o druhý krok, ke kterému se používá navazující software; Quick Association v2.0; viz příloha 2) je založen na srovnávání *clustering indices* spočítaných pro jednotlivá hodnotící místa obou porovnávaných případů disperzních vzorců získaných ze stejného porostu (= přesněji ze stejné hodnotící mřížky – hodnotící místa a jejich koordináty se musí shodovat). Pro každé hodnotící místo se vyjádří parciální index asociace / disociace  $x$  (kladná hodnota znamená asociaci v daném místě, záporná hodnota disociaci) a z něho se pak získá celkový index asociace / disociace  $X$ .

Kladná hodnota  $X$  vyjadřuje celkovou úroveň prostorové asociace mezi dvěma sadami indexů clusterizace; jinak řečeno jde o kvantifikaci podobnosti mezi dvěma disperzními vzorci.  $P$  pro kladnou hodnotu  $X$  by mělo být menší než 0,025, aby se prostorová asociace mohla označit za statisticky významnou.

Záporná hodnota  $X$  vyjadřuje celkovou úroveň prostorové disociace, jde o kvantifikaci rozdílnosti – opačnosti mezi dvěma disperzními vzorci (*gapy* v jednom vzorci pasují spíše na *patche* v druhém vzorci a naopak).  $P$  pro zápornou hodnotu  $X$  by mělo být naopak větší než 0.975, aby prostorová disociace mohla být označena jako signifikantní.

### 3.4 Hodnocení časoprostorových asociací mezi škůdci a jejich antagonisty v porostech řepky

Aspekt času se do hodnocení prostorových asociací mezi disperzními vzorci dostává tak, že se prostorová asociace hodnotí mezi disperzními vzorci, které nebyly získány ve stejném termínu hodnocení (ale ze stejné mřížky, hodnocení byla provedena jindy ale na stejných místech). Řada znaků se hodnotí opakovaně, neboť mají nějakou dynamiku. Lze tak porovnávat, jestli je disperze nějakého znaku (škůdce, antagonisty, symptomy poškození atd.) v porostu v čase stabilní. Mohou se např. porovnat disperzní vzorce pro kladoucí samice k. čtyřzubého pro sedm po sobě jdoucích termínů uvedených v Tabulce 1. Když jsou disperzní vzorce, spočítané pro jednotlivé termíny hodnocení, navzájem silně prostorově asociované (hodnota celkového indexu asociace  $X$  je kladná a výrazně vyšší než 0 pro  $P < 0,025$ ), pak je možno disperzi samic k. čtyřzubého označit jako v čase stabilizovanou. Tak tomu ale většinou není. Z Tabulky 3 vyplývá, že disperzní vzorec pro kladoucí samice k. čtyřzubého (5.3.24) je ve statisticky nevýznamné (ale přeci jen) asociaci s disperzním vzorcem pro kladoucí samice k. čtyřzubého ze 22.3. Když se srovnají disperzní vzorce pro

tyto samice z 5.3. a 26.3., jde již o disociaci, i když statisticky nevýznamnou. Naproti tomu disperzní vzorce ze 22.3. a 26.3. jsou statisticky významně vzájemně asociovány – lze to interpretovat tak, že rozložení počtů samic v porostu se mění (rozhodně není stabilní v čase), změna se ale nemusí projevit vždy mezi nejbližšími termíny hodnocení. Tímto způsobem lze hodnotit mnoho různých časo-prostorových vazeb (Tabulka 3). Z výsledků v této tabulce je třeba zřejmé, že blýskáček řepkový měl s vysokou pravděpodobností velmi výrazný dopad na snížení počtu šesulí na květenstvích: to potvrzuje signifikantní disociace mezi jeho disperzí v porostu a disperzí úrovní nasazení šesulí – kde bylo ke konci března hodně blýskáčeků bylo později málo šesulí. Disperzní vzorec pro úroveň poškození stonků larvami k. čtyřzubého je též v prostorové disociaci s výše zmíněným výnosovým prvkem – v tomto případě jde ale o nesignifikantní disociaci. Negativní dopad krytonosce čtyřzubého na snížení počtu šesulí byl tedy v hodnoceném porostu nižší než vliv blýskáčka řepkového. A takto lze interpretovat další typy prostorových asociací a vyvozovat z nich někdy velmi zajímavé závěry.

Stejný postup umožňuje zaměřit se na škůdce a jejich antagonisty a na prostorové a časové vazby mezi nimi. Pár příkladů navazujících hlavně na případy uvedené již v Tabulce 2 shrnuje Tabulka 4. Dospělci škůdců se obvykle nacházejí v porostu s větším či menším předstihem před přirozenými nepřáteli (predátory, parazitoidy) jejich larev. Do jaké míry jsou časově a prostorově asociovány disperzní vzorce výše zmíněných kladoucích samic k. čtyřzubého (získané na základě hodnocení provedených v březnu a dubnu) s disperzním vzorcem pro úroveň poškození stonků larvami tohoto druhu (hodnocení z června) a s disperzními vzorci sestavenými pro sumy záchytů různých druhů střevlíkovitých a drabčikovitých v padacích pastích za období, které odpovídá času, kdy stonky řepek opouští larvy krytonosce čtyřzubého (29.4. – 14.5.24)? Všechny tyto složité vazby (a ve skutečnosti mnohem více) umožňuje alespoň trochu osvětlit zde popisovaný způsob hodnocení. Disperzní vzorce pro kladoucí samice k. čtyřzubého (z různých termínů) jsou více či méně prostorově asociovány s disperzí úrovní poškození stonků jejich larvami (zde to demonstruje Tabulka 3). Z výsledků v Tabulce 4 je zřejmé, že se poněkud silnější (i když statisticky nevýznamná) prostorová asociace s disperzí úrovní poškození stonků larvami k. čtyřzubého (více poškozené stonky = vyšší počet larev, které z nich vypadávaly) projevila u dvou druhů střevlíkovitých brouků v době, kdy k výpadu larev z rostlin dochází. U *N. brevicolis* a *A. dorsalis*. S výjimkou malého střevlíčka druhu *B. lampros* (zde byla poměrně silná disociace) byly ale i ostatní druhy střevlíkovitých (*Amara* sp., *Harpalus distinguendus* + *H. affinis*, *P. cupreus*) a drabčící přitahováni do míst, kde z rostlin vypadávalo více larev (larvy všech řepkových škůdců se kuklí v zemi; v určitou dobu tedy vypadávají z rostlin na zem; než se jim podaří dostat pod povrch jsou vystaveni útokům predátorů – střevlíkovití a drabčikovití). Granivorní skupiny střevlíků (*Amara* sp., *Harpalus affinis* + *H. distinguendus*) byly prostorově asociovány s disperzí úrovní zaplevelení. Z výše uvedených příkladů by mělo být zřejmé, jak lze výsledky SADIE využít k hodnocení a interpretaci časo-prostorových vazeb mezi různými skupinami škodlivých a benefičních organismů.

Tabulka 3 - Výsledky analýzy zaměřené na srovnání prostorové asociace / disociace mezi vybranými dvojicemi disperzních vzorců stanovených prostřednictvím SADIE pro různé organismy (znaky) získané na základě sběrů a odpočtů z jednoho porostu řepky ozimé buď ve stejných nebo různých termínech v roce 2024 (pokusné pole Šumperk, pravoúhlá sběrná mřížka  $6 \times 5 = 30$  hodnoticích míst, rozměry monitorovaného pozemku:  $180 \text{ m} \times 130 \text{ m} = 2,34 \text{ ha}$ ).

1. organismus / znak (datum 2024)	2. organismus / znak (datum 2024)	Celkový index asociace $X^{1,2}$	P (pro $X$ ) <sup>3</sup>	Charakter prostorového vztahu dvou disperzních vzorců <sup>4</sup>
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (5.3.)	k. čtyřzubý ♀ schopné klást (22.3.)	0,3028	0,0534	asociace
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (5.3.)	k. čtyřzubý ♀ schopné klást (26.3.)	-0,0969	0,6848	disociace
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (22.3.)	<b>k. čtyřzubý ♀ schopné klást (26.3.)</b>	<b>0,4521</b>	<b>0,0119</b>	<b>asociace</b>
k. čtyřzubý samci (22.3.)	<b>k. čtyřzubý samice (22.3.)</b>	<b>0,5058</b>	<b>0,0048</b>	<b>asociace</b>
k. čtyřzubý samci (26.3.)	<b>k. čtyřzubý samice (26.3.)</b>	<b>0,8977</b>	<b>0,0001</b>	<b>asociace</b>
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (22.3.)	počet šešulí na terminálu (5.6.)	-0,1800	0,806	disociace
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (26.3.)	počet šešulí na terminálu (5.6.)	0,2596	0,1035	asociace
k. čtyřzubý ♀ schopné klást, (22.3.)	poškození stonků larvami k. čtyřzubého (5.6.)	0,2115	0,154	asociace
k. čtyřzubý ♀ schopné klást (26.3.)	poškození stonků larvami k. čtyřzubého (5.6.)	0,096	0,3085	asociace
blýskáček (22.3.)	k. čtyřzubý kladoucí samice (22.3.)	-0,064	0,613	disociace
blýskáček (22.3.)	k. čtyřzubý samci (22.3.)	0,0975	0,3403	asociace
blýskáček (22.3.)	k. čtyřzubý samice (22.3.)	0,2545	0,0948	asociace
ďřepčici r. Phyllotreta (5.3.)	blýskáček (5.3.)	0,3987	0,0437	asociace
blýskáček (22.3.)	<b>počet šešulí na vedlejších větvích</b>	<b>-0,3646</b>	<b>0,9522</b>	<b>disociace</b>
blýskáček (22.3.)	<b>počet šešulí na terminálu</b>	<b>-0,5981</b>	<b>0,9828</b>	<b>disociace</b>
poškození stonků larvami k. čtyřzubého (5.6.)	počet šešulí na terminálu (5.6.)	-0,065	0,6331	disociace
poškození stonků larvami k. čtyřzubého (5.6.)	počet šešulí na vedlejších větvích (5.6.)	-0,0966	0,6801	disociace
poškození stonků larvami k. čtyřzubého (5.6.)	tmavé léze na stonku (5.6.)	0,1401	0,2309	asociace
tmavé léze na stonku (5.6.)	počet šešulí na terminálu (5.6.)	-0,198	0,7902	disociace
tmavé léze na stonku (5.6.)	počet šešulí na vedlejších větvích (5.6.)	0,1649	0,193	asociace

<sup>1</sup>*kladná hodnota X vyjadřuje celkovou úroveň **prostorové asociace** (neboli souladu či prostorové autokorelace) mezi dvěma sadami indexů clusterizace (clustering indices – ty jsou spočítané pro každé hodnotící místo obou sad); jinak řečeno jde o kvantifikaci podobnosti mezi dvěma disperzními vzorci (více či méně zde na sebe navzájem prostorově pasují gap na gap a patch na patch)*

<sup>1</sup> <b>záporná hodnota X</b> vyjadřuje celkovou úroveň <b>prostorové disociace</b> – jde tedy o opak toho, co je popsáno výše; jinak řečeno jde o kvantifikaci rozdílnosti mezi dvěma disperzními vzorci (gapy v jednom vzorci pasují spíše na patche v druhém vzorci a naopak)
<sup>2</sup> <b>P pro kladnou hodnotu X</b> by mělo být <b>menší než 0,025</b> , aby se <b>prostorová asociace</b> mohla označit za statisticky významnou; <b>P pro zápornou hodnotu X</b> by mělo být <b>naopak větší než 0,975</b> , aby <b>prostorová disociace</b> mohla být označena jako signifikantní
<sup>4</sup> <b>zeleným podsvícením jsou označeny asociace, oranžovým disociace; tučné písmo je užito tam, kde jde o signifikantní asociaci nebo disociaci</b>

Tabulka 4 - Výsledky analýzy zaměřené na srovnání prostorové asociace / disociace mezi vybranými dvojicemi disperzních vzorců stanovených prostřednictvím SADIE pro různé organismy (znaky) získané na základě sběrů a odpočtů z jednoho porostu řepky ozimé buď ve stejných nebo různých termínech v roce 2024 (pokusné pole Šumperk, pravoúhlá sběrná mřížka 5 × 5 = 25 hodnotících míst, rozměry monitorovaného pozemku: 180 m × 100 m = 1,80 ha).

1. organismus / znak (datum 2024)	2. organismus / znak (datum)	Celkový index asociace X <sup>1,2</sup>	P (pro X) <sup>3</sup>	Charakter prostorového vztahu dvou disperzních vzorců <sup>4</sup>
<i>Amara</i> sp. (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,06	0,4227	asociace
<i>Anchonemus dorsalis</i> (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,65	0,1063	asociace
<i>Bembidion lampros</i> (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	-0,57	0,8570	disociace
Drabčici ( <i>Staphylinidae</i> ) (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,20	0,3436	asociace
<i>H. distinguendus</i> + <i>H. affinis</i> (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,21	0,3004	asociace
<i>Nebria brevicolis</i> (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,56	0,0997	asociace
Pavouci ( <i>Linyphiidae</i> + <i>Lycosidae</i> ) (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	-0,46	0,8668	disociace
<i>Poecilus cupreus</i> (29.4.–14.5.)	poškození stonků od larev k. čtyřzubého (5.6.)	0,01	0,4696	asociace
<i>A. dorsalis</i> (29.4.–15.4.)	Collembola (29.4.–14.5.)	-0,53	0,8946	disociace
<i>Amara</i> sp. (29.4.–14.5.)	Collembola (29.4.–14.5.)	-0,34	0,8212	disociace
<i>Bembidion lampros</i> (29.4.–14.5.)	Collembola (29.4.–14.5.)	0,33	0,2107	asociace
<i>H. distinguendus</i> + <i>H. affinis</i> (29.4.–14.5.)	Collembola (29.4.–14.5.)	-0,47	0,8541	disociace
<i>P. cupreus</i> (29.4.–14.5.)	Collembola (29.4.–14.5.)	-0,16	0,6043	disociace
<i>Nebria brevicolis</i> (29.4.–14.5.)	Collembola (29.4.–14.5.)	-0,18	0,6737	disociace
<i>H. distinguendus</i> + <i>H. affinis</i> (29.4.–14.5.)	zaplevelení (28.5.)	0,23	0,3007	asociace
<i>Amara</i> sp. (29.4.–14.5.)	zaplevelení (28.5.)	-0,12	0,5835	disociace

<sup>1</sup>**kladná hodnota X** vyjadřuje celkovou úroveň **prostorové asociace** (neboli souladu či prostorové autokorelace) mezi dvěma sadami indexů clusterizace (*clustering indices* – ty jsou spočítané pro každé



*hodnotící místo obou sad); jinak řečeno jde o kvantifikaci podobnosti mezi dvěma disperzními vzorci (více či méně zde na sebe navzájem prostorově pasují gap na gap a patch na patch)*

<sup>2</sup>***záporná** hodnota  $X$  vyjadřuje celkovou úroveň **prostorové disociace** – jde tedy o opak toho, co je popsáno výše; jinak řečeno jde o kvantifikaci rozdílnosti mezi dvěma disperzními vzorci (gapy v jednom vzorci pasují spíše na patche v druhém vzorci a naopak)*

<sup>3</sup>***P** pro **kladnou** hodnotu  $X$  by mělo být **menší než 0,025**, aby se **prostorová asociace** mohla označit za statisticky významnou; **P** pro **zápornou** hodnotu  $X$  by mělo být naopak **větší než 0,975**, aby **prostorová disociace** mohla být označena jako **signifikantní***

<sup>4</sup>*zeleným podsvícením jsou označeny asociace, oranžovým disociace; tučné písmo je užito tam, kde jde o **signifikantní asociaci** nebo **disociaci***

### 3.5 Možnosti využití SADIE v ochraně rostlin, využití a interpretace získaných dat

Možnost porovnávat disperzní vzorce sestavené pro různé organismy má pro výzkum zaměřený na hledání časoprostorových vazeb mezi hmyzími škůdci řepky a jejich antagonisty a také na hodnocení dopadů různých agronomických (či jiných) opatření na tyto vztahy velký význam.

## 4 Srovnání „novosti postupů“

Důležitým aspektem předkládané metodiky je způsob analýzy primárních dat metodou *Spatial Analysis by Distance Indices* (SADIE), která byla vyvíjena a ověřovaná v průběhu 90. let dvacátého století a v první dekádě 21. století na výzkumném pracovišti IACR Rothamsted (Harpenden, UK) a University of Plymouth (UK) biostatistikem prof. J. N. Perry a krajinným ekologem L. Winderem (Perry 1995, Perry 1998ab, Perry et al. 1996, Winder et al. 1998, Perry et al. 1999, Warner et al. 2000, 2003, 2008, Blackshaw & Vernon 2006 a další). Pokud jsou primární data z porostů sesbírána vhodným způsobem (jakým způsobem to udělat je též podstatnou částí této metodiky), je tato metoda analýzy velmi vhodná pro popis prostorových charakteristik shromážděných dat i pro vzájemné srovnávání těchto charakteristik (disperzních vzorců) zjištěných pro různé typy dat (např. pro dva různé organismy – škůdce a jeho predátora – Association analysis jako druhý krok SADIE). Metoda SADIE nebyla dosud v ČR (mimo okruh autorských pracovišť, Seidenglanz et al. 2022, 2023, Šafář et al. 2018ab), i přes její velký potenciál pro rostlinolékařský a agroekologický výzkum a praktické využití dat využívána, pokud je autorům práce známo. Za novum, které tato metodika přináší, je tak možno považovat už jen představení tohoto analytického postupu české odborné veřejnosti.

Vlastní originální podstatou této metodiky jako celku jsou výsledky rozsáhlých (velkoplošných) pokusů prováděných ve většině případů na komerčních farmách, doplněné o výsledky pocházející z velkoparcelními monitorovacími pokusy provedených na pracovišti Agritec v letech 2022–2024, během kterých bylo shromážděno relativně velké množství dat. Ta byla využita při hledání optimálních postupů sběru dat vztahujících se k organismům, na které se tato metodika soustředí. Šlo o hledání odpovědí na otázky: jak

hodnotit jednotlivé škůdce, jak jejich predátory a parazitoidy – jaké metody a pasti použít, jakým způsobem a kolik jich rozmístit, jak jsou hodnocení časově náročná (atd.)? Dále šlo o hledání optimální časové provázanosti hodnocení škůdců a jejich jednotlivých antagonistů. Zde jde o otázky typu: kdy a jak hodnotit škůdce a kdy začít (s jakým zpožděním) s hodnocením jeho antagonistů a jak daná hodnocení provázat, když jsou k hodnocení odlišných organismů používány různé metody, např. pitfall traps pro střevlíky jako predátory a úroveň poškození rostlin způsobené larvami některého ze škůdců – hostitele – jako nepřímého znaku ukazujícího na jejich výskyt, když hodnocení abundance larev samotných je velmi časově náročné? Lze taková hodnocení provázat, lze pro různé organismy použít poněkud jiný počet sběrných míst (atd.)? Další novum této metodiky tedy také spočívá ve vyřešení těchto metodických detailů, které by nebylo možné bez předcházející experimentální činnosti.

## 5 Popis uplatnění metodiky

Cílem autorského kolektivu je představit odborné veřejnosti, to je vědeckým a výzkumným pracovníkům v oborech ochrana rostlin, zemědělská entomologie, ekologie, dále univerzitním studentům výše zmíněných oborů a pracovníkům státní správy zaměřujícím se na oblast ochrany rostlin a správného nakládání s přípravky na ochranu rostlin, metodu, která, bude-li využívána, vnese větší vhléd do časo-prostorových asociací mezi disperzí škůdců a jejich přirozených nepřátel v agroekosystémech, což je podmínkou pro zlepšení systémů integrované ochrany rostlin a pro možnost účelně začlenit benefiční organismy do těchto systémů.

Metodika bude používána všemi autorskými pracovišti v následujícím období řešení projektu, jehož je výsledkem (viz dedikace). Po skončení projektu bude využívána těmito pracovišti i nadále, neboť zaměření metodiky je v souladu s dlouhodobými cíli a tematickými prioritami těchto pracovišť.

Autoři budou nápomocni každému, kdo by měl v úmyslu předkládanou metodiku využít k experimentální či jakékoliv další (např. edukační) činnosti.

## 6 Ekonomické aspekty

Podmínkou pro zlepšení systémů integrované ochrany rostlin a pro možnost účelně do těchto systémů začlenit antagonisty škůdců je detailnější znalost o časoprostorových vazbách mezi škůdci a jejich antagonisty. Řada prací poukazuje na nárůst problémů s rezistencí u několika důležitých druhů řepkových škůdců a rychlé šíření rezistentních populací těchto druhů v rámci ČR (např. Hrudová et al. 2021, Seidenglanz et al. 2020a,b, 2021a,b, Stará & Kocourek 2019) potažmo EU (Brandes 2016, Eickermann 2008, Heimbach 2005, 2006, Heimbach & Müller 2013, Heimbach et al. 2007, Nauen 2005, 2007 a mnoho dalších), na neudržitelnost (Alford 2003, Barari et al. 2006) a vysokou závislost uplatňovaných pěstebních technologií na syntetických insekticidech a pesticidech obecně (Döring

& Ulber 2020, Eickermann & Ulber 2010, Hoarau et al. 2022, Ortega-Ramos et al. 2022). Z toho plyne potřeba zaměřit se výzkumně a prakticky na možnost využití a účelného začlenění různých alternativních možností do systémů integrované ochrany rostlin řepky proti škůdcům, protože pouze na insekticidech jej již nelze stavět. Z řady studií ale současně vyplývá, že začleňování potenciálně významných antagonistů škůdců je dosud nevýznamné a nesystematické (Ali & Agrawal 2012, Búchs & Alford 2003, Hoarau et al. 2022, Hokkanen et al. 2006, Kevvái et al. 2006, Trdan et al. 2008, Williams 2010, Zheng et al. 2020). To se ovšem nezlepší, pokud se výrazně nezvýší výzkumné úsilí v tomto směru a nezvýší se množství dat získaných vhodnými metodami, po jejichž analýze bude možné začít podnikat kroky a zavádět metody ochrany porostů, které budou více postavené na účelném využití antagonistů škůdců a dalších alternativních přístupů (Hoarau 2020).

Ekonomické aspekty spojené s uplatněním této metodiky tedy nesouvisí ani tak s možnými finančními přínosy jako spíše v zabránění možným finanční ztrátám. K těm dojde, když se současné přístupy k ochraně porostů řepky nezmění.

## 7 Seznam použité související literatury

- Alford DV, Nilsson C & B Ulber (2003): Insect pests of oilseed rape crops. In: DV Alford (ed), *Biocontrol of Oilseed Rape Pests*. Blackwell Science, Oxford, 9-41.
- Ali JG, Agrawal AA (2012): Specialist versus generalist insect herbivores and plant defense. *Trends Plant Science* 17, 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.02.006> PMID: 22425020
- Bailey TC & Gatrell AC (1995): *Interactive spatial data analysis*. Longman Scientific & Technical.
- Barari H., Ferguson AW, Piper RW, Smith E., Quicke DLJ, Williams IH (2005): The separation of two hymenopteran parasitoids, *Tersilochus obscurator* and *Tersilochus microgaster* (Ichneumonidae), of stem mining pests of winter oilseed rape using DNA, morphometric and ecological data. *Bulletin of Entomological Research* 95(04), 299-307.
- Barari H, Cook SM & Williams IH (2006): Rearing and identification of the larval parasitoids of *Psylliodes chrysocephala* and *Ceutorhynchus pallidactylus* from field-collected specimens. *IOBC/wprs Bulletin* 29 (7), 215-223.
- Betencourt S. et al. (2012): Characterising metabolic resistance in pyrethroids-insensitive pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) from Poland and Switzerland. *Pest Management Science* 67, 239-243.
- Blackshaw RP, Vernon RS (2006): Spatiotemporal stability of two beetle populations in non-farmed habitats in an agricultural landscape. *Journal of Applied Ecology* 43, 680-689.
- Brandes M (2016): Effects of different insecticide applications on population development of pollen beetle (*Meligethes aeneus* (Fabricius)) on oilseed rape (*Brassica napus* L.).

- Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen, November 2016.
- Büchs W, Alford D (2003): Predators of oilseed rape pests. In: D.V. Alford (Ed.), *Biocontrol of oilseed rape* (pp. 181-199). Blackwell Science Ltd.
- Clarke J, Wynn S, Twining S, Berry P, Cook S, Ellis S, Gladders P. (2009): Pesticide availability for cereals and oilseeds following revisions of Directive 91/414/EEC; Effects of losses and new research priorities. *Research Review* 70. HGCA, London, 127pp.
- Cocu N, Conrad K, Harrington R, Rounsevell MDA (2005): Analysis of spatial patterns at a geographical scale over north-western Europe from point-referenced aphid count data. *Bulletin of Entomological Research* 95, 47-57.
- Dale MRT (1999): *Spatial pattern analysis in plant ecology*. Cambridge Univ. Press.
- Dale MRT et al. (2002): Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. *Ecography* 25, 558-577.
- Diggle PJ (2002): *Statistical analysis of spatial point patterns*. Oxford Univ. Press.
- Dowling A. et al. (2021): Legume-oilseed intercropping in mechanised broadacre agriculture – a review. *Field Crops Research* 260. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107980>
- Döring A, Ulber B (2020): Performance of cabbage stem flea beetle larvae (*Psylliodes chrysocephala*) in brassicaceous plants and the effect of glucosinolate profiles. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168, 200-208.
- Eickermann M (2008): Effect of *Brassica* genotype on the infestation by cabbage stem weevil *Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.) (Col.: Curculionidae) and the parasitism of stem weevil larvae. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen, Dezember 2008.
- Eickermann M & Ulber B (2010): Screening of oilseed rape and other brassicaceous genotypes for susceptibility to *Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.). *Journal of Applied Entomology* 134, 542-550.
- Eickermann M, Beyer M, Gorgen K, Hoffmann L, Junk J (2014): Shifted migration of the rape stem weevil *Ceutorhynchus napi* (Coleoptera: Curculionidae) linked to climate change. *European Journal of Entomology* 111. DOI: 0.14411/eje.2014.018
- Ferguson AW, Campbell JM, Warner DJ, Watts NP, Schmidt JEU, Williams IH (2004): Phenology and spatial distribution of *Dasineura brassicae* and its parasitoids in a crop of winter oilseed rape: Implications for integrated pest management. *IOBC/wprs Bulletin*, 27(4): 243-252.
- Gillbard E (2019): Survey reveals true cost of flea beetle on oilseed rape yields. *Farmers Wkly.* (online) Available at: <https://www.fwi.co.uk/arable/harvest/survey-reveals-true-cost-of-flea-beetle-on-oilseed-rape-yields> Accessed 30th June 2020.
- Greig-Smith P (1952): The use of random and contiguous quadrats in the study of the structure of plant communities. *Annals of Botany* 16, 293-316.
- Hansen LM (2003): Insecticide-resistant pollen beetles (*Meligethes aeneus* F) found in Danish oilseed rape (*Brassica napus* L) fields. *Pest Management Science* 59, 1057-1059.

- Hassell MP & May RM (1973): Stability in insect-host parasite models. *Journal of Animal Ecology* 42, 693-726.
- Heimbach U (2005): Ausschuss für Resistenzfragen-Insektizide und Akarizide, Bericht über das erste Treffen im Februar 2005 in der BBA in Braunschweig. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 57, 172-173.
- Heimbach U, Müller A (2006): Achtung: Resistente Rapsschädlinge. *DLZ Agrarmagazin* 2/2006, 40-43.
- Heimbach U, Müller A, Thieme T (2007): Pyrethroid resistance in pest insects of oilseed rape in Germany. *Proceedings GCIRC, 12<sup>th</sup> Internat. Rapeseed Congress, Wuhan, 26 – 30 March 2007*, 4: 246-249.
- Heimbach U, Müller A (2013): Incidence of pyrethroid-resistant oilseed rape pests in Germany. *Pest Management Science* 69, 209216.
- Hoarau C, Campbell H, Prince G, Chandler D, Pope T (2022): Biological control agents against the cabbage stem flea beetle in oilseed rape crops. *Biological Control* 167. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104844>
- Højland DH, Kristensen M (2018): Target-site and metabolic resistance against  $\lambda$ -cyhalothrin in cabbage stem flea beetles in Denmark. *Bulletin of Insectology* 71, 45-49.
- Hokkanen HM, Zec-Vojinovic M, Büchs W, Husberg GB, Klukowski Z, Luik A (2006): Effectiveness of entomopathogenic nematodes in the control of OSR pests. *Proc. MASTER Final Symp. Göttingen*.
- Holland JM, Perry JN, Winder L (1999): The within field spatial and temporal distribution of arthropods in winter wheat. *Bulletin of Entomological Research* 89, 499-513.
- Hughes G, Madden LV (1993): Using the beta-binominal distribution to describe aggregated patterns of plant disease incidence. *Phytopathology* 83, 759-763.
- Madden LV, Hughes G (1995): Plant disease incidence: distributions, heterogeneity, and temporal analysis. *Annual Review of Phytopathology* 33, 529-564.
- Iderawumi IM et al. (2012): The yield response of oilseed rape to plant population density. *Journal of Agricultural Science*. DOI: 10.1017/S0021859614001373.
- Jansen J-P, Gomez GSMY (2014): A large field trial to assess the short-term and long-term effects of 4 insecticides used to control the pollen beetle on parasitic hymenoptera in oilseed rape. *Integrated Control in Oilseed Crops IOBC-WPRS Bulletin* 104, 67-74.
- Jensen JE (2015a) Perspectives on the implementation of IPM in EU – the advisory perspective. In: Paper given in IPM innovation in Europe, Poznan, Poland January 15-17, 2015. [www.pure-ipm.eu/node/430](http://www.pure-ipm.eu/node/430). Accessed April 2017
- Jensen ES et al. (2015b): Enhancing yields in organic crop production by eco-functional intensification. *Sustainable Agriculture Research* 4(3). DOI:10.5539/sar.v4n3p42
- Junk J, Eickermann M, Gorgen K, Beyer M, Hoffmann L (2012): Ensemble based analysis of regional climate change effects on the cabbage stem weevil (*Ceutorhynchus pallidactylus* (Mrsh.)) in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural Science* 150, 191-202.

- Kaiser C, Jensen K-MV, Nauen R, Kristensen M (2018) Susceptibility of Danish pollen beetle populations to lambda-cyhalothrin and thiacloprid. *Journal of Pest Science* 91, 447-458.
- Kevvää R, Veromann E, Luik A, Saarnit M (2006): Cabbage seed weevil (*Ceutorhynchus assimilis* Payk.) and its parasitoids in oilseed rape crops in Estonia. *Agronomy Research* 4 (Special Issue), 227-230.
- Köhler H, Triebkorn R. (2013): Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? *Science* 341, 759-765.
- Lloyd M (1967): Mean crowding. *Journal of Animal Ecology* 36, 1-30.
- Nauen R (2005): Insecticide resistance in European agriculture: Research instead of rumours. Proc. BCPC Internat. Congr. - Crop Science & Technology, BCPC, Alton, Hants, UK, Vol. 3A-1, 123-130.
- Nauen R (2007): Pyrethroid resistance and its management in European populations of pollen beetles, *Meligethes aeneus*, in winter oilseed rape. Proc. XVI International Plant Prot. Congr., 7B-3, 522-523.
- Ortega-Ramos PA, Coston DJ, Seimandi-Corda G, Mauchline AL, Cook SM (2022): Integrated pest management strategies for cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*) in oilseed rape. *GCB Bioenergy* 14, 267-286.
- Perry JN (1995): Spatial Analysis by distance indices. *Journal of Animal Ecology* 64, 303-314.
- Perry JN (1998a): Measures of spatial pattern and spatial association for counts of insects. In *Population and Community Ecology for Insect Management and Conservation*, ed. Baumgartner J., Brandmayr P. & Manly BFJ. Rotterdam: Balkema, pp. 21-33.
- Perry JN (1998b): Measures for spatial pattern for counts. *Ecology* 79, 1008-1017.
- Perry JN, Bell ED, Smith RH, Woiwod IP (1996): SADIE: software to measure and model spatial pattern. *Aspects of Applied Biology* 46, 95-102.
- Perry JN, Winder L, Holland JM, Alston RD (1999): Red-blue plots for detecting clusters in count data. *Ecology Letters* 2, 106-113.
- Philippou D, Field LM, Wegorek P, Zamojska J, Andrews MC, Slater R, Moores GD (2011): Characterising metabolic resistance in pyrethroids-insensitive pollen beetles (*Meligethes aeneus* F.) from Poland and Switzerland. *Pest Management Science* 67, 239-243.
- Richardson DM (2008): Summary of findings from a participant country pollen beetle questionnaire. *EPPO Bulletin* 38, 68-72.
- Robertson GP, Swinton SM (2005): Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 3, 38-46
- Roques SE & Berry PM (2015): The yield response of oilseed rape to plant population density. *Journal of Agricultural Science*. DOI: 10.1017/S0021859614001373.
- Seidenglanz M, Muñoz Arbeález M, Šafář J (2021): Poškozením od dřepčíka olejkového lze do jisté míry předcházet. *Úroda* 69(7), 41-45.

- Seidenglanz M, Šafář J, Muñoz Arbeláez M, Heděnc P, Hrudová E, Bajerová R, Kolařík P (2022): Problems in cabbage stem weevil control (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh.) in winter oilseed rape. *Plant Protection Science* 58, 220-233. <https://doi.org/10.17221/153/2021-PPS>
- Seidenglanz M, Blažek L, Hanáková Bečvářová P, Muñoz Arbeláez M, Šafář J, Kumar R (2023): Vliv způsobu založení porostu řepky na disperzi dřepčíka olejkového a jeho přirozených nepřátel. *Úroda – vědecká příloha* 71(12), 179-186.
- Stará J, Kocourek F (2019): Cabbage stem flea beetle's (*Psylliodes chrysocephala* L.) susceptibility to pyrethroids and tolerance to thiacloprid in the Czech Republic. *PLOS ONE* 14(9), e0214702. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214702>
- Šafář J, Seidenglanz M (2018a): Spatio-temporal associations between the distributions of insect pests and their parasitoids in winter oilseed rape crops. *IOBC-WPRS Bulletin*, Vol. 136: 37-42. ISBN 978-92-9067-321-7
- Šafář J, Seidenglanz M (2018b): Rozdíly v disperzi škůdců v porostech řepky ozimé v interakci s blanokřídlými parazitoidy (Hymenoptera) škůdců řepky. *Úroda* 12, roč. LXVI, vědecká příloha, s. 263-266.
- Šafář J, Seidenglanz M (2019): Porosty řepky ozimé poskytují prostředí pro druhovou diverzitu přirozených nepřátel s trofickou vazbou ke škůdcům řepky. *Sborník příspěvků z konference Hluk: 20.11. – 21.11. 2019, Hluk: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin s.r.o., 2019, s. 160-166, ISBN 978-80-87065-91-4*
- Skellern MP, Cook SM (2018): The potential of crop management practices to reduce pollen beetle damage in oilseed rape. *Arthropod-Plant Interactions* 12, 867-879.
- Skevas T, Lansink O, Stefanou S (2013): Designing the emerging EU pesticide policy: a literature review. *NJSA – Wageningen Journal Life Sciences* 64-65, 95-103.
- Taylor LR, Woiwod IP, Perry JN (1978): The density-dependence of spatial behaviour and the rarity of randomness. *Journal of Animal Ecology* 47, 383-406.
- Temesgen ML et al. (2015): Cereal/legume rotation effects on rhizosphere bacterial community structure in west African soils. *Biology and Fertility of Soils* 37, 73-82.
- Trdan S, Vidrih M, Valic N, Laznik Ž (2008): Impact of entomopathogenic nematodes on adults of *Phyllotreta* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae) under laboratory conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 58(2), 169-175.
- Warner DJ, Allen-Williams LJ, Ferguson AW and Williams IH (2000): Pest-predator spatial relationships in winter rape: implications for integrated crop management. *Pest Management Science* 56, 977-982.
- Warner DJ, Allen-Williams LJ, Warrington S, Ferguson AW, Williams IH (2003): Mapping, characterisation, and comparison of the spatio-temporal distributions of cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*), carabids, and Collembola in a crop of winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 109, 225-234.
- Warner DJ, Allen-Williams LJ, Warrington S, Ferguson AW, Williams IH (2008): Implications for conservation biocontrol of spatio-temporal relationships between carabid

- beetles and coleopterous pests in winter oilseed rape. *Agricultural and Forest Entomology* 10(4), 375-387.
- Xu X, Madden LV (2003): Considerations for the use of SADIE statistics to quantify spatial patterns. *Ecography* 26/6, 821-829.
- Xu X, Madden LV (2004): Use of SADIE statistics to study spatial dynamics of plant disease epidemics. *Plant Pathology* 53, 38-49.
- Williams IH (2010): *Biocontrol-Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests*. Springer Science + Business Media B.V. 2010, 461 p.
- Willis CE, Foster SP, Zimmer CT, Elias J, Chang X, Field LM, Williamson MS, Davies TGE (2020): Investigating the status of pyrethroid resistance in UK populations of the cabbage stem flea beetle (*Psylliodes chrysocephala*). *Crop Protection* 138. DOI: /doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105316.
- Winder L, Holland JM & Perry JN (1998): The withinfield spatial and temporal distribution of the grain aphid (*Sitobion avenae*) in winter wheat. In *Proceedings of the 1998 Brighton Conference: Pests & Diseases*. Farnham, Surrey: BCPC, 1089-1094.
- Zheng X, Koopmann B, Ulber B, Tiedemann AV (2020): A global survey on diseases and pests in oilseed rape – Current challenges and innovative strategies of control. *Frontiers in Agronomy*, 2 (October), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fagro.2020.590908>.
- Zimmer CT, Nauen R (2011): Pyrethroid resistance and thiacloprid baseline susceptibility of European populations of *Meligethes aeneus* (Coleoptera: Nitidulidae) collected in winter oilseed rape. *Pest Management Science* 67, 599-608.

## 8 Seznam publikací, které předcházely metodice

- Hrudová E, Seidenglanz M, Bajerová R, Kocourek F, Kolařík P, Stará J, Hovorka T, Havel J, Nečasová A, Pražanová Ž (2020): Soubor map výskytu rezistentních nebo citlivých populací mšice broskvoňové (*Myzus persicae*), bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*), listopasů rodu *Sitona*, nosatčků rodu *Apion* a *Protapion* a krytonosce čtyřzubého (*Ceutorhynchus pallidactylus*) k insekticidům. Certifikovaná mapa s odborným obsahem, Mendelova univerzita v Brně, Česká republika. ISBN: 978-80-7509-770-5
- Hrudová, E.; Seidenglanz, M.; Tóth, P.; Poslušná, J.; Kolařík, P.; Havel, J. (2023): Pollen Beetles in Oilseed Rape Fields: Spectrum and Distribution in Czech Republic during 2011–2013. *Agriculture* 2023, 13, x.<https://doi.org/10.3390>
- Kocourek F, Hovorka T, Jursík M, Kazda J, Kolařík P, Plachká E, Skuhrovec J, Seidenglanz M, Šafář J (2018): Metodika integrované ochrany řepky vůči škodlivým organismům. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ISBN 978-80-7427-251-6: 56 stran.
- Seidenglanz M, Šafář J., Rubil N, Ruseňáková M, Roskóová V. (2020a): Control of cabbage stem weevil and pollen beetle with one insecticide application. *Plant Protection Science*, Vol. 56, No. 02: 92-100. ISSN 1212-2580. DOI: 10.17221/187/2015-PPS
- Seidenglanz M., Bajerová R., Šafář J. (2020b): Lze při extrémním výskytu stonkových krytonosců účinně ochránit porosty před poškozením? Sezona 2020 je velký zdroj



- informací do budoucna. Sborník příspěvků: Pěstování olejnin v sezoně 2019/20. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin SPZO s.r.o., 2020, s. 95-99, ISBN 978-80-87065-98-3
- Seidenglanz M, Šafář J, Muñoz M, Bajerová R., Hrudová E, Havel J, Kolařík P (2021a): Mechanismus rezistence blýskáčka řepkového k pyretroidům v Česku. Řepka: odborná příloha časopisu Úroda. 2021, 69(4), 24-28. ISSN 0139-6013.
- Seidenglanz M, Kolařík P, Hrudová E, Havel J, Tánčík J, Bokor P, Kocourek F, Stará J, Víchová L, Bajerová R., Muñoz M., Šafář J (2021b): Citlivost českých a slovenských populací řepkových škůdců k insekticidům. Agromanuál. 2021, 16(2), 42-45. ISSN 1801-7673.
- Seidenglanz M, Šafář J, Arbeláez M M, Heděnc P, Hrudová E, Bajerová R, Kolařík P (2022): Problems in cabbage stem weevil control (*Ceutorhynchus pallidactylus* Marsh.) in winter oilseed rape. *Plant Protection Science* 58, 220-233. <https://doi.org/10.17221/153/2021-PPS>.
- Seidenglanz M, Blažek L, Hanáková Bečvářová P, Muñoz Arbeláez M, Šafář J, Kumar R (2023): Vliv způsobu založení porostu řepky na disperzi dřepčika olejkového a jeho přirozených nepřátel. *Úroda – vědecká příloha* 71(12), 179–186.
- Šafář J, Seidenglanz M (2018a): Spatio-temporal associations between the distributions of insect pests and their parasitoids in winter oilseed rape crops. *IOBC-WPRS Bulletin*, Vol. 136: 37-42. ISBN 978-92-9067-321-7
- Šafář J, Seidenglanz M (2018b): Rozdíly v disperzi škůdců v porostech řepky ozimé v interakci s blanokřídlými parazitoidy (Hymenoptera) škůdců řepky. *Úroda* 12, roč. LXVI, vědecká příloha, s. 263-266.
- Šafář J, Seidenglanz M (2019): Porosty řepky ozimé poskytují prostředí pro druhovou diverzitu přirozených nepřátel s trofickou vazbou ke škůdcům řepky. Sborník příspěvků z konference Hluk: 20.11. – 21.11. 2019, Hluk: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin s.r.o., 2019, s. 160 - 166, ISBN 978-80-87065-91-4

## 9 Jména oponentů a názvy jejich organizací

Ing. Pavla Šenkeříková, ÚKZÚZ, Sekce rostlinné výroby, Oddělení ekologického zemědělství, Hroznová 63/2, Pisárky, 60300 Brno

Mgr. Alena Samková, Ph.D., ČZU, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Katedra ochrany rostlin, Kamýcká 129, 165 00 Praha Suchbát.

## 10 Dedikace

Předkládaná metodika je výsledkem řešení projektu MZe QK21010332 „Mechanismus rezistence řepkových škůdců proti insekticidům, jejich výchozí citlivost k novým insekticidům a dopad insekticidních aplikací na vývoj larev škůdců a jejich přirozených nepřátel“.


## 11 Přílohy

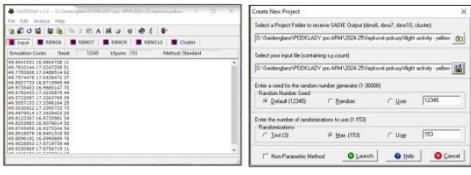
**Příloha 1:** Ukázka práce s programem SADIEShell v2.0. (volně stažitelný software), který se používá k výpočtu *clustering indices*, celkového indexu  $I_a$ , celkového indexu  $V_j$ , celkového indexu  $V_i$  (a jejich úrovní  $P$ ) a podkladů pro rozložení *clusterů* (*gapů* a *patchů*) v hodnoceném porostu pro konkrétní znak. Výsledky SADIE lze vizualizovat a disperzní vzorec znázornit pomocí contour maps vytvořených pomocí software Surfer (Golden Software, Inc)

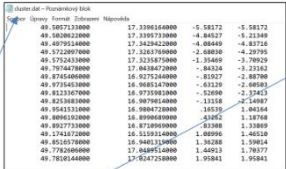
**Příloha 2:** Ukázka práce s programem Quick Association v2.0 (volně stažitelný software), který slouží k výpočtu indexů parciální asociace / disociace  $x$  a indexu celkové asociace / disociace  $X$  (a jeho úrovní  $P$ ), pomocí těchto lze kvantifikovat míru prostorové podobnosti mezi dvěma disperzními vzorci

**Příloha 1:** Ukázka práce s programem SADIEShell v2.0. (volně stažitelný software), který se používá k výpočtu *clustering indices*, celkového indexu  $I_a$ , celkového indexu  $V_j$ , celkového indexu  $V_i$  (a jejich úrovní  $P$ ) a podkladů pro rozložení *clusterů* (*gapů* a *patchů*) v hodnoceném porostu pro konkrétní znak. Výsledky SADIE lze vizualizovat a disperzní vzorec znázornit pomocí contour maps vytvořených pomocí software Surfer (Golden Software, Inc)

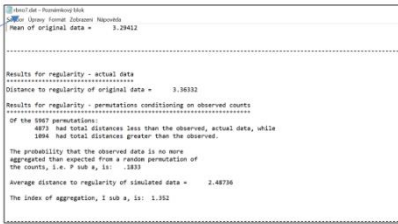
**SADIE: první krok DISPERZNÍ VZOREC**







Uprava	Formát	Zobrazení	Nápověda
48.5857130000	17.3396160000	-5.58172	-5.58172
48.58308210000	17.3399730000	-4.88517	-5.21349
48.48795210000	17.3426220000	-4.88439	-4.83746
48.57128970000	17.3383790000	-2.68830	-4.29795
48.5726210000	17.3328760000	-1.35459	-3.78929
48.5764780000	17.0438420000	-8.8324	-3.23382
48.8765680000	16.9773160000	-8.9277	-2.88790
48.8735430000	16.9685170000	-6.3120	-2.69581
48.8613700000	16.9776160000	-5.2698	-2.12451
48.8213630000	16.9879160000	-1.3158	-2.14987
48.8613700000	16.9886730000	1.0535	1.48164
48.8696150000	16.9996880000	5.9282	1.18768
48.8627730000	16.9708630000	5.9388	1.13869
48.1243720000	16.5193140000	1.00996	1.46520
48.4826570000	16.5465330000	1.39266	1.59824
48.7782890000	17.0489150000	1.64913	1.78977
48.7626540000	17.0547330000	1.93841	1.95841



```

Mean of original data = 3.29412

Results for regularity - actual data
Distance to regularity of original data = 3.36332
Results for regularity - predictions conditioning on observed counts
of the 9887 permutations
4872 had total distances less than the observed, actual data, while
1894 had total distances greater than the observed.
The probability that the observed data is no more
aggregated than expected from a random permutation
of the counts, i.e. P sub a, i, is: .1833
Average distance to regularity of simulated data = 2.48716
The index of aggregation, I sub a, i, is: 1.352
    
```

**rbno10.dat – Poznámkový blok**

Soubor Úpravy Formát Zobrazení Nápověda

P sub a, I sub a, mean v\_j, mean v\_i, P(mean v\_j), P(mean v\_i)

.1833

1.352

-2.150

1.042

.0397

.3710

**Příloha 2:** Ukázka práce s programem Quick Association v2.0 (volně stažitelný software), který slouží k výpočtu indexů parciální asociace / disociace  $x$  a indexu celkové asociace / disociace  $X$  (a jeho úrovní  $P$ ), pomocí těchto lze kvantifikovat míru prostorové podobnosti mezi dvěma disperzními vzorci

The screenshot displays the Quick Association v2.0 software interface with several windows open:

- Project Folder:** Shows the project path: `D:\Seidenglar\Metodky a mapy, methodologies and maps, 2024\Metodky\Metoc`. It also lists two Chapter Files (#1 and #2) with their respective paths.
- Set randomization parameters:** A dialog box with options for randomizations:
  - Full Run (12345, 9999)
  - Full and Random (7, 9999)
  - Just Run (12345, 3)
 A note states: "Select either 'Full' or 'Just Run' above and click 'OK'. Suboption 'Full and Random' will provide a pseudo-random number as a seed."
- Information:** A message box stating: "SADIE completed successfully in project folder flight activity - yellow w. traps!"
- Results:** A window displaying statistical results and critical values.
 

RESULTS

The actual sample size is 30 and the effective sample size, estimated from Oskillin's adjustment is 30.7. The value of  $\hat{\rho}_{adj,P}$  is greater than 0.05, implying a calculated scale factor = 1, and a notation of critical limits. This would be meaningless; so instead, the scale factor will be taken to be unity, which is equivalent to making no adjustments.

The measure,  $\kappa = -.0609$ , of overall association has a (doublet adjusted) probability level of  $sp = .0011$ .

For a (recommended) non-tail test, 0.95, say, a size of 50, the probability level should be less than 0.025. For significant association, or greater than 0.975. For significant disassociation.

(Adjusted) critical values for the randomization distribution of overall association,  $\kappa$

Centiles	12.5th	5th	2.5th
Critical values	-.2397	-.3124	-.3650
Centiles	87.5th	95th	97.5th
Critical values	.2080	.3007	.3658

For a desired 95% critical interval, the 2.5th & 97.5th centiles may be used. For a 90% interval, use the 5th & 95th centiles, and for a 70% interval, the 12.5th & 87.5th centiles.

(Adjusted) critical values for the randomization distribution of Jack's association,  $\rho_{adj,P}$

Centiles	12.5th	5th	2.5th
Critical values	-1.2834	-1.7897	-1.9922
Centiles	87.5th	95th	97.5th
Critical values	1.2896	1.6962	2.0008

For a desired 95% critical interval, the 2.5th & 97.5th centiles may be used. For a 90% interval, use the 5th & 95th centiles.