

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Vzájemná závislost společenstev rostlin a mravenců na loukách

Bakalářská práce

Lucie Voháňková

Školitelka: RNDr. Marie Konečná, Ph.D.

Konzultanti: prof. RNDr. Jan Lepš, CSc. & Mgr. Marie Hovorková

České Budějovice 2026

Voháňková, L. 2026: Vzájemná závislost společenstev rostlin a mravenců na loukách.
[Interdependence of Plant and Ant Communities in Grasslands. Bc. Thesis, in Czech] – 60 p.,
Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

The aim of this thesis was to determine how selected environmental factors influence the diversity and representation of myrmecochorous plants and mutualistic ants in grassland communities. It also aimed to assess whether relationships exist between these groups in terms of diversity and abundance of plants (both overall and myrmecochorous species) and ants (both overall and mutualistic species). The data were obtained from field research conducted at selected sites representing different types of grassland habitats. The diversity of both groups of organisms and their relationship to environmental conditions were analyzed.

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích, dne 20. 4. 2026

.....

Lucie Voháňková

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především Marušce Konečné za skvělé vedení práce, (většinou) bezpečný odvoz na lokality a pomoc v terénu, především s určováním rostlin, dále za její profesionální a zároveň přátelský přístup, pomoc při šťourání se v zemi a hledání mravenců, společné obdivování housenek a ochutnávku domácího ovoce.

Dále bych chtěla poděkovat mým konzultantům. Šuspovi za užitečné rady, předané zkušenosti a udržení pozitivní nálady. Marii Hovorkové za užitečné rady a pomoc při sběru i určování mravenčích vzorků.

Děkuji také Jiřímu Tůmovi a Františkovi Pulkrábkovi za pomoc při identifikaci vzorků.

Mé díky patří i celé pracovní skupině funkční ekologie rostlin za pozitivní náladu a zvednutí sebevědomí při prezentování.

Děkuji také vědecké skupině z druhého patra Botanické vily za toleranci mé přítomnosti, především paní doktorce Aleně Lepší za propůjčení místa na určování vzorků a Vojtovi Dolejškovi za občasnou společnost a pozitivní náladu.

Velké díky patří mému příteli Adamovi Bernardovi za podporu při psaní práce a za přinesení stovek hrnků čaje, kakaa a hromady jídla.

Moc děkuji rodině Bernardů za podporu tolerování plnění některých částí mé bakalářské práce v jejich bytě. Především šlo o třídění mravenců, které přineslo do našeho pokoje nepěknou vůni, a třídění biomasy, která přinesla na nějakou chvíli do našeho domova pár nových živočišných společníků. Děkuji také králičí společnosti Babetce za zlepšování nálady při psaní a nezkonzumování biomasy.

A v neposlední řadě velké díky patří také mé rodině Voháňkovců, která mě na dálku při studiu velmi podporovala, ačkoliv o mravencích v bytě slyšet nechtěla. Také děkuji bratrovi Lukymu za uklidnění a motivaci během psaní.

Obsah

1 Úvod	1
1.1 Šíření semen mravenci	1
1.1.1 Obecná charakteristika myrmekochorie.....	1
1.1.2 Kombinované strategie šíření semen.....	1
1.2 Vznik a evoluce myrmekochorie	2
1.2.1 Původ myrmekochorie	2
1.2.2 Hypotézy vzniku myrmekochorie.....	3
1.3 Myrmekochorní rostliny	4
1.3.1 Zastoupení a rozšíření myrmekochorních rostlin.....	4
1.3.2 Sezónní dynamika myrmekochorních rostlin	5
1.3.3 Diaspory myrmekochorních rostlin	5
1.3.4 Podvodné strategie rostlin	6
1.4 Výhody myrmekochorie pro rostliny.....	7
1.5 Mutualističtí mravenci	8
1.5.1 Zastoupení a rozšíření mutualistických mravenců	8
1.5.2 Potravní strategie mutualistických mravenců	8
1.5.3 Kvalita a variabilita disperze semen mravenci.....	9
1.5.4 Disperzní vzdálenost	10
1.6 Výhody myrmekochorie pro mravence.....	10
1.6.1 Kvantitativní aspekty elaiosomu	11
1.6.2 Chemické složení a atraktivita elaiosomů.....	11
1.7 Myrmekochorie v souvislosti s podmínkami prostředí	12
1.7.1 Ekologické preference myrmekochorních rostlin	13
1.7.2 Ekologické preference mutualistických mravenců	13
1.8 Cíle práce	14
2 Metodika	16
2.1 Lokality	16
2.2 Sběr dat	17
2.2.1 Zjišťované vlastnosti prostředí	17
2.2.2 Sběr dat pro rostlinná společenstva	18
2.2.3 Sběr dat pro mravenčí společenstva	18
2.3 Zpracování dat	19
2.3.1 Uspořádání dat	19
2.3.2 Statistická analýza dat	20

3 Výsledky	22
3.1 Diverzita rostlin a mravenců na lokalitách.....	22
3.1.1 Počet nalezených druhů na lokalitách.....	22
3.1.2 Porovnání druhové bohatosti v závislosti na podmínkách prostředí.....	23
3.2 Vliv podmínek prostředí na diverzitu myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců.....	25
3.2.1 Diverzita a pokryvnost pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin.....	27
3.2.2 Diverzita a početnost mutualistických mravenců.....	27
3.2.3 Vliv teploty na aktivitu mravenců.....	27
3.3 Vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech.....	28
3.4 Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a počtem mutualistických mravenců ..	30
4 Diskuze	33
4.1 Diverzita rostlin a mravenců na lokalitách.....	33
4.1.1 Počet nalezených druhů na lokalitách.....	33
4.1.2 Porovnání druhové bohatosti v závislosti na podmínkách prostředí.....	34
4.2 Vliv podmínek prostředí na diverzitu myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců.....	35
4.2.1 Diverzita a pokryvnost pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin.....	36
4.2.2 Diverzita a početnost mutualistických mravenců.....	37
4.2.3 Vliv teploty na aktivitu mravenců.....	38
4.3 Vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech.....	38
4.4 Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a počtem mutualistických mravenců.....	39
4.5 Doporučení pro budoucí výzkum.....	40
5 Závěr	42
6 Literatura	43
7 Přílohy	51
7.1 Použité zkratky a vysvětlivky.....	51
7.2 Seznamy zaznamenaných druhů.....	51
7.3 Doplnkové grafy.....	54

1 Úvod

1.1 Šíření semen mravenci

1.1.1 Obecná charakteristika myrmekochorie

Pojem myrmekochorie označuje rozšiřování semen mravenci. Na rozdíl od náhodného šíření semen mravenci, ať už v důsledku jejich ztráty při transportu semenožravými druhy mravenců do hnízd či nespotřebování zásob, představuje specializovaný mechanismus šíření (Handel & Beattie, 1990). Celosvětově jsou tímto způsobem šířena semena tisíců rostlinných druhů (Lengyel et al., 2010), které jsou označovány jako „myrmekochorní“.

Myrmekochorní rostliny produkují na semeni (či plodu) živinami bohatý útvar (Westoby et al., 1991), tzv. elaiosom, česky označovaný jako masíčko či v doslovném překladu „tukové tělíčko“ (Sernander, 1906). Elaiosom je pro mravence nutričně cenný, a proto je přilákaným mravencem donesen se semenem až do hnízda. Tam je oddělen od diaspory (útvary sloužícího k rozmnožování a rozšiřování druhu, tvořeném v tomto případě semenem a elaiosomem) a předán jako potrava larvám (Gammans et al., 2005). Pro mravence je jako zdroj potravy atraktivní především elaiosom, samotné semeno tedy zůstává životaschopné (Beattie, 1985; Booth, 1990; Prokop et al., 2022) a je mravenci po oddělení elaiosomu zpravidla odneseno na odkladiště, které se může nacházet přímo v mraveništi či v jeho okolí (Horvitz & Beattie, 1980). V blízkosti mraveniště má semeno vyšší šanci na přežití, navíc často v novém, potenciálně vhodnějším mikrostanovišti (van der Pijl, 1982; Handel & Beattie, 1990). Rostlina myrmekochorií zvyšuje šanci, že její semena nebudou vystavena možné predaci (Beattie, 1985). Vzniká tak mutualistický vztah mezi rostlinou a mravenci (Sernander, 1906).

1.1.2 Kombinované strategie šíření semen

U řady rostlinných druhů je šíření diaspor mravenci zároveň kombinováno i s dalšími mechanismy. Rostliny, které využívají více strategií šíření semen, jsou označovány jako „diplochorní“. Diplochorie představuje šíření semen ve dvou či více po sobě následujících fázích s různými činiteli šíření (Vander Wall & Longland, 2005).

Podle studie Beattie & Lyons (1975) může být diplochorie evoluční odpovědí na tlak predátorů semen. Dvoufázové šíření může rostlinám nabídnout i další výhody, a to především efektivnější rozptýlení semen do větších vzdáleností a zároveň vyšší šanci na vyklíčení při cíleném šíření na potenciálně vhodnější mikrostanoviště (Vander Wall & Longland, 2004).

Nevýhodou výhradně myrmekochorních druhů oproti diplochorním druhům rostlin může být podle studie Beattie & Lyons (1975) koevolučně vzniklá závislost myrmekochorů na specifických druzích mravenců, která může omezovat jejich geografické rozšíření. Diplochorie tedy představuje flexibilnější strategii šíření rostlin.

Bylo popsáno několik typů diplochorie, přičemž s následnou myrmekochorií je často spojována balochorie (Vander Wall & Longland, 2005), kdy dochází k aktivnímu vymrštění diaspor z plodu. Tento mechanismus byl pozorován například u semen rodu *Viola* (Beattie & Lyons, 1975). Dále se diplochorie může u myrmekochorních rostlin vyskytovat v kombinaci s anemochorií, tedy šířením semen větrem, či endozochorií, tedy šířením semen skrze trávicí soustavu živočichů (Berg, 1975; Gómez et al., 2019).

1.2 Vznik a evoluce myrmekochorie

1.2.1 Původ myrmekochorie

Myrmekochorie představuje evolučně významnou strategii, která se v průběhu evoluce krytosemenných rostlin vyvíjela opakovaně a nezávisle. Dosud bylo popsáno nejméně 100 nezávislých vzniků této strategie. Podle fylogenetických analýz vykazují myrmekochorní linie vyšší druhovou bohatost než linie nemymekochorní. Je tedy dobrým příkladem vlivu mutualismu na diverzifikaci ve velkém měřítku (Lengyel et al., 2009). Ačkoliv je myrmekochorie oboustranně prospěšný vztah, podle Handel & Beattie (1990) se jedná se o výsledek evoluce samotných rostlin, nikoliv koevoluce rostlin a mravenců, neboť pro mravence představuje elaiosom spíše doplněk potravy.

Nejvíce myrmekochorních linií bylo identifikováno v holarktické oblasti, Austrálii a jižní Africe (Lengyel et al., 2009; Lengyel et al., 2010). Právě téměř kosmopolitní rozšíření rostlin a mravenců mohlo představovat vhodné podmínky pro opakovaný konvergentní vznik myrmekochorie (Beattie, 1985; Karnish, 2024). Podle studie Lengyel et al. (2009) bývá mechanismus diverzifikace u myrmekochorních rostlin spojen s omezeným genovým tokem mezi populacemi. Mravenci totiž přenášejí jejich semena na relativně krátké vzdálenosti (Gómez & Espadaler, 2013), což vede k prostorové izolaci mezi populacemi a následné speciaci rostlin. Myrmekochorie se nyní nachází především u evolučně mladších rostlinných čeledí, které vznikly převážně po období před 70-80 miliony let, a předpokládá se, že evoluce myrmekochorních rostlin stále probíhá (Lengyel et al., 2010).

1.2.2 Hypotézy vzniku myrmekochorie

Vznik myrmekochorie není dosud jednoznačně objasněn a je předmětem několika hypotéz (Howe & Smallwood, 1982). Většinou je její vznik spojován s reakcí rostliny na selekční tlaky ve stresových podmínkách (Beattie, 1985). Vzhledem k tomu, že tato strategie vznikala opakovaně v mnoha nezávislých liniích (Lengyel et al., 2009), předpokládá se, že se myrmekochorie vyvinula prostřednictvím více evolučních cest. Význam faktorů, které vznik myrmekochorie měly ovlivnit, se tedy může mezi druhy i jednotlivými habitaty lišit (Lengyel et al., 2010; Manzaneda & Rey, 2012).

Obecně se předpokládá, že rozvoj myrmekochorie byl v mnoha případech podpořen relativně nízkými energetickými náklady na tvorbu elaiosomů, které jsou zpětně vyváženy řadou výhod pro rostlinu (Lengyel et al., 2010). Podle studie Prokop et al. (2022) tato rostlinná adaptace pravděpodobně často vznikala v prostředí s vysokou kompeticí mezi rostlinami o prostor pro klíčení semen a následný růst rostliny a také v prostředí se silnou kompeticí o zdroje, zejména o světlo, živiny a vodu.

Mezi nejvíce podporované hypotézy patří „hypotéza úniku“, „hypotéza kolonizace“ a „hypotéza cíleného šíření diaspor“ (Howe & Smallwood, 1982; Giladi, 2006). „Hypotéza úniku“ může souviset primárně se dvěma faktory, a to s predátory semen či s kompeticí o prostor. „Hypotéza úniku predátorům“ tvrdí, že odnesení semen mravenci snižuje pravděpodobnost jejich nalezení a konzumace semenožravými organismy (Beattie, 1985). S únikem souvisí i „hypotéza šíření semen na vzdálenost“, která zdůrazňuje, že odnosem semen mimo bezprostřední okolí mateřské rostliny dochází ke snížení kompetice mezi mateřskou rostlinou a semenáčkem i mezi samotnými semenáčky, přičemž míra tohoto snížení roste se vzdáleností šíření. Zároveň tak může dojít ke kolonizaci nových lokalit, pokud je dosažená vzdálenost dostatečná, což předpokládá „hypotéza kolonizace“ (Howe & Smallwood, 1982).

Poslední zmíněnou teorii představuje „hypotéza cíleného šíření diaspor“, která předpokládá, že mutualističtí mravenci transportují semena do mikrostanovišť vhodných pro jejich růst a klíčení (Wenny & Levey, 1998; Giladi, 2006). S touto hypotézou souvisí také „hypotéza obohacení živinami“, která předpokládá, že transport diaspor blízko či přímo do mravenišť zvyšuje biologickou zdatnost rostlin díky vyššímu obsahu živin v těchto mikrostanovištích ve srovnání s okolní půdou (Talbot, 1953; Beattie, 1985). Tato výhoda však není univerzální, neboť vyšší úspěšnost klíčení byla zaznamenána pouze v některých oblastech a u některých druhů mravenců. Vzhledem k tomu, že tyto výsledky často pocházejí z terénních pozorování, nelze

jednoznačně určit, zda je zvýšená úspěšnost klíčení způsobena vyšším obsahem živin, nebo jinými faktory prostředí, například dostupností světla či sníženou konkurencí. Význam této hypotézy je proto považován za podmíněný konkrétními environmentálními podmínkami, přesto však může obohacení živinami v určitých případech představovat významný selekční faktor v evoluci myrmekochorie (Manzaneda & Rey, 2012).

Zmíněné hypotézy se vzájemně nevylučují a společně mohou přispívat k vysvětlení vzniku a evoluce myrmekochorie, přičemž se jejich význam liší v různých ekologických podmínkách a v závislosti na druhovém složení daných společenstev (Giladi, 2006; Lengyel et al., 2010).

1.3 Myrmekochorní rostliny

1.3.1 Zastoupení a rozšíření myrmekochorních rostlin

Myrmekochorie byla potvrzena minimálně u 4,5 % druhů všech krytosemenných rostlin, tedy přibližně u 11 500 druhů napříč 334 rody a 77 čeleděmi. Odhaduje se však, že by počty druhů myrmekochorních rostlin mohly dosahovat až 23 000 (Lengyel et al., 2010). V České republice bylo zaznamenáno přibližně 460 myrmekochorních a dalších 354 potenciálně myrmekochorních druhů rostlin, a to v rámci přibližně 35 čeledí a 67 rodů. Celkem myrmekochorní druhy zahrnují 13 % a potenciálně myrmekochorní druhy dalších 10 % ze všech krytosemenných rostlin České republiky (Študent, 2013; Konečná et al., 2018b; Chytrý et al., 2021).

Rostliny šířené mravenci byly nalezeny v různých habitatech na všech kontinentech kromě Antarktidy (Handel & Beattie, 1990). Hlavními centry výskytu jsou především holarktická oblast (86 rodů) a Austrálie (78 rodů). Významným centrem je také Kapská oblast v jižní Africe (34 rodů). Naopak tropické a subtropické oblasti vykazují relativně nižší počet vývojových linií a rodů myrmekochorních rostlin (Lengyel et al., 2010).

Ve světovém měřítku je největší rozšíření myrmekochorie zaznamenáno v suchých a živinově chudých oblastech se sklerofytní vegetací, například v Austrálii nebo v jižní Africe, tedy v prostředí s nízkou úrodností a sezónním stresem (Westoby et al., 1991), kde tvoří významnou část flóry, především nižších dřevin (Berg, 1975). Myrmekochorie se dále vyskytuje u bylinných vytrvalých rostlin, zejména u lesních druhů mírného pásma, které tvoří významnou složku bylinného patra, především jarní vegetace (Beattie & Culver, 1981; Vander Wall et al., 2017). Naopak u dřevin se v mírném pásmu uplatňují spíše jiné strategie šíření semen (Vander Wall et al., 2017). Efektivita myrmekochorie, včetně dosažených disperzních vzdáleností, se

může mezi těmito biomy výrazně lišit, přičemž největší vzdálenosti šíření byly změřeny ve sklerofytních vegetacích Austrálie (Gómez & Espadaler, 2013).

1.3.2 Sezónní dynamika myrmekochorních rostlin

V mírném pásmu dozrávají semena myrmekochorních druhů podle některých studií převážně na jaře, kdy je dostupnost alternativní potravy pro mravence, zejména mrtvého hmyzu, nižší ve srovnání s letním obdobím. Diaspory s elaiosomy tak mohou pro mravence představovat atraktivní zdroj potravy a zvyšují pravděpodobnost jejich odosu do mraveniště (Handel & Beattie, 1990). Tato „jarní hypotéza“ tvrdí, že rostliny dozrávající na jaře tak čelí menší konkurenci o pozornost mravenců a jsou přirozeným výběrem zvýhodněny. Její obecná platnost však není jednoznačná (Konečná et al., in prep.).

Myrmekochorní rostliny mohou přizpůsobovat fenologii kvetení i dozrávání semen sezónní aktivitě mravenců (Kjellsson, 1985; Handel & Beattie, 1990), přičemž načasování těchto procesů je do značné míry ovlivněno teplotou (Warren et al., 2011). Studie Oberrath & Böhning-Gaese (2002) zjistila, že semena myrmekochorních rostlin mohou dozrávat o několik týdnů dříve než semena druhů nemyrmekochorních, přičemž období maximální aktivity mravenců se shoduje s vrcholem dostupnosti semen s elaiosomy (Guitian & Garrido, 2006). Tato synchronizace by mohla být adaptací myrmekochorních rostlin pro zvýšení pravděpodobnosti úspěšného odnesení jejich semen mravenci (Oberrath & Böhning-Gaese, 2002).

Naopak jiné studie ukazují, že myrmekochorní rostliny sice často kvetou i o několik týdnů dříve než nemyrmekochorní druhy, avšak doba dozrávání jejich semen se mezi těmito skupinami výrazně neliší (Guitian & Garrido, 2006; Konečná et al., in prep.). Tyto rozdíly v časových intervalech pro kvetení a dozrávání semen mohou souviset s vyššími náklady myrmekochorních rostlin na tvorbu diaspor (Konečná et al., in prep.).

1.3.3 Diaspory myrmekochorních rostlin

Důležitou součástí diaspory a klíčovým adaptačním znakem myrmekochorních rostlin jsou elaiosomy, dužnaté přívěsky semen. Tyto útvary jsou tvořeny modifikovanými buňkami obsahujícími velké vakuoly nebo jiné membránou obklopené organely naplněné látkami bohatými na živiny (Handel & Beattie, 1990). Elaiosomy mohou být poměrně variabilní v původu vzniku, tedy z jaké části rostliny byly přeměněny (Handel & Beattie, 1990). Mohou se vyvíjet nejčastěji z různých pletiv semene (např. chaláza, funikulus, hilum), plodu, (např.

exokarp, receptákulum), nebo květu (např. květní trubka, listeny) (Gorb & Gorb, 2003; Lengyel et al., 2010).

Diaspory, i samotné elaiosomy, se mohou lišit také ve velikosti a tvaru. Velikost diaspor myrmekochorních rostlin často určuje, jestli samotné semeno bude mravencem šířeno nebo podlehne predaci. U diaspor menších než 1 mm se zvyšuje pravděpodobnost, že budou zkonsumovány, protože nejsou pro mutualistické mravence atraktivní (Penn & Crist, 2018, Konečná et al., in prep.). U větších diaspor je šance na predaci i disperzi semene podobná. U menších druhů mravenců může být transport diaspor omezen jejich tělesnou velikostí, spíše tedy pro přenos preferují menší diaspory, zatímco u větších diaspor je pro ně výhodnější výživnou část od semene okusovat či zcela oddělit (Penn & Crist, 2018).

Tyto přívěsky mohou mít i různé chemické složení mezi rostlinnými druhy. Většinou jsou to útvary s vysokým obsahem tuku, proto se jim říká „tuková tělíska“ (Sernander, 1906), ale mohou často obsahovat i hodně proteinů či sacharidů (Hughes et al., 1994; Konečná et al., 2018a). Všechny tyto vlastnosti mohou ovlivňovat atraktivitu diaspor pro mravence a tím i úspěšnost jejich transportu a následného vyklíčení semen. Vyšší investice do elaiosomu může zvýšit pravděpodobnost odnosu semene, zároveň ale představuje vyšší energetický náklad pro rostlinu. Myrmekochorní rostliny tedy často vykazují charakteristický trade-off mezi množstvím diaspor a jejich kvalitou (van der Pijl, 1982; Handel & Beattie, 1990; Levine et al., 2019).

1.3.4 Podvodné strategie rostlin

Existují také druhy rostlin, které pomocí chemických atraktantů napodobují signály běžně spojené s přítomností elaiosomů. Rostliny tak dokážou přimět mravence k šíření svých semen, ačkoliv diaspory v tomto případě postrádají nutriční odměnu. (Pfeiffer et al., 2010; Sernander, 1906). Díky chemickým mimikrám tedy pro rostlinu není nutné mít elaiosom, aby nalákala mravenčí roznašeče (Bresinsky, 1963). Mezi takové rostliny patří například *Anemone nemorosa* (Pfeiffer et al., 2010).

Přítomnost podvodníků může potenciálně ovlivňovat stabilitu myrmekochorního vztahu, protože by mravenci mohly mít postupně tendenci nešířit tak často semena myrmekochorních rostlin (Ferrière et al., 2002). Na druhou stranu se předpokládá, že diaspory podvodníků jsou transportovány v méně případech než diaspory s elaiosomem, což může omezovat jejich úspěšnost šíření a bránit dominanci této strategie (Ferrière et al., 2007; Pfeiffer et al., 2010).

1.4 Výhody myrmekochorie pro rostliny

Významnou výhodou myrmekochorie oproti ostatním mechanismům šíření je obrovská flexibilita tohoto mutualismu. Ta dovoluje rostlinám zvýšit fitness vybíráním si co nejefektivnější roznášče, například synchronizací dozrávání diaspor s jejich aktivitou (Boulay et al., 2007; Giladi, 2006). Hlavní selektivní výhodou pro rostliny vyplývající z myrmekochorie je řízené šíření semen, často i na větší vzdálenost (Andersen, 1988; Gómez & Espadaler, 2013), s čímž přichází řada dalších výhod.

Významným benefitem myrmekochorie je přenesení semen do mraveniště nebo jeho okolí (Beattie, 1985). Semena jsou zde mravenci ukládána na odkladiště buď přímo pod povrch půdy v mraveništi, kde jsou chráněna nejen před predátory, ale i před nepříznivými abiotickými vlivy, včetně požárů (Beattie & Culver, 1982; Handel & Beattie, 1990), nebo i do okolí hnízda, kde mají stále větší šanci, že je predátor nenajde. Už samotným odstraněním elaiosomu mohou mravenci přispět ke snížení predace semen a zvýšení úspěšnosti vyklíčení semenáčků (Garrido et al., 2009). Semena transportovaná přímo do hnízda mají navíc vyšší šanci úspěšně vyklíčit (Hanzawa et al., 1988), jelikož se často nacházejí v prostředí obohaceném o živiny (Handel & Beattie, 1990). Mraveniště a jejich okolí tak představují specifická mikrostaniště s vyšší dostupností živin a poskytují tak vhodnější podmínky pro klíčení a růst semenáčků (Beattie & Culver, 1982; Gorb & Gorb, 2003).

Myrmekochorie může rovněž přispívat ke snížení vnitrodruhové konkurence mezi semenáčky samotnými i mezi semenáčky a mateřskou rostlinou (Wills & Landis, 2018). Přemístěním diaspor dochází k rozptýlení semen do nových mikrostanišť, což snižuje jejich mortalitu závislou na hustotě vegetace způsobenou predátory či patogeny (Manzaneda et al., 2005; Ness & Morin, 2008).

Rostlinná diaspora má také díky myrmekochorii vyšší šanci úniku před predátory semen. Bylo zjištěno, že pokud diaspory myrmekochorních rostlin nenajdou mravenci během několika hodin, pravděpodobnost jejich konzumace predátory výrazně roste (O'Dowd & Hay, 1980; Heithaus, 1981). To znamená, že samotné přežití semen je do značné míry závislé na jejich nalezení efektivním roznáščem (Beattie, 1985).

1.5 Mutualističtí mravenci

1.5.1 Zastoupení a rozšíření mutualistických mravenců

Mravenci patří mezi jedny z nejhojnějších organismů na Zemi a podle studie Tůma et al. (2022) může být jejich biomasa srovnatelná s biomasou lidí. Jsou téměř kosmopolitní (Handel & Beattie, 1990), přičemž nejvyšší diverzity dosahují ve vlhkých tropech (Jenkins et al., 2011). Myrmekochorie je však častěji studována v mírném pásmu a v sušších oblastech (Beattie, 1985).

Přesný počet mravenců zapojených do myrmekochorie není přesně znám, což souvisí především s kontextově závislou povahou této interakce. Jednotlivé druhy mravenců mohou působit jako roznašeči pouze v určitých ekologických podmínkách a jejich role se může lišit mezi lokalitami i v rámci jednoho druhu (Giladi, 2006; Lengyel et al., 2010). Podle studie Warren & Giladi (2014) se tento počet odhaduje přibližně na 100 druhů mutualistických mravenců, přičemž se tato hodnota může měnit v závislosti na definici myrmekochorie. Přehledové studie proto často pracují spíše s počtem zaznamenaných případů interakcí, než s celkovým počtem zapojených druhů (Gómez & Espadaler, 2013).

1.5.2 Potravní strategie mutualistických mravenců

Mravenci patří mezi sociální hmyz. Pro efektivní fungování jejich kolonií je charakteristická dělba práce mezi jednotlivými kastami (Hölldobler & Wilson, 1990). Klíčovou roli při zprostředkování myrmekochorie hrají právě dělnice, které aktivně vyhledávají potravu a transportují ji i na relativně velké vzdálenosti do hnízda (Handel & Beattie, 1990).

Mravenci vykazují široké spektrum potravních strategií, které zahrnují zejména omnivorii, tedy konzumaci živočišné i rostlinné potravy (Beattie, 1985). Dále je velmi rozšířená predace (karnivorie), granivorie, tedy konzumace semen, a saprofágie (scavenging), kdy mravenci sbírají mrtvou organickou hmotu. Mnoho druhů také využívá tekuté cukerné zdroje, především medovici produkovanou mšicemi nebo nektar z extraflorálních nektárií rostlin (Beattie, 1985; Carroll & Janzen, 1973). U některých skupin se vyvinuly více specializované způsoby obživy, například fungivorie u mravenců pěstujících houby (Christianini et al., 2012).

Mutualističtí mravenci zapojení do myrmekochorie nepředstavují jednotnou funkční ekologickou skupinu, ale zahrnují druhy s různou potravní specializací, která zásadně ovlivňuje jejich roli při disperzi semen. Mezi mutualistické mravence patří omnivorní, karnivorní a

fungivorní druhy, přičemž jednotlivé specializace se liší ve způsobu manipulace s diasporami i v efektivitě šíření (Hughes et al., 1994; Christianini et al., 2012).

Většina mutualistických mravenců je omnivorní, přičemž jejich potrava zahrnuje jak živočišné zdroje (např. drobný hmyz), tak i rostlinný materiál (Beattie, 1985). V podmínkách střední Evropy patří mezi významné roznašeče například rody *Myrmica* a *Formica*, které aktivně vyhledávají diaspory s elaiosomem, transportují je do hnízda a po konzumaci, či samotném oddělení, nutričně bohatého přívěsku odkládají nepoškozená semena na odkladiště, tedy do prostředí často příznivého pro klíčení (Dostál, 2005; Fernández & Delsinne, 2013). Tyto druhy tak často zajišťují relativně efektivní šíření, nicméně efektivita šíření mravenci může být variabilní v závislosti na konkrétním druhu i podmínkách prostředí (Gómez & Espadaler, 2013).

Podle studie Christianini et al. (2012) omnivorní mravenci často oddělují dužnatou část diaspor již na místě nálezu, a nezprostředkovávají tak šíření semen, zatímco karnivorní a fungivorní druhy častěji odnášejí celou diasporu do hnízda. U karnivorních druhů toto chování může souviset s chemickým složením elaiosomů, které napodobuje tkáň mrtvého hmyzu a stimuluje predátorské chování (Horvitz & Beattie, 1980; Hughes et al., 1994).

S diasporami myrmekochorních rostlin přichází do kontaktu i granivorní (semenožravé) druhy, často označované jako harvestoři (Beattie, 1985). Tyto druhy sice rovněž sbírají diaspory, často však u nich dochází k částečné nebo úplné konzumaci semen, což snižuje jejich přínos pro rostliny. Zároveň může docházet k šíření semen jejich ztrácením během transportu do hnízda nebo jejich uložení na odkladišti v hnízdě. K úspěšné disperzi však dochází pouze v případě, že semena uniknou následné predaci a stihnou vyklíčit (Hölldobler & Wilson, 1990; MacMahon et al., 2000; Wills & Landis, 2018).

1.5.3 Kvalita a variabilita disperze semen mravenci

Mravenčí druhy se liší v kvalitě poskytované disperze semen, přičemž variabilita může být patrná i na úrovni jedinců v rámci jednoho druhu. Mutualistické mravence lze rozdělit na vysoce kvalitní roznašeče, kteří semena aktivně sbírají a transportují je na větší vzdálenosti do hnízda, a méně kvalitní roznašeče, kteří přenášejí semena pouze na krátké vzdálenosti nebo konzumují elaiosomy přímo na místě (Leal et al., 2014). Výsledný efekt myrmekochorie může být dále ovlivněn kompeticí mezi jednotlivými druhy mravenců, která určuje, jaké druhy se podílejí na transportu semen a jaký je celkový přínos této interakce pro rostlinu (Warren et al., 2014).

Druhy či jedinci, kteří diaspory myrmekochorů nepřenášejí a pouze využívají možnosti odebrat elaiosom od semene jako zdroj potravy, bývají označováni jako podvodníci. Právě přítomnost těchto jedinců může ovlivňovat selekční tlaky působící na myrmekochorní rostliny. Ty následně zvýhodňují interakce s vysoce kvalitními přenašeči prostřednictvím vlastností elaiosomů, například jejich chemickým složením nebo velikostí. Rostliny tak mohou zvyšovat pravděpodobnost, že jejich semena budou odnesena většími mravenci na větší vzdálenosti dříve, než dojde k jejich využití méně efektivními roznašeči (Bronstein, 2001).

1.5.4 Disperzní vzdálenost

Významným faktorem ovlivňujícím disperzní vzdálenost semen šířených mravenci je velikost jejich těla. Obecně platí, že větší druhy mravenců jsou schopné transportovat semena na větší vzdálenosti než menší druhy (Leal et al., 2014). Průměrná vzdálenost, na kterou jsou semena transportována, je celosvětově kolem dvou metrů. V temperátních oblastech se tato vzdálenost pohybuje kolem jednoho metru (Andersen, 1988; Gómez & Espadaler, 2013).

Nejvyšší disperzní vzdálenosti byly naměřeny v Austrálii. Davidson & Morton (1981) ve své studii zaznamenali vzdálenost až 77 m, přičemž rekordní naměřená vzdálenost šíření semen činila 180 m a byla naměřena u dělnic rodu *Iridomyrmex*, které sbíraly diaspory plodících stromů *Acacia ligulata* (Whitney, 2002).

V podmínkách střední Evropy byla v případě větších druhů mravenců zaznamenána na louce největší vzdálenost téměř 10 m (Konečná et al., 2023), přičemž v lesním prostředí činila největší zaznamenaná vzdálenost až 36,5 m (Chlumský et al., 2013). U menších mravenců rodu *Temnothorax* bylo zjištěno, že dělnice přenášejí semena do vzdálenosti až 1,6 m (Fokuhl et al., 2012).

Podrobnější srovnání mezi jednotlivými podčeleděmi mravenců uvádí studie Gómez & Espadaler (1998), kteří zjistili průměrné disperzní vzdálenosti 2,26 m u Formicinae, 1,41 m u Ponerinae, 0,69 m u Myrmicinae a 0,87 m u Dolichoderinae.

1.6 Výhody myrmekochorie pro mravence

Myrmekochorie nepředstavuje výhody pouze pro rostliny, ale také pro mravence, u nichž může konzumace elaiosomů vést ke zvýšení celkové fitness. V rámci studie Gammans et al. (2005) bylo u druhu *Myrmica ruginodis* zjištěno, že mravenci v koloniích krmených elaiosomy dosahovali větší tělesné hmotnosti a tyto kolonie zároveň produkovaly více larev ve srovnání s koloniemi bez tohoto zdroje potravy, u kterých byl zaznamenán i pomalejší vývoj larev.

Přínosy elaiiosomů pro mravence lze hodnotit jak kvantitativně, například na základě jejich velikosti či poměru mezi elaiiosomem a semenem, tak kvalitativně, tedy z hlediska jejich chemického složení, které ovlivňuje atraktivitu diaspor pro mravence i jejich následné chování při manipulaci se semeny (Handel & Beattie, 1990; Hughes et al., 1994; Leal et al., 2014).

1.6.1 Kvantitativní aspekty elaiiosomu

Klíčovými faktory ovlivňujícími interakci mezi rostlinami a mravenci jsou velikost elaiiosomu a jeho relativní podíl vůči semeni. Větší elaiiosomy obvykle poskytují vyšší nutriční odměnu, což zvyšuje jejich atraktivitu pro mravence a pravděpodobnost transportu diaspor do hnízda (Leal et al., 2014). Podle studie Miller et al. (2020) vykazují atraktivní myrmekochorní druhy větší hmotnost a rozměry diaspor s delšími elaiiosomy.

Poměr mezi velikostí elaiiosomu a semene může zároveň ovlivňovat rozhodování mravenců, zda diasporu odnést, nebo pouze konzumovat elaiiosom na místě. S rostoucí velikostí semene se zároveň zvyšují náklady na jeho transport, a proto musí rostliny s většími semeny investovat do elaiiosomu mnohem více, aby byla zachována atraktivita diaspor pro mravence (Edwards et al., 2006; Karnish & Bronstein, 2025). Podle studie Karnish & Bronstein (2025) si mravenci vybírají nejčastěji diaspor s těžšími elaiiosomy a lehčími semeny, čímž dosáhnou větších odměn výměnou za menší náklady.

1.6.2 Chemické složení a atraktivita elaiiosomů

Elaiiosomy představují pro mravence významný zdroj esenciálních živin. Pro přilákání a stimulaci mravenců k transportu obsahují diaspor rostlin specifické chemické látky, tedy atraktanty. Často uváděným společným atraktantem napříč mnoha rostlinnými liniemi, který dokáže přimět mravence k transportu semen, je diglycerid-1,2-diolein. Tato látka byla nalezena jak v elaiiosomech, tak i jako důležitá součást hemolymfy hmyzu, včetně mravenců (Marshall et al., 1979; Hughes et al., 1994). Podle studie Skidmore & Heithaus (1988) mravenci nejvíce reagovali na 1,2-diolein, přičemž na volné mastné kyseliny byla reakce méně intenzivní, a to i přesto, že tyto kyseliny často tvoří primární složku elaiiosomů. Na semena, z nichž byly elaiiosomy zcela odstraněny, mravenci nereagovali vůbec.

Diglycerid-1,2-diolein však není jedinou látkou, která toto chování u mravenců vyvolává. Mezi nejvíce zastoupené mastné kyseliny v elaiiosomech patří kyselina olejová (až téměř 40 %), která u některých mravenců také dokáže vyvolat chování spojené s nošením či pohřbíváním mrtvol (Wilson et al., 1958; Haskins & Haskins, 1974; Hughes et al., 1994). Dále jsou významně zastoupeny kyselina palmitová a linoleová (obě cca až 21 %). Naopak v samotných semenech

převažují odlišné mastné kyseliny, například kyselina linolová, kaprinová a linolenová (Hughes et al., 1994; Fischer et al., 2008).

Hlavní rozdíly ve složení elaiosomu oproti semeni spočívají v celkovém nutričním profilu. Semena obsahují vyšší koncentrace zásobních látek, jako jsou bílkoviny, škrob a některé mastné kyseliny (např. kyselinu arachidovou), zatímco elaiosomy jsou bohatší na volné aminokyseliny, včetně na dusík bohatého histidinu, a dále na kyselinu palmitovou a palmitolejovou (Hughes et al., 1994; Fischer et al., 2008; Konečná et al., 2018a).

Složení elaiosomu oproti semeni z hlediska aminokyselin může být výrazně odlišné, přičemž podle studie Fischer et al. (2008) obsahují elaiosomy 7,5krát více aminokyselin a podle studie Konečná et al. (2018a) až 8,9krát více aminokyselin než semena. Toto složení zároveň více odpovídá hemolymfě hmyzu než samotnému semeni, na které je elaiosom přichycen. Dle studie Konečná et al. (2018a) bylo v elaiosomech zjištěno více lehce stravitelných metabolitů, především aminokyselin, přičemž mastné kyseliny nebyly zaznamenány v takové koncentraci, což zpochybňuje doslovné chápání termínu „tukové tělíčko“.

Elaiosomy tak mohou chemicky napodobovat tkáň bezobratlých živočichů, a tím přitahovat široké spektrum mravenců, včetně omnivorních, karnivorních i fungivorních druhů (Horvitz & Beattie, 1980; Handel & Beattie, 1990). Karnivorní druhy se přitom vůči myrmekochorním diasporám chovají podobně jako ke kořisti – diasporu odnesou do hnízda, oddělí jedlé části, tedy elaiosom, a zbytek odloží na odkladiště mraveniště (Horvitz & Beattie, 1980).

Pravděpodobně je tedy chemické složení elaiosomů výsledkem selekčního tlaku, který směřuje k maximalizaci jejich atraktivity pro efektivní roznašeče, přičemž zároveň poskytuje mravencům hodnotný zdroj živin (Hughes et al., 1994; Leal et al., 2014). Zároveň je v chemickém složení patrný fylogenetický signál, tedy elaiosomy příbuzných druhů mají podobné chemické složení (Konečná et al., 2018a).

1.7 Myrmekochorie v souvislosti s podmínkami prostředí

Úspěšnost interakce mezi myrmekochorními rostlinami a mravenci je silně ovlivněna nejen vlastnostmi diaspor a mravenců, ale také podmínkami a heterogenitou prostředí, ve kterém interakce probíhá, a to i na malé prostorové škále (Mugnai et al., 2021). Funkční role jednotlivých druhů mravenců se přitom mohou výrazně lišit mezi mikrostanovišti, což má také zásadní dopad na výslednou kvalitu disperze (Dostál, 2005; Giladi, 2006).

1.7.1 Ekologické preference myrmekochorních rostlin

Myrmekochorní rostliny vykazují specifické ekologické preference, které jsou do značné míry ovlivněny jak podmínkami prostředí, tak přítomností efektivních rozašečů (Warren et al., 2010). V rámci temperátních stanovišť se myrmekochorní druhy vyskytují napříč širokým spektrem stanovišť, od lesních porostů po otevřené travinné ekosystémy (Lengyel et al., 2010; Konečná et al., in prep.).

Obvykle bývají myrmekochorní rostliny více zastoupené na stanovištích s nižší intenzitou disturbancí a stabilnějšími podmínkami (Grime, 2007). Vysoká disturbance totiž může narušovat kolonie mutualistických druhů mravenců, se kterými myrmekochorní rostliny interagují (Andersen, 2019). Dále může disturbance zvýhodnit rychle rostoucí druhy rostlin oproti myrmekochorním druhům (Huston, 1979; Grime, 2007).

V lučních společenstvech se myrmekochorní rostliny často vyskytují na sušších a méně produktivních stanovištích, kde dochází k omezení konkurenčně silných druhů a zároveň zde mohou být vhodnější podmínky pro aktivitu mravenců (Seifert, 2017; Konečná et al., in prep.). Naopak ve vlhčích a produktivnějších stanovištích může být jejich zastoupení nižší v důsledku vyšší konkurence rostlin a omezené aktivity mravenců (Grime, 2007; Warren et al., 2010). Nelze však opomenout, že některé myrmekochorní druhy jsou přímo adaptovány na vlhká stanoviště, například *Caltha palustris* (Konečná et al., 2018b), což ukazuje, že ekologické preference této funkční skupiny nejsou jednotné a závisí na konkrétních vlastnostech jednotlivých druhů.

1.7.2 Ekologické preference mutualistických mravenců

Většina druhů mravenců, včetně těch, co rozšiřují semena myrmekochorních rostlin, preferuje teplejší a sušší stanoviště. V podmínkách střední Evropy vyhovují mravencům nejvíce stanoviště s dobře propustnou a sušší půdou, která jsou vystavena intenzivnímu oslunění a nachází se v nich velké množství mikrostanovišť poskytujících vhodné podmínky pro založení hnízda (Seifert, 2017). Ekologické preference mutualistických mravenců se mezi jednotlivými druhy mohou výrazně lišit (Stukalyuk et al., 2026). Aktivita, i druhová bohatost mravenců, jsou obecně silně závislé na teplotě, která ovlivňuje jejich termoregulaci, rychlost pohybu i intenzitu vyhledávání potravy (Kaspari et al., 2004). I u mutualistických mravenců však existují výjimky, například *Formica picea*, které jsou specializované na vlhká stanoviště (Seifert, 2017).

Významnou roli pro výskyt mravenců hraje také nadzemní biomasa. Větší nadzemní biomasa může negativně ovlivňovat společenstva mravenců. Může totiž vést ke snížení teploty půdy a

zvýšení její vlhkosti (Achury et al., 2022), čímž dochází ke změně mikroklimatických podmínek na méně vhodné pro většinu druhů mravenců. V důsledku toho může docházet k poklesu jejich aktivity, ale i druhové diverzity. Vliv diverzity rostlin na společenstva mravenců však není jednoznačný a závisí na konkrétní struktuře vegetace a podmínkách prostředí (Seifert, 2017, Achury et al., 2022). Kromě celkové biomasy je pro výskyt mravenců důležité také funkční složení vegetace. Například dominance vysokých trav může vést k silnému zastínění a akumulaci opadu, zatímco nízkostébelná vegetace nebo narušená stanoviště poskytují vhodnější podmínky pro vyhřívání a pohyb mravenců, kteří preferují otevřená stanoviště (Seifert, 2017).

Významným faktorem je rovněž způsob obhospodařování vegetace, který často ovlivňuje její strukturu i dostupnost zdrojů (Heuss et al., 2019). Velmi negativně ovlivňuje mravenčí kolonie kosení luk, které může působit destruktivně vůči jejich hnízdům. Z tohoto důvodu se na kosených stanovištích častěji vyskytují krátkodobá sezónní mraveniště oproti trvalým (Pech et al., 2015; Heuss et al., 2019). Kosení zároveň snižuje heterogenitu prostředí otevřením ploch pro konkurenčně silné rychle rostoucí druhy, čímž se snižuje pokryvnost myrmekochorních rostlin (Grime, 2007; Heuss et al., 2019). Pro výskyt mutualistických mravenců je vhodnějším managementem pastva. Pastviny oproti koseným loukám umožňují výskyt jak druhům, které tvoří sezónních mraveniště, tak těm, které tvoří mraveniště trvalá (Pech et al., 2015; Konečná et al., 2021). Absence managementu na loukách může vést k zarůstání plochy konkurenčně schopnými druhy a k postupné sukcesi dřevin (Wiezik et al., 2013), což způsobuje zastínění a ochlazení půdy a může negativně ovlivňovat většinu druhů mravenců (Seifert, 2017).

Podobně jako u rostlin hraje i u mravenců důležitou roli heterogenita prostředí. Různorodost mikrostanovišť může umožnit koexistenci druhů s odlišnými ekologickými nároky, a tím zvyšovat celkovou diverzitu společenstva. Naopak homogenní a silně zapojená vegetace může vést k dominanci několika málo tolerantních druhů, jako je například *Lasius niger* a *Myrmica rubra*, které se často vyskytují na kosených loukách a snáší tedy důsledky managementu luk dobře (Heuss et al., 2019).

1.8 Cíle práce

Poměrně dobře jsou známy ekologické nároky pro výskyt druhů mutualistických mravenců (Seifert, 2017) i myrmekochorních rostlin (Westoby et al., 1991; Konečná et al., in prep.). Není však dostatečně známo, jak se tyto nároky u obou skupin překrývají a jak se chovají ve vzájemné závislosti, zejména z hlediska diverzity a početnosti. Přesto lze očekávat, že

oboustranné výhody plynoucí z této interakce mohou vést k vyšší početnosti (pokryvnosti) obou skupin. Dostupné poznatky naznačují, že interakce mezi myrmekochorními rostlinami a mutualistickými mravenci mohou být silně ovlivněny konkrétními podmínkami prostředí (Giladi, 2006).

Lepší porozumění vztahům mezi myrmekochorními rostlinami, mutualistickými mravenci a podmínkami prostředí může do budoucna přispět nejen k objasnění fungování myrmekochorie v přirozených společenstvech, ale i k efektivní ochraně zúčastněných organismů a fungování ekosystémů a optimalizace jejich managementu.

Cílem této bakalářské práce je:

- 1) zjistit, jak vybrané podmínky prostředí ovlivňují diverzitu myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců,
- 2) popsat vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech a
- 3) zjistit, zda zastoupení myrmekochorních druhů ve vegetaci koreluje s počty mutualistických mravenců v jednotlivých habitatech.

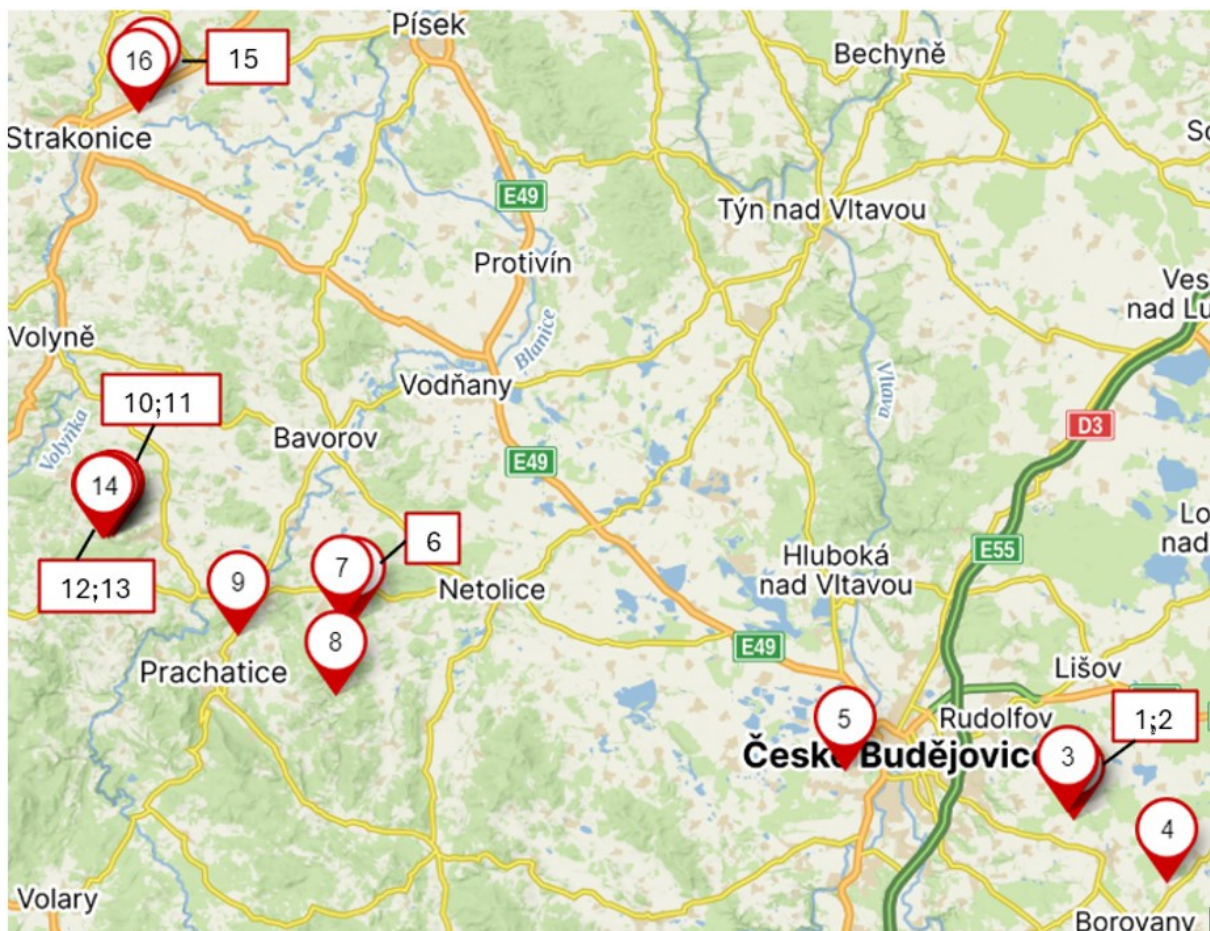
Práce měla v tomto stádiu explorační charakter. Metodika pro zkoumání společenstev rostlin a mravenců současně, není pro podobné účely ustálená, přičemž existuje řada možných přístupů. Byly srovnávány výsledky použitých metod, aby bylo možné pro případnou budoucí studii vybrat co nejvíc vhodné metody a lépe tak stanovit pracovní hypotézy. Šlo tedy o otestování standardizovaného monitoringu co nejúplnější diverzity rostlin a mravenců.

2 Metodika

2.1 Lokality

Pro účely výzkumu gradientu diverzity myrmekochorních druhů rostlin a mutualistických druhů mravenců bylo vybráno celkem 16 lokalit s různým typem vegetace. Vždy se jednalo o luční společenstva nacházející se na území Jihočeského kraje (Obr. 1 a Tab. 1).

Před zahájením výzkumu bylo zajištěno povolení Krajského úřadu Jihočeského kraje, odboru životního prostředí, zemědělství a lesnictví, k provádění monitoringu a odběru vzorků v souladu s § 49, § 50, a § 56 zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Terénní průzkumy lokalit a odběry vzorků proběhly v období od května do září roku 2025.



Obr. 1: Mapa s vyznačenými lokalitami (Mapy.cz, 2026).

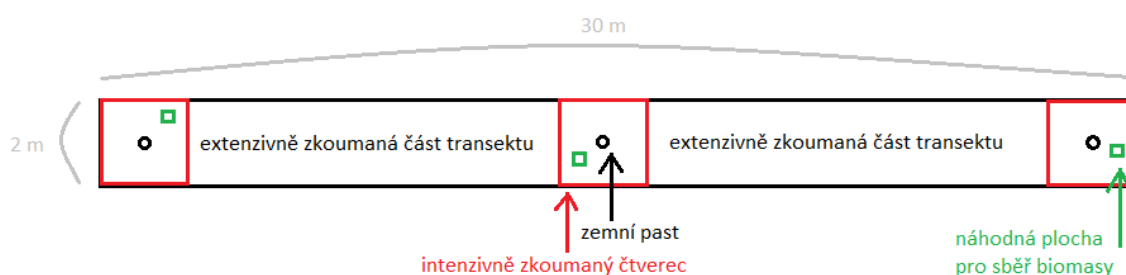
Tab. 1: Seznam a charakteristika lokalit.

Lokalita	Okres	Souřadnice	Typ vegetace (svaz)	Management
1 PP Ohrazení	České Budějovice	48.9489011N, 14.5977014E	<i>Calthion palustris</i>	kosení
2 Ohrazení 1	České Budějovice	48.9530906N, 14.5934808E	<i>Calthion palustris</i>	kosení
3 Ohrazení 2	České Budějovice	48.9532986N, 14.5933519E	<i>Molinion caeruleae</i>	kosení
4 Vrcov	České Budějovice	48.9204661N, 14.6627811E	<i>Molinion caeruleae</i>	kosení
5 Švábův Hrádek	České Budějovice	48.9711472N, 14.4376942E	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	kosení
6 Vitějovice	Prachatice	49.0398044N, 14.0959967E	<i>Trifolion medii</i>	žádný
7 Vondráků vršek	Prachatice	49.0404569N, 14.0876900E	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	kosení
8 Kralovice	Prachatice	49.0061386N, 14.0830858E	<i>Violion caninae</i>	kosení
9 Ostrov	Prachatice	49.0336931N, 14.0152836E	<i>Violion caninae</i>	pastva
10 Doubrava 1	Prachatice	49.0790625N, 13.9284511E	<i>Trifolion medii</i>	žádný
11 Doubrava 2	Prachatice	49.0794803N, 13.9274897E	<i>Violion caninae</i>	kosení
12 Doubrava 3	Prachatice	49.0784525N, 13.9254833E	<i>Arrhenatherion elatioris</i>	žádný
13 Úhřice 1	Prachatice	49.0779669N, 13.9211033E	<i>Violion caninae</i>	kosení
14 Úhřice 2	Prachatice	49.0779261N, 13.9220514E	<i>Violion caninae</i>	žádný
15 PP Pastvina u Přeštic	Strakonice	49.2773006N, 13.9537269E	<i>Bromion erecti</i>	pastva
16 Na Hájcích	Strakonice	49.2717900N, 13.9459378E	<i>Deschampsion cespitosae</i>	kosení

2.2 Sběr dat

2.2.1 Zjišťované vlastnosti prostředí

Na každé lokalitě byl pomocí pásma vyměřen transekt (Obr. 2) o velikosti 30×2 m. Pro zachování stejného vegetačního typu a lepší srovnatelnost dat bylo v rámci celého transektu nutné zachovat homogenní vegetaci, tudíž transekt nebyl vždy liniový. Uvnitř byly dále vyměřeny tři čtverce o velikosti 2×2 m – vždy přibližně na začátku, středu a konci transektu, které byly zkoumány intenzivněji. Všechna použitá data byla sbírána pouze v rámci zvoleného transektu.



Obr. 2: Schéma transektu.

U každé lokality byl zaznamenán typ managementu (Tab. 1), který je užíván pro její údržbu. Případné nepravidelnosti v transektu, jako je překrytí stromovým patrem, byly také zapsány.

V rámci každého čtverce byla v půdě ve vegetaci i v trvalém mraveništi (pokud v této ploše bylo nalezeno) změřena aktuální teplota pomocí vpichovacího teploměru Tescoma a vlhkost pomocí vlhkoměru SM200 (Delta-T Devices). Pomocí pásma byla změřena vzdálenost ploch od lesa.

2.2.2 Sběr dat pro rostlinná společenstva

V rámci každého čtverce byl proveden fytoocenologický snímek (pokryvnost druhů byla určována v procentech). Dále byla zjišťována produktivita plochy. Na třech náhodně vybraných místech byla pomocí pravítka změřena výška vegetace, přičemž tyto hodnoty byly zprůměrovány. Z každého čtverce byl odebrán vzorek biomasy z náhodně vybraného menšího čtverce 20 × 20 cm (Obr. 2). Následně byly z oblastí transektu, které ležely mimo čtverce, zapsány druhy, jenž se ve čtvercích nevyskytovaly (jejich pokryvnost byla určována v rámci celého transektu – když byla nízká, zaznamenalo se < 1 %).

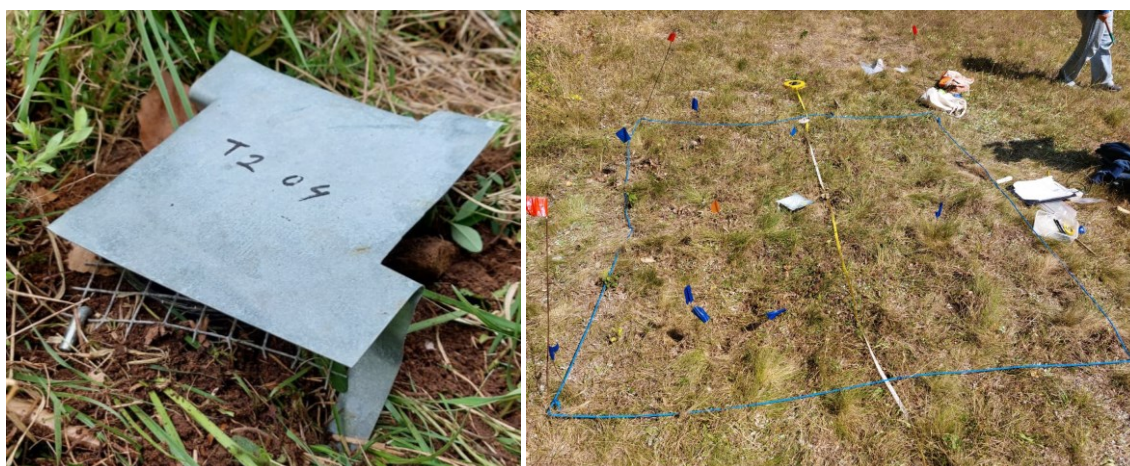
Latinské názvy druhů rostlin byly sjednoceny podle Klíče ke květeně České republiky (Kaplan et al., 2019). Typ vegetace byl stanoven na úrovni vegetačních svazů na základě fytoocenologických snímků (Tab. 1), s využitím pravděpodobnostního určování vegetačních jednotek v databázi Pladias (Tichý & Chytrý, 2019).

Nasbírané vzorky biomasy byly roztrženy na živou biomasu a opad. Všechny tyto vzorky byly ponechány v sušárnách Stericell a Venticell (MMM Group BMT) po dobu 48 hodin při teplotě 60 °C, a poté ještě dosušovány na dvě hodiny při stejné teplotě před samotnou manipulací s nimi. Po vyjmutí byly vzorky zváženy na digitální váze Kern. Navážená hmotnost byla zaznamenána s přesností 0,01 g.

2.2.3 Sběr dat pro mravenčí společenstva

Plocha každého čtverce byla intenzivně prozkoumána pomocí hrabiček. Při narušení půdy jsou mravenci aktivní a lze tímto způsobem najít sezónní nebo trvalá mravenišť i bez zřetelné nadzemní kupky, tedy indikovaná jen vstupem do hnízda (Obr. 4). Nalezená mravenišť byla zakreslena do plánu a očíslována. Při nálezů mraveniště bylo odebráno pro pozdější determinaci vždy kolem pěti jedinců z hnízda do mikroskopů předem naplněných lihem. Zvlášť byly zavedeny mikroskopů pro sběr mravenců aktivně se pohybujících mimo mraveniště. Oblasti transektu nacházející se mimo čtverce byly poté procházeny rychleji a byla v nich hledána více nápadná mraveniště, především s nadzemní kupkou, či další aktivní jedinci.

Přibližně doprostřed čtverců, vždy mimo mraveniště, byly nainstalovány zemní pasti (Obr. 3) naplněné směsí octa a etylenglykolu v poměru 1:1. Samotná zemní past byla tvořena plastovým kelímkem o průměru 7,8 cm. Kelímek byl zasazen do země do hloubky přibližně 12 cm tak, aby byl jeho lem v rovině s povrchem země. Past byla přikryta kovovým mřížkovým pletivem o velikosti oka 1,3×1,3 cm, která sloužila k zabránění spadnutí větších organismů do pasti, a stříškou proti dešti. Pasti byly instalovány vždy minimálně po dobu pěti dnů, poté byly vyjmuty, kapalina s organismy byla přeceděna. Mravenci byli ze směsi vytříděni a následně uchováni ve vialkách s lihem. Získané vzorky mravenců byly později určeny pod binokulárním mikroskopem Olympus pomocí určovacího klíče *The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland* (Czechowski et al., 2002).



Obr. 3 a 4: Instalovaná zemní past a pohled na intenzivně zkoumaný čtverec (vlajky jsou umístěny u objevených mravenišť).

Mravenci byli sbíráni za teplého a slunného počasí při teplotách 15-30 °C, kdy byly dělnice nejvíce aktivní, bez deště či mokra, nebo vysokých teplot se silnou aktivitou slunce. Do výzkumu všech 3 čtverců a zbylých oblastí transektu byla vždy vložena podobná časová investice. Plochám s vysokým počtem mravenišť bylo s ohledem na dobu potřebnou k odběru vzorků věnováno úměrně více času.

2.3 Zpracování dat

2.3.1 Uspořádání dat

Nasbíraná data o rostlinách byla rozdělena do tří funkčních skupin, a to na všechny rostliny, myrmekochorní druhy (druhy s jasně vyvinutým elaiosomem na semeni či plodu) a pravděpodobně myrmekochorní druhy, do nichž byly zařazeny myrmekochorní druhy spolu s druhy, u kterých je myrmekochorie pouze předpokládána na základě přítomnosti malého

dužnatého přívěsku, který je ale velmi malý v porovnání se semenem (Konečná et al., 2018b; Chytrý et al., 2021).

Data o mravencích byla rozdělena podle typu monitoringu, tzn., zda chycení mravenci pocházeli z mravenišť, pastí nebo byli chyceni při aktivním pohybu po zemi. Toto rozdělení dat bylo zanecháno, aby bylo možné použít metody mezi sebou porovnat. Zvláště byly analyzovány potravní guildy, tedy skupiny druhů sdílejících podobný způsob získávání potravy, přičemž byly druhy rozděleny konkrétně na všechny zaznamenané druhy a druhy mutualistické (J. Tůma, ústní sdělení, 6. 3. 2025).

Všechna data byla dále roztríděna podle plochy, ze které pocházela, tedy na kompletní transekt (pouze přítomnost druhu bez pokryvnosti) a zvláště na čtverce, ze kterých byl dále spočítán a použit průměr.

2.3.2 Statistická analýza dat

Uspořádaná data byla zpracována statistickými metodami v programu R (R Core Team, 2025; packages – *tidyverse*: Wickham et al., 2019; *corrplot*: Wei & Simko, 2024; *Hmisc*: Harrell, 2026; *vegan*: Oksanen et al., 2026; *ggrepel*: Slowikowski, 2026). U proměnných vykazujících výraznou šikmost byla provedena logaritmická transformace dat dle vzorce $y = \log_{10}(x)$ pro zajištění normality rozdělení. V případě proměnných s výskytem nulových hodnot byl použit vzorec $y = \log_{10}(x + 1)$.

Byly shrnuty nejvyšší, nejnižší a průměrné hodnoty počtu druhů rostlin, podle funkčních skupin, a mravenců, podle funkčních skupin a pro všechny typy monitoringu, nalezených v rámci všech lokalit. Zvláště pro rostliny a zvláště mravence (pro všechny typy monitoringu), byly pro každou lokalitu vypočteny Shannonovy indexy diverzity. Pro tyto účely byla použita data z intenzivně zkoumaných čtverců o kvantitě druhů, tedy pokryvnosti rostlin a počtu jedinců u mravenců, a data z transektu s druhovým zastoupením obou skupin organismů na lokalitách. Vypočtené indexy z transektu i čtverců byly zprůměrovány pro všechny, pravděpodobně myrmekochorní a myrmekochorní rostliny a zvláště pro všechny a mutualistické mravence pro zjištění průměrné diverzity těchto skupin na lokalitě. Tato data sloužila pro porovnání lokalit dle druhové bohatosti a zjištění nároků na prostředí sledovaných skupin.

Vzhledem k velkému množství sledovaných proměnných, kde nelze usuzovat kauzální vztah, byl pro analýzu vztahů použit výpočet Pearsonových korelačních koeficientů nebo sestavení korelačních matic. V případech, kdy byl u Pearsonových korelačních koeficientů zjištěn

statisticky průkazný vztah, byla následně vypočtena lineární regrese a prezentován odpovídající graf. Zvolený přístup je považován za vhodný vzhledem k explorační povaze této bakalářské práce.

Pro hodnocení vztahů mezi podmínkami prostředí a diverzitou myrmekochorních druhů rostlin a mutualistických druhů mravenců byla použita data z transektu i čtverců. Pro jednotlivé skupiny mravenců podle způsobu chycení a pro rostliny zvláště byla vytvořena Pearsonova korelační matice. Vzhledem k tomu, že teplota představuje proměnnou závislou na aktuálních podmínkách v době provádění výzkumu, nikoliv stabilní charakteristiku lokality, byla analyzována odděleně pomocí Pearsonovy korelační matice, a to pouze pro zjištění vlivu teplotních podmínek na aktivitu mravenců.

Vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech byl posouzen na základě vytvoření Pearsonova korelačního koeficientu z dat o počtu druhů v celém transektu.

Souvislost mezi zastoupením myrmekochorních druhů ve vegetaci a počty mutualistických mravenců v jednotlivých habitatech, byla zjišťována vytvořením Pearsonova korelačního koeficientu pomocí dat o množství, či u rostlin pokryvnosti, druhů v intenzivně zkoumaných čtvercích.

3 Výsledky

3.1 Diverzita rostlin a mravenců na lokalitách

3.1.1 Počet nalezených druhů na lokalitách

Celkem bylo v rámci všech lokalit zaznamenáno 217 druhů rostlin (Tab. S4), z toho 18 pravděpodobně myrmekochorních (Tab. S2) a 32 myrmekochorních druhů (Tab. S1). Mravenčích druhů bylo nalezeno celkem 23, z toho 17 je zařazeno mezi mutualistické druhy (Tab. S3).

Počet druhů rostlin (Tab. 7) se mezi lokalitami pohyboval v poměrně širokém rozmezí (37-59 druhů), přičemž průměrně bylo na lokalitách zaznamenáno 47 druhů. Myrmekochorní druhy tvořily výrazně menší podíl (3-11 druhů) s průměrným počtem 6 druhů. Průměrně myrmekochorní druhy tvořily 12,7 % a pravděpodobně myrmekochorní druhy 20,5 % ze všech zaznamenaných rostlin.

Tab. 7: Maximální, minimální a průměrný počet druhů rostlin na lokalitách podle funkčních skupin.

funkční skupiny	max.	min.	průměr
celkem	59	37	47,3
pravd. myrmekochorní	14	4	9,7
myrmekochorní	11	3	6

U mravenců se zjištěné počty druhů velmi lišily v závislosti na metodě monitoringu (Tab. 8). Nejvíce druhů bylo zaznamenáno pomocí zemních pastí (až 12 druhů, z toho 10 mutualistických), zatímco nejméně druhů bylo nalezeno v mraveništích (až 8 druhů, z toho 5 mutualistických). Ve všech případech byl zaznamenán minimálně jeden druh. Průměrné počty druhů se pohybovaly v rozmezí 4,6-6,8 druhů, u mutualistických mravenců v rozmezí 3,6-5,9 druhů. Průměrně mutualistické druhy tvořily přibližně 77 % z druhů zaznamenaných v mraveništích, 85 % z aktivních druhů a 87 % z druhů nalezených v zemních pastečích.

Tab. 8: Maximální, minimální a průměrný počet nalezených druhů mravenců na lokalitách podle typu monitoringu a potravních guild.

typ monitoringu	potravní guildy	max.	min.	průměr
aktivně lezoucí	celkem	10	1	4,6
	mutualisté	8	1	3,9
mraveniště	celkem	8	1	4,7
	mutualisté	5	1	3,6
padací pasti	celkem	12	1	6,8
	mutualisté	10	1	5,9

3.1.2 Porovnání druhové bohatosti v závislosti na podmínkách prostředí

Nejvyšší druhovou bohatost rostlin (Tab. 2) vykazovaly lokality Ohrazení 1 (*Calthion palustris*) a Ohrazení 2 (*Molinion caeruleae*). Právě tyto lokality byly zároveň nejchudší na diverzitu mravenců (Tab. 3). Naopak lokalitou s nejvyšším počtem druhů mravenců byla Doubrava 2 (*Violion caninae*), na které se současně nacházela nejnižší diverzita rostlin.

Tab. 2 a 3: Průměrný Shannonův index diverzity jednotlivých lokalit vypočtený na základě indexů diverzity rostlin (Tab. 2) a mravenců (Tab. 3) z transektů i z intenzivně zkoumaných čtverců. Hodnoty v tabulkách jsou seřazeny od nejvyšší diverzity po nejnižší.

lokality	rostliny
Ohrazení 1	3,43
Ohrazení 2	3,33
Švábův Hrádek	3,32
Doubrava 1	3,30
Kralovice	3,29
Úhřice 1	3,25
Vrcov	3,21
Doubrava 3	3,16
PP Ohrazení	3,15
Úhřice 2	3,12
Vondráků vršek	3,11
Ostrov	2,99
PP Pastvina u Přešťovic	2,96
Vítějovice	2,95
Na Hájcích	2,90
Doubrava 2	2,90

lokality	mravenci
Doubrava 2	1,50
Vítějovice	1,36
Úhřice 2	1,34
Ostrov	1,30
Doubrava 3	1,29
Na Hájcích	1,27
PP Pastvina u Přešťovic	1,19
Švábův Hrádek	1,10
Úhřice 1	1,09
Doubrava 1	1,09
Kralovice	0,96
Vondráků vršek	0,91
Vrcov	0,61
PP Ohrazení	0,59
Ohrazení 2	0,03
Ohrazení 1	0,00

Druhová bohatost pravděpodobně myrmekochorních rostlin (Tab. 4) a myrmekochorních rostlin (Tab. 5) se vzájemně lišila pouze mírně. Ve srovnání s celkovou diverzitou rostlin se rozdíly projevíly především v pořadí lokalit Ohrazení 1, Ohrazení 2 a Doubrava 2.

Největší druhovou bohatost pravděpodobně myrmekochorních rostlin vykazovaly lokality Doubrava 3 (*Arrhenatherion elatioris*), Kralovice (*Violion caninae*) a Ohrazení 1. Nejvyšší diverzita výhradně myrmekochorních rostlin byla zaznamenána na lokalitách Kralovice, Ostrov (*Violion caninae*) a Doubrava 3. U obou skupin rostlin byla nízká průměrná diverzita zjištěna na lokalitě Vitějovice (*Trifolion medii*). Tato lokalita naopak vykazovala nejvyšší diverzitu mutualistických druhů mravenců (Tab. 6). Vysoká diverzita mutualistických mravenců byla zjištěna i na lokalitách Ostrov a Doubrava 2, což odpovídá celkové diverzitě mravenců i vyšší diverzitě myrmekochorních rostlin na těchto lokalitách. Lokality s nejnižší diverzitou mutualistických mravenců se shodovaly s lokalitami s nejnižší celkovou diverzitou mravenců.

Tab. 4 a 5: Průměrný Shannonův index diverzity jednotlivých lokalit vypočtený na základě indexů diverzity pravděpodobně myrmekochorních (Tab. 4) a myrmekochorních rostlin (Tab. 5) z transektů i z intenzivně zkoumaných čtverců. Hodnoty v tabulkách jsou seřazeny od nejvyšší diverzity po nejnižší.

lokality	pravd_myrm_rostliny
Doubrava 3	2,17
Kralovice	2,16
Ohrazení 1	2,05
Úhřice 1	2,04
PP Ohrazení	2,01
Ohrazení 2	2,00
Švábův Hrádek	1,92
Ostrov	1,88
PP Pastvina u Přeštic	1,82
Doubrava 2	1,73
Doubrava 1	1,72
Úhřice 2	1,70
Vrcov	1,67
Na Hájcích	1,64
Vitějovice	1,33
Vondráků vršek	1,28

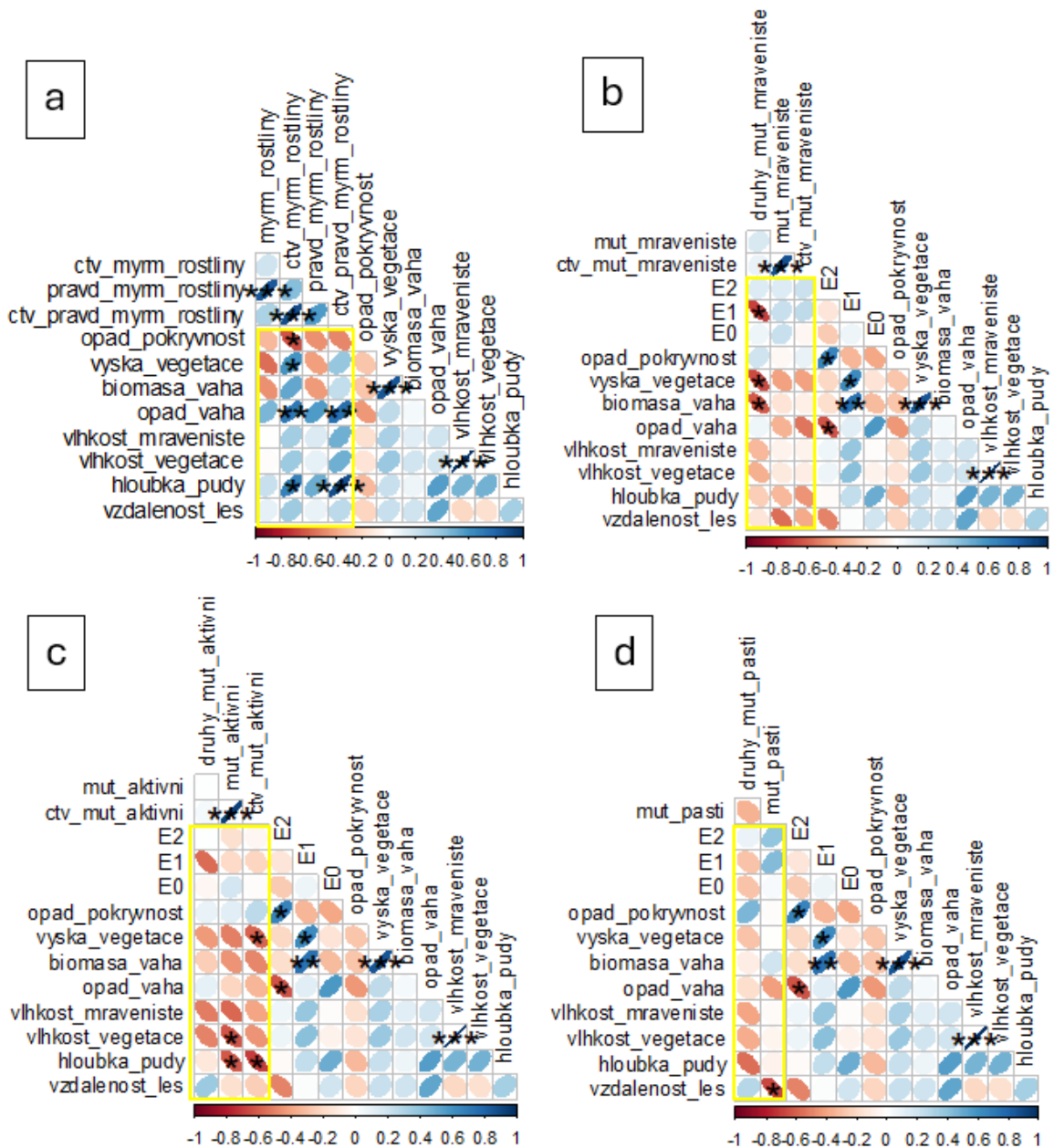
lokality	myrm_rostliny
Kralovice	1,73
Ostrov	1,60
Doubrava 3	1,57
Doubrava 2	1,55
Švábův Hrádek	1,53
Úhřice 1	1,37
Ohrazení 2	1,33
Ohrazení 1	1,27
Vondráků vršek	1,23
PP Ohrazení	1,18
Úhřice 2	1,16
Na Hájcích	1,10
PP Pastvina u Přeštic	0,97
Doubrava 1	0,90
Vitějovice	0,89
Vrcov	0,68

Tab. 6: Průměrný Shannonův index diverzity jednotlivých lokalit vypočtený na základě indexů diverzity mutualistických mravenců z transektů i z intenzivně zkoumaných čtverců. Hodnoty v tabulkách jsou seřazeny od nejvyšší diverzity po nejnižší.

lokality	mut_mravenci
Vitějovice	1,25
Ostrov	1,19
Doubrava 2	1,18
Úhřice 2	1,16
Na Hájcích	1,12
Švábův Hrádek	1,10
PP Pastvina u Přeštic	1,03
Vondráků vršek	0,91
Kralovice	0,87
Doubrava 3	0,86
Úhřice 1	0,78
Doubrava 1	0,74
Vrcov	0,61
PP Ohrazení	0,59
Ohrazení 2	0,03
Ohrazení 1	0,00

3.2 Vliv podmínek prostředí na diverzitu myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců

Pearsonova korelační analýza odhalila vztahy mezi vybranými environmentálními podmínkami a diverzitou i početností myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců (Obr. 5). Podrobněji jsou popsány v následujících podkapitolách.



Obr. 5: Pearsonovy korelační matice znázorňující vztahy mezi environmentálními proměnnými a diverzitou i početností a) pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin, b) mutualistických mravenců z mravenišť, c) mutualistických aktivně lezoucích mravenců, d) mutualistických mravenců ze zemních pastí. Žlutým obdélníkem jsou vyznačeny zkoumané vztahy. Černé hvězdičky označují statisticky významné korelace.

3.2.1 Diverzita a pokryvnost pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin

Diverzita pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin korelovala s podmínkami prostředí spíše slabě (Obr. 5a). Průkazný pozitivní vztah byl zjištěn mezi diverzitou pravděpodobně myrmekochorních rostlin a hloubkou půdy.

Pokryvnost obou skupin rostlin častěji vykazovala těsné korelace, přičemž obě skupiny rostlin vykazovaly průkazný pozitivní vztah s hloubkou půdy a váhou opadu. Pokryvnost myrmekochorních rostlin navíc průkazně pozitivně korelovala s výškou vegetace a průkazně negativně s pokryvností opadu.

Byl zaznamenán trend slabé pozitivní korelace vlhkosti vegetace, vlhkosti mravenišť a vzdálenosti od lesa s diverzitou i početností obou skupin rostlin.

3.2.2 Diverzita a početnost mutualistických mravenců

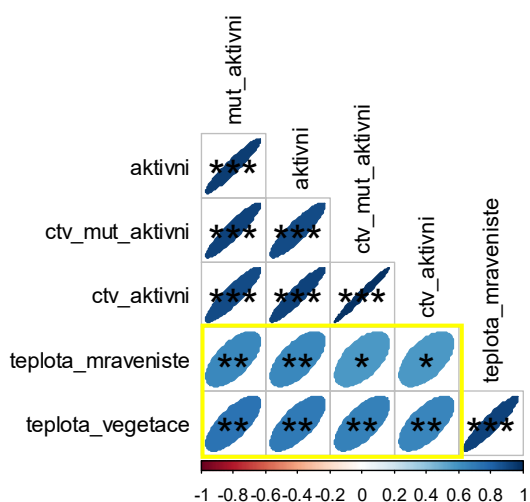
Diverzita mutualistických mravenců z mravenišť vykazovala průkaznou negativní korelaci s pokryvností bylinného patra (Obr. 5b), výškou vegetace a váhou biomasy. Jejich početnost korelovala s environmentálními proměnnými slabě nebo nevýznamně. Byl nalezen trend slabé negativní korelace vlhkosti vegetace i mraveniště, hloubky půdy a vzdálenosti od lesa s diverzitou i početností mutualistických mravenců z mravenišť.

Diverzita aktivních mutualistických mravenců korelovala s podmínkami prostředí slabě nebo nevýznamně (Obr. 5c). Jejich početnost vykazovala průkaznou negativní korelaci s výškou vegetace, vlhkostí vegetace a hloubkou půdy. Dále byl u diverzity i početnosti aktivních mutualistických mravenců zaznamenán trend slabé pozitivní korelace s pokryvností opadu a negativní slabé korelace s pokryvností bylinného patra, výškou vegetace, váhou biomasy a vlhkostí mraveniště.

Diverzita i početnost mutualistických mravenců ze zemních pastí korelovala s environmentálními proměnnými slabě nebo nevýznamně (Obr. 5d). Jejich početnost vykazovala průkaznou negativní korelaci se vzdáleností od lesa. V obou případech byl nalezen trend slabé negativní korelace s váhou opadu, vlhkostí vegetace i mraveniště a hloubkou půdy.

3.2.3 Vliv teploty na aktivitu mravenců

Pearsonova korelační analýza odhalila vliv teplotních podmínek na celkovou aktivitu mravenců (Obr. 6).



Obr. 6: Pearsonova korelační matice znázorňující vztah mezi teplotou a aktivním výskytem mravenců. Žlutým obdélníkem jsou vyznačeny zkoumané vztahy. Černé hvězdičky označují statisticky významné korelace.

Ve všech případech spolu proměnné vykazovaly průkaznou pozitivní korelaci, často velmi těsnou.

3.3 Vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech

Vztah mezi druhovou bohatostí rostlin a diverzitou mravenců byl hodnocen pomocí Pearsonova korelačního koeficientu (Tab. 9 a 10). Graficky jsou dále znázorněny pouze statisticky významné vztahy, které jsou v tabulkách zvýrazněny žlutě, negativní hodnoty korelace jsou v tabulkách vyznačeny červeným písmem. Toto značení je jednotně používáno v celé práci.

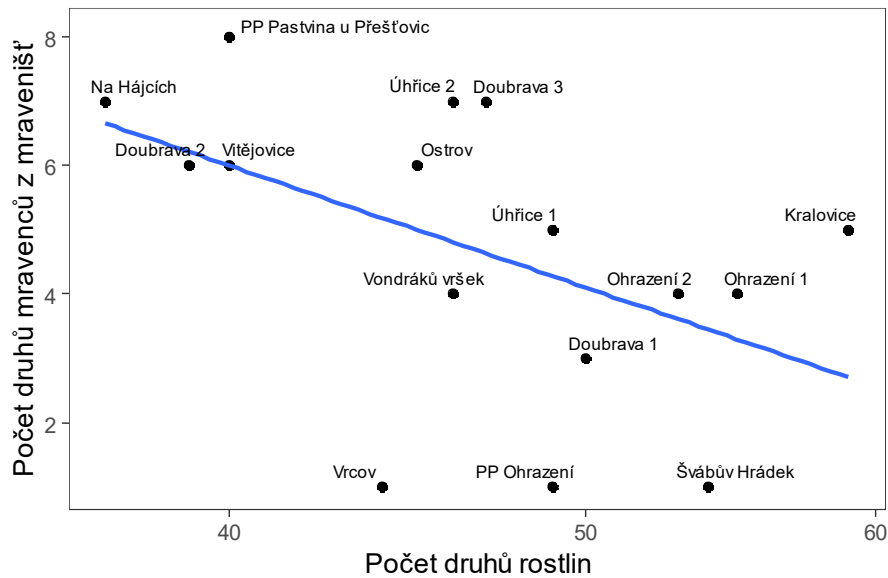
Tab. 9: Pearsonovy korelační koeficienty pro vztah mezi diverzitou rostlin a mravenců.

	mraveniště	aktivní mravenci	padací pasti
rostliny	-0,50	-0,26	-0,39

Tab. 10: Pearsonovy korelační koeficienty pro vztah diverzity pravděpodobně myrmekochorních rostlin a myrmekochorních rostlin s mutualistickými mravenci.

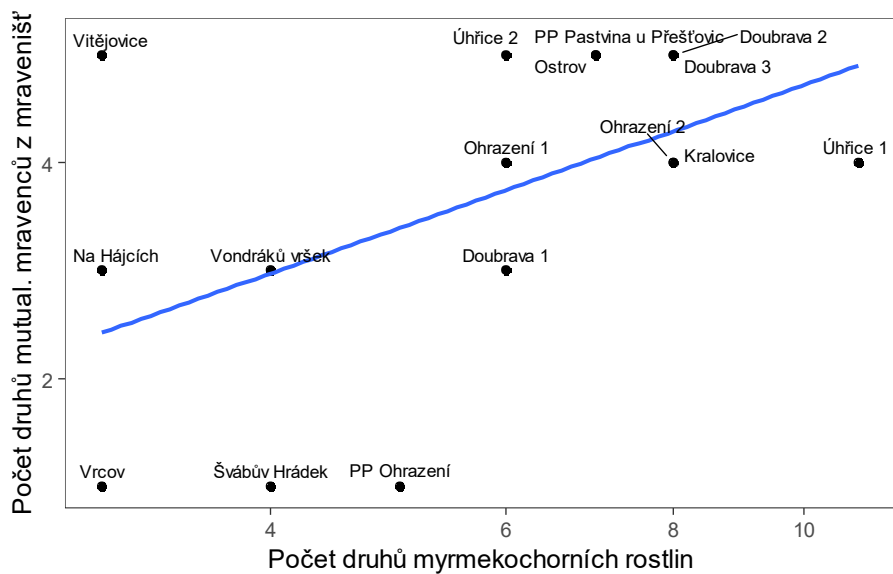
	mut. mraveniště	mut. aktivní mravenci	mut. padací pasti
pravd. myrm. rostliny	0,38	0,14	-0,17
myrm. rostliny	0,52	0,33	0,11

Korelace pro vztah celkové diverzity rostlin a mravenců obecně nabývaly negativních hodnot. Průkazný negativní vztah ($r = -0,50$; $p = 0,049$) byl zjištěn mezi diverzitou rostlin a diverzitou mravenců z mravenišť (Obr. 7).



Obr. 7: Vztah mezi diverzitou rostlin mravenců z mravenišť. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární regresi. Proměnná počtu druhů rostlin byla před analýzou logaritmicky transformována, odpovídající osa je logaritmicky transformována, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.

Naopak u vztahu diverzity pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin s mutualistickými mravenci byly hodnoty korelace spíše kladné. Statisticky významná byla pozitivní korelace ($r = 0,52$; $p = 0,04$) mezi druhovou bohatostí myrmekochorních rostlin a počtem druhů mutualistických mravenců z mravenišť (Obr. 8).



Obr. 8: Vztah mezi diverzitou myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců z mravenišť. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární regresi. Proměnná počtu druhů myrmekochorních rostlin byla před analýzou logaritmicky transformována, odpovídající osa je logaritmicky transformována, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.

3.4 Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a počtem mutualistických mravenců

Korelace pokryvnosti všech druhů rostlin s množstvím mravenců byla slabá či statisticky nevýznamná (Tab. 11). Obecně platilo, a to i u myrmekochorních a mutualistických druhů (Tab. 12), že spolu tyto proměnné korelovaly spíše slabě negativně.

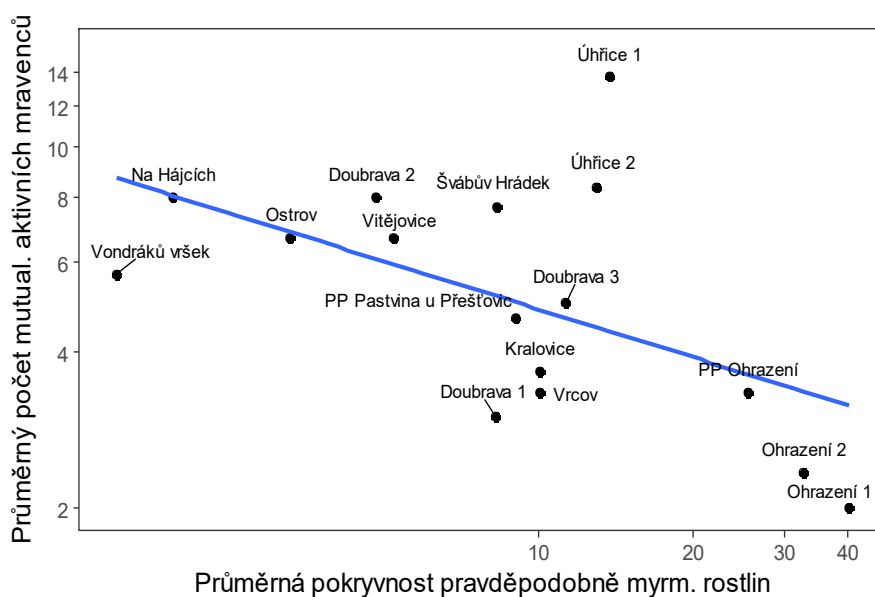
Tab. 11: Korelace pokryvnosti rostlin s množstvím mravenců. Negativní hodnoty korelace byly vyznačeny červeným písmem.

	mravenišť	aktivní mravenci	padací pasti
rostliny	-0,02	-0,26	0,44

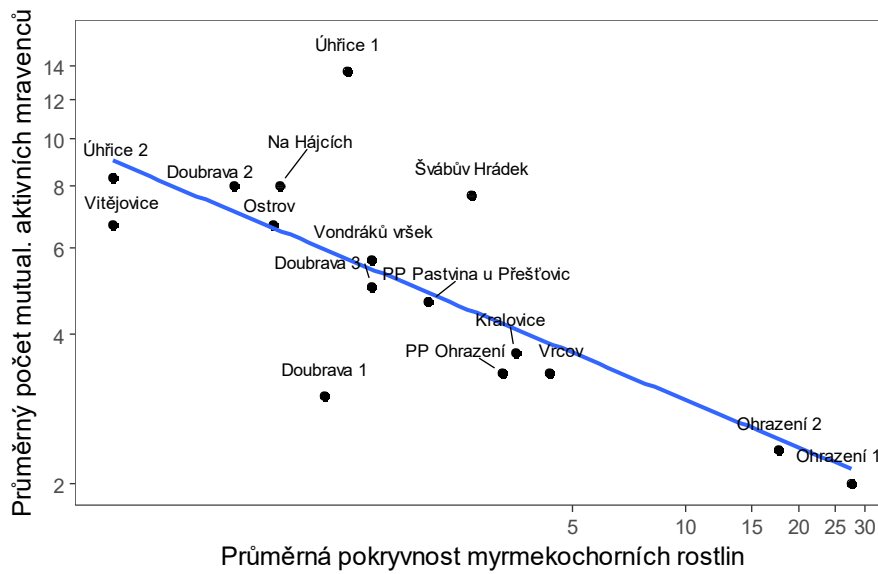
Tab. 12: Korelace pokryvnosti pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin s množstvím mutualistických mravenců. Negativní hodnoty korelace byly vyznačeny červeným písmem.

	mut. mraveniště	mut. aktivní mravenci	mut. padací pasti
pravd. myrm. rostliny	-0,19	-0,54	0,21
myrm. rostliny	-0,48	-0,76	-0,28

Jako statisticky významné (Obr. 8 a 9) se ukázaly průkazné negativní vztahy pokryvnosti pravděpodobně myrmekochorních rostlin ($r = -0,54$; $p = 0,03$) i jednoznačně myrmekochorních rostlin ($r = -0,76$; $p = 0,001$) vůči množství mutualistických aktivních mravenců. Doplnková analýza, ve které byly z datasetu vyloučeny vlhké lokality (Ohrazení 1, Ohrazení 2, PP Ohrazení a Vrcov), vedla k výraznému oslabení těchto vztahů (Obr. S1 a S2).



Obr. 8: Korelace pokryvnosti pravděpodobně myrmekochorních rostlin s množstvím mutualistických aktivních mravenců. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární regresi. Obě proměnné byly před analýzou logaritmičsky transformovány, odpovídající osy jsou logaritmičsky transformovány, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.



Obr. 9: Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a množstvím mutualistických aktivních mravenců. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární regresi. Obě proměnné byly před analýzou logaritmičticky transformovány, odpovídající osy jsou logaritmičticky transformovány, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.

4 Diskuze

4.1 Diverzita rostlin a mravenců na lokalitách

4.1.1 Počet nalezených druhů na lokalitách

Ve sledovaných společenstvech byl patrný rozdíl v zastoupení myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců v rámci všech nalezených druhů. Zatímco myrmekochorní druhy tvořily poměrně malou část v rámci celkového počtu druhů rostlin, mutualističtí mravenci tvořili většinu z celkového počtu druhů mravenců. Tento rozdíl naznačuje, že samotná myrmekochorie nepředstavuje mezi rostlinami dominantní strategii šíření.

Tato situace odpovídá i zastoupení v celé české flóře a fauně. Myrmekochorních rostlin bylo v rámci všech lokalit zaznamenáno průměrně 12,7 % a pravděpodobně myrmekochorních 20,5 % ze všech nalezených druhů rostlin (krytosemenné rostliny včetně 3 nahosemenných druhů). Tyto hodnoty přibližně odpovídají zastoupení těchto skupin rostlin mezi všemi krytosemennými rostlinami na území České republiky (Konečná et al., 2018a).

Nižší podíl myrmekochorních rostlin v celkovém počtu rostlinných druhů lze vysvětlit jejich souběžným výskytem s mutualistickými mravenci, kteří mají často podobné ekologické nároky, a to především sušší a teplejší stanoviště (Seifert, 2017; Konečná et al., in prep.). Zároveň myrmekochorní rostliny zahrnují spíše menší a méně konkurenčně schopné druhy, což také může přispívat k jejich nižšímu zastoupení mezi všemi druhy rostlin (Konečná et al., in prep.).

Vyšší zastoupení mutualistických mravenců v celkovém počtu druhů odpovídá jejich potravní specializaci. Většina druhů mravenců je omnivorní (Beattie, 1985), přičemž často fungují jako příležitostní sběrači diaspor myrmekochorních rostlin. Jejich přítomnost však nemusí nutně odrážet rozšíření myrmekochorie, ale spíše jejich potravní plasticitu (Christianini et al., 2012).

Výrazný rozdíl byl zjištěn v počtech zaznamenaných druhů mravenců mezi jednotlivými metodami monitoringu. Vyšší počet druhů mravenců zjištěný pomocí zemních pastí může souviset s jejich schopností lépe zaznamenat aktivní epigeické druhy v delším časovém intervalu než jejich samotný sběr, který je závislý na aktuálních podmínkách počasí a pohotovosti při sběru. Naopak cílené rozhrabávání povrchu a vyhledávání mravenišť umožňuje lépe detekovat druhy s kryptickým nebo podzemním způsobem života. To se týká například druhu *Lasius flavus*, který je charakteristický převážně podzemní aktivitou a omezeným výskytem na povrchu (Boots & Clipson, 2013), a proto může být jeho výskyt při monitoringu v zemních pastech podhodnocen. Podobně i druhy komplexu *Tetramorium caespitum* byly

úspěšněji zjištěny metodou aktivního hledání mravenišť. Zároveň to, že se do zemních pastí chytí spíše větší a mobilnější druhy mravenců, které se pohybují na větší vzdálenosti, může způsobit, že jejich abundance bude u zemních pastí, oproti menším a méně aktivním či podzemním druhům mravenců, nadhodnocena.

Zaznamenaná diverzita je tedy silně závislá na použité metodice, přičemž kombinace více metod sběru vzorků vede k zachycení výrazně vyššího počtu druhů mravenců než jednotlivé metody samostatně (Agosti et al., 2000; Zaller et al., 2015). Kombinování těchto metod však nelze, zvláště v případě hodnocení abundancí, chápat jako pouhý součet.

4.1.2 Porovnání druhové bohatosti v závislosti na podmínkách prostředí

Rozdíly v diverzitě rostlin a mravenců mezi lokalitami naznačují, že ekologické nároky mravenců a rostlin v rámci všech druhů se mohou výrazně lišit. Vlhké a kosené lokality s vysokou pokryvností bylinného patra (např. Ohrazení 1 a Ohrazení 2) vykazovaly nejvyšší diverzitu rostlin a zároveň nízkou diverzitu mravenců. Naopak na sušších lokalitách s nižší pokryvností vegetace a menší hloubkou půdy (např. Doubrava 2 a Vitějovice) byla zaznamenána nejvyšší diverzita mravenců, ale z hlediska rostlin patřily mezi druhově chudší.

Lokalita Ohrazení 1 (*Calthion palustris*) a Ohrazení 2 (*Molinion caeruleae*) poskytují specifické environmentální podmínky, které sice mohou mít pozitivní vliv na diverzitu rostlin (Chytrý et al., 2015), zároveň ale nejsou optimální pro mnoho druhů mravenců, tudíž byla jejich diverzita na těchto lokalitách velmi nízká. Často zde dominoval druh *Myrmica scabrinodis*, který je poměrně tolerantní vůči těmto podmínkám (Seifert, 2017; Stukalyuk et al., 2026).

Lokalita Doubrava 2 (*Violion caninae*) a Vitějovice (*Trifolion medii*) umožňují vyšší prohřívání půdy a vytvářejí vhodnější mikroklima pro zakládání hnízd i aktivitu více druhů mravenců (Craine & Dybizinski, 2013; Seifert, 2017). Podobné podmínky měly i lokality PP Pastvina u Přešťovic (*Bromion erecti*), Ostrov (*Violion caninae*) a Na Hájcích (*Deschampsion cespitosae*), které jsou však v porovnání s výše zmíněnými lokalitami z hlediska celkové mravenčí diverzity výrazně chudší. Důvodem těchto rozdílů může být rozdílná vzdálenost studovaných transektů od lesa, která na těchto lokalitách s menší diverzitou mravenců činila 11-30 m. U lokalit Doubrava 2 a Vitějovice byla v obou případech tato vzdálenost přibližně 2,5 m. Zároveň byly tyto lokality přímo situovány v lesních lemech, kde vzniká tzv. okrajový efekt, což znamená, že se na rozhraní dvou typů prostředí setkávají druhy typické pro oba biotopy (Murcia, 1995). Současně se zde může objevovat širší nabídka potravních zdrojů a hnízdních příležitostí (Sobrinho & Schoereder, 2007).

Naopak diverzita myrmekochorních rostlin i mutualistických mravenců současně vykazovala vysokou diverzitu zejména na sušších a teplejších lokalitách (např. Ostrov a Doubrava 2). Lokalita Vitějovice (*Trifolion medii*) byla sice druhově bohatá na mutualistické mravence, avšak patřila mezi druhově chudší lokality z hlediska myrmekochorních rostlin.

Tento výsledek je v souladu s předchozími poznatky o ekologii myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců (Seifert, 2017; Konečná et al., in prep.). Lesní lemy na druhou stranu mohou kromě okrajového efektu vykazovat i specifické podmínky (Ries et al., 2004), jako je větší množství opadu, především ze stromů, proměnlivé světelné podmínky nebo sušší mikroklima způsobené konkurencí o vodu se stromy (Facelli & Pickett, 1991; Xiong & Nilsson, 1999). Tyto faktory mohou omezovat rozvoj a tedy i pokryvnost bylinného patra a ovlivňovat tak nejen výskyt myrmekochorních druhů rostlin, ale i výskyt mravenčích společenstev (Craine & Dybzinski, 2013; Seifert, 2017). Lesní lemy se vyskytovaly i na dalších lokalitách, a proto je třeba zdůraznit, že pozorované vzorce diverzity jsou výsledkem kombinace více faktorů, jako jsou mikroklimatické podmínky spojené také s orientací svahu nebo hloubkou půdy (Cingolani et al., 2003; Seifert, 2017).

Diverzita pravděpodobně myrmekochorních rostlin byla mezi lokalitami poměrně srovnatelná s diverzitou myrmekochorních rostlin. Vzhledem k tomu, že tato funkční skupina obsahovala velké množství výhradně myrmekochorních druhů, je tento trend očekáván ve všech případech. Obě tyto funkční skupiny vykazovaly vysokou diverzitu na lokalitách Kralovice (*Violion caninae*) a Doubrava 3 (*Arrhenatherion elatioris*), kde byla diverzita mutualistických mravenců nižší.

Je důležité si uvědomit, že absolutní diverzita nemusí plně odrážet funkční význam společenstev rostlin i mravenců. Efektivita myrmekochorie nezávisí jen na množství druhů, ale především na druhové identitě a tedy lokální kvalitě mravenčích roznašečů (Leal et al., 2014) a odměn v podobě elaiosomů (Levine et al., 2019). Současně je nutné zohlednit také metodická omezení studie při sběru mravenců, zejména vliv monitoringu a aktuálních podmínek prostředí (teploty a vlhkosti) na aktivitu mravenců. Odběr vzorků za nevhodného počasí může vést k podhodnocení diverzity na lokalitách (Agosti et al., 2000).

4.2 Vliv podmínek prostředí na diverzitu myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců

V následujících kapitolách jsou diskutovány zjištěné vztahy mezi podmínkami prostředí a diverzitou rostlin a mravenců, případně mezi myrmekochorními rostlinami a mutualistickými

mravenci. Statisticky významné korelace prezentované v této práci však nemusí nutně odrážet přímou kauzální závislost, ale mohou být pouze výsledkem podobné odpovědi těchto skupin organismů na podmínky prostředí, zejména vlhkost (Seifert, 2017; Konečná et al., in prep.). Lze předpokládat, že se myrmekochorní rostliny vyvíjely v prostředí, které preferují i mravenci, ve střední Evropě spíše na sušších a teplejších stanovištích (Lengyel et al., 2010; Seifert, 2017).

V této práci jsou zároveň interpretovány i neprůkazné trendy, a to s vědomím, že mohou být pouze náhodné. Tyto předpoklady se z důvodu zjišťování korelací vztahují ke všem následujícím interpretacím v diskuzi této práce.

4.2.1 Diverzita a pokryvnost pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin

Zjištěné spíše slabé vztahy diverzity pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin s environmentálními podmínkami naznačují, že celková diverzita rostlin nemusí být natolik ovlivněna jednotlivými faktory environmentálních podmínek, ale spíše jejich kombinací v různých prostorových škálách (Spiesman & Cumming, 2008). Častější výraznější vztahy s podmínkami prostředí byly zaznamenány u pokryvností těchto funkčních skupin rostlin, což může souviset s tím, že pokryvnost odráží aktuální podmínky prostředí a dostupnost zdrojů lépe než samotný počet druhů (Chytrý et al., 2015; Konečná et al., in prep.).

Pokryvnosti obou skupin rostlin reagují vzájemně na všechny měřené podmínky velmi podobně. Vztahy s podmínkami prostředí se mezi diverzitami těchto funkčních skupin téměř neliší, mírný rozdíl byl zaznamenán u vztahu s vlhkostí a vzdáleností od lesa, kdy diverzita pravděpodobně myrmekochorních rostlin vykazovala slabý pozitivní trend a vztah diverzity myrmekochorních rostlin a těchto faktorů byl spíše neutrální. Tento výsledek se shoduje s poznatky o ekologii myrmekochorních rostlin v české flóře (Konečná et al., in prep.).

Pozitivní vztah diverzity a obzvláště pokryvnosti těchto funkčních skupin rostlin s hloubkou půdy odpovídá trendu pozorovanému i u celé vegetace (Craine & Dybzinski, 2013; Laliberté et al., 2013). Silný pozitivní vztah byl dále zjištěn s váhou opadu, přičemž s jeho pokryvností korelovala diverzita i pokryvnost těchto funkčních skupin naopak negativně. Tento vztah může souviset s omezenou možností klíčení semen a růstu semenáčků v silné vrstvě opadu, která může mechanicky bránit prorůstání nebo ovlivňovat světelné i teplotní podmínky na povrchu půdy (Facelli & Pickett, 1991; Xiong & Nilsson, 1999). Váha opadu přitom v této práci neodrážela jeho plošnou pokryvnost, ale byla často tvořena nahromaděnou odumřelou biomasou, která zůstala koncentrovaná na malé ploše v těsné blízkosti rostlin, například u

trsnatých trav rodu *Festuca*. Proto se může vztah pokryvnosti a diverzity těchto funkčních skupin rostlin k pokryvnosti a váze opadu lišit.

Vztahy k ostatním podmínkám se mezi zkoumanou diverzitou a pokryvností těchto funkčních skupin patrně lišily. U diverzity byly nalezeny negativní trendy s výškou vegetace a váhou biomasy, které odpovídají výsledkům předešlých studií (Leal et al., 2014; Konečná et al. in prep.), zatímco pokryvnost s těmito faktory korelovala pozitivně. Tento vztah lze pravděpodobně vysvětlit tak, že výška vegetace představuje indikátor vyšší dostupnosti zdrojů a příznivějších podmínek prostředí, které umožňují vegetaci, tedy i myrmekochorním rostlinám, dosahovat vyšších rozměrů a tedy i větší biomasy (Hadincová, 2008). Studie Leal et al. (2014) a Konečná et al. (in prep.) však zmiňují, že myrmekochorní rostliny v našich podmínkách obvykle dosahují menších rozměrů.

Zaznamenané, u diverzity obzvláště, slabé pozitivní trendy s vlhkostí a vzdáleností od lesa naznačují, že tyto faktory mohou mít vliv na výskyt pravděpodobně i výhradně myrmekochorních rostlin, avšak nepůsobí samostatně. Spíše se uplatňují v kombinaci s dalšími environmentálními podmínkami, jako je dostupnost živin a struktura vegetace (Cingolani et al., 2003).

4.2.2 Diverzita a početnost mutualistických mravenců

Ve většině případů slabé vztahy diverzity a početnosti mutualistických mravenců s podmínkami prostředí naznačují, že diverzita i početnost mravenců na některých podmínkách nezávisí silně a jsou opět výsledkem spíše kombinace faktorů prostředí v různém prostorovém měřítku (Spiesman & Cumming, 2008; Seifert, 2017). Tyto vztahy se zároveň poměrně výrazně lišily v závislosti na použité metodě monitoringu, což značí, že každá metoda je lépe zaměřena na různé skupiny mravenců s odlišnými ekologickými nároky, a potvrzuje význam volby vhodné metodiky pro interpretaci ekologických dat (Agosti et al., 2000; Koivula et al., 2003).

Zjištěné negativní vztahy diverzity i početnosti mutualistických mravenců s vlhkostí u všech tří typů monitoringu odpovídají ekologickým nárokům mnoha druhů mravenců (Hölldobler & Wilson, 1990; Seifert, 2017). Dále byl ve všech případech zjištěn negativní vztah s hloubkou půdy, která může pozitivně ovlivnit vyšší produktivitu stanoviště. S tím souvisí i pokryvnost a výška vegetace a díky tomu i větší váha biomasy a opadu (Craine & Dybzinski, 2013), přičemž tyto faktory také korelovaly s diverzitou a početností mutualistických mravenců opět většinou negativně. To podporuje předpoklad, že nadzemní biomasa a s ní spojené mikroklimatické

podmínky, například snížení teploty půdy a zvýšení vlhkosti (Kaspari et al., 2004), představují významný faktor ovlivňující rozšíření mravenců (Andersen, 1997; Achury et al. 2022).

U mutualistických mravenců ze zemních pastí byl zjištěn silný negativní vztah se vzdáleností od lesa. U ostatních jedinců byl tento vztah méně zřetelný. Diverzita u aktivních mravenců a mravenců ze zemních pastí však korelovala s touto vzdáleností pozitivně, ačkoliv u mravenců z mravenišť byl tento vztah opět negativní. Tento výsledek může naznačovat vyšší hustotu kolonií v blízkosti lesních lemů, kde se uplatňuje okrajový efekt a je zde často vyšší heterogenita prostředí (Murcia, 1995; Ries et al., 2004). Zmíněná odchylka může být dána závislostí použitých metod monitoringu na aktivitě mravenců a s ní souvisejícím vlivem počasí v době sběru dat.

4.2.3 Vliv teploty na aktivitu mravenců

Teplota byla měřena během sběru aktivních mravenců a aktivního vyhledávání mravenišť. Není tedy charakteristikou lokality, ale slouží pouze k interpretaci pozorované aktivity mravenců. Pozitivní vztahy teploty prostředí (holé půdy i vegetace) s aktivitou mravenců potvrzují zásadní význam teploty jako klíčového faktoru ovlivňujícího jejich chování (Seifert, 2017).

S rostoucí teplotou se aktivita mobilních mravenců, i mravenců z mravenišť na lokalitách obvykle zvyšovala, dokud nedošlo k překročení optimálního teplotního rozmezí, tedy přibližně 27,5 °C. Toto optimum se liší mezi druhy (Seifert, 2017), přičemž početnost, obecně i diverzita, těchto jedinců dosahovala maxima při změřených středně vysokých teplotách půdy. Tyto výsledky zdůrazňují význam zohlednění teploty při interpretaci dat o interakci mravenců a rostlin.

4.3 Vztah diverzity rostlin a mravenců v lučních společenstvech

Výsledky ukazují negativní trend mezi celkovou diverzitou rostlin a mravenců v lučních společenstvech, přičemž byla zaznamenána silná negativní korelace mezi diverzitou rostlin a mravenců z mravenišť. Tyto vztahy naznačují, že vyšší diverzita rostlin může vytvářet méně vhodné podmínky pro některé druhy mravenců. Vyšší diverzita rostlin totiž bývá často spojena s vyšší pokryvností vegetace (Marquard et al., 2009), která kvůli ovlivnění mikroklimatických podmínek nepředstavuje optimální podmínky pro řadu druhů mravenců (Gibb & Parr, 2013; Seifert, 2017).

Naopak v případě diverzity myrmekochorních rostlin byl zjištěn pozitivní trend s diverzitou mutualistických mravenců, přičemž byl zaznamenán silný pozitivní vztah těchto rostlin

s mutualistickými mravenci z mravenišť. Tento výsledek odpovídá předpokladům o vzájemně prospěšných interakcích mezi těmito skupinami, kdy vyšší diverzita rostlin šířených mravenci může podporovat vyšší diverzitu mutualistických mravenců prostřednictvím nabídky potravních zdrojů výměnou za řadu výhod spojených s efektivitou jejich šíření (Dunn et al., 2007). Tento vztah také podporuje předpoklady o společných ekologických nárocích myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců (Hölldobler & Wilson, 1990; Seifert, 2017).

Slabší vztahy diverzity pravděpodobně myrmekochorních druhů rostlin s diverzitou mutualistických mravenců mohou souviset s nejistotou jejich zařazení mezi myrmekochory i s nižší mírou specializace na myrmekochorii z důvodu menší odměny, plynoucí z relativně malých elaiosomů (Konečná et al., in prep.; Chytrý et al., 2021).

Tyto výsledky opět naznačují, že síla korelace mezi diverzitou rostlin a mravenců závisí na intenzitě jejich ekologické vazby. Diverzita jedné skupiny organismů sama o sobě tak nemusí být dostatečným prediktorem diverzity jiné skupiny organismů bez zohlednění konkrétních podmínek prostředí a ekologických vazeb mezi skupinami samotnými (Spiesman & Cumming, 2008).

4.4 Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a počtem mutualistických mravenců

Mezi celkovou pokryvností rostlin a početností mravenců nebyl zjištěn výrazný vztah, což naznačuje, že samotná pokryvnost vegetace sice může ovlivňovat diverzitu mravenců, ale nemusí být klíčovým faktorem určujícím jejich početnost. Tento výsledek podporuje obecný předpoklad, že mravenčí druhy reagují různě na strukturu prostředí, mikroklimatické podmínky a dostupnost hnízdních příležitostí, přičemž jejich početnost nemusí nutně odrážet celkovou diverzitu. Pokryvnost vegetace tedy nemusí mít výrazný vliv na celkovou početnost mravenců, ačkoliv významně ovlivňuje jejich diverzitu (Kaspari et al., 2004; Seifert, 2017).

Naopak u myrmekochorních rostlin byly zaznamenány výraznější vztahy. Negativní vztah pokryvnosti pravděpodobně myrmekochorních a myrmekochorních rostlin s počtem aktivních mutualistických mravenců je na první pohled v rozporu s očekáváním. Tento výsledek však může odrážet vliv environmentálních podmínek na obě skupiny organismů (Spiesman & Cumming, 2008; Konečná et al., in prep.). Tento vztah mohl být negativně ovlivněn především přítomností vlhkých a zároveň kosených lokalit s vyšší pokryvností vegetace, zejména Ohrazení 1 (*Calthion palustris*), Ohrazení 2 (*Molinion caeruleae*), PP Ohrazení (*Calthion*

palustris) a Vrcov (*Molinion caeruleae*), které neposkytují pro některé druhy mravenců a jejich aktivitu vhodné podmínky (Seifert, 2017; Heuss et al., 2019). Skutečnost, že po vyloučení těchto vlhkých lokalit v doplňkové analýze se vztah mezi proměnnými výrazně oslabil, tento předpoklad podporuje.

Neprůkazné nebo slabé vztahy pokryvnosti rostlin s počtem mravenišť a jedinců chycených do zemních pastí naznačují, že různé metody odhadu abundance mravenců zachycují různé druhy různou měrou podle jejich ekologie. Zatímco sběr aktivních jedinců může být ovlivněn schopností jejich detekce či rychlostí odchyty a odráží okamžitou aktivitu jedinců, instalace zemních pastí a vyhledávání mravenišť dokáže lépe zachytit dlouhodobější přítomnost druhů na lokalitě (Agosti et al., 2000; Zaller et al., 2015).

4.5 Doporučení pro budoucí výzkum

V rámci metodiky by bylo vhodné do budoucna některé postupy optimalizovat. K lepší srovnatelnosti dat by mohl přispět výběr studovaných lokalit podle zastoupení jednotlivých vegetačních svazů. Tento přístup má však svá omezení, protože klasifikace biotopů nemusí být pro studium mravenčích společenstev vždy dostačující. Mravenci totiž reagují spíše na konkrétní podmínky prostředí, jako je vlhkost, teplota nebo struktura vegetace, než na typ biotopu (Seifert, 2017). Vhodnější se proto jeví zaměřit se při výběru lokalit spíše na gradienty těchto podmínek prostředí než na samotné vegetační jednotky, včetně dalších faktorů, které by mělo smysl studovat, jako je sklon a expozice svahu nebo nadmořská výška, které mohou významně ovlivňovat mikroklimatické podmínky stanoviště (Pérez-Sánchez et al., 2023).

Dále by bylo vhodné se zaměřit také na prostorové rozmístění jednotlivých lokalit. V případě vzájemně blízce situovaných transektů, i s odlišným vegetačním typem, může docházet k ovlivnění druhového složení ve výsledcích vlivem lokálních podmínek či výskytem stejných populací, což může vést ke snížení nezávislosti dat. Výběr vzájemně vzdálenějších lokalit by mohl přispět k zachycení širší variability druhového složení v rámci jednotlivých typů vegetace a k omezení vlivu prostorové autokorelace, tedy podobnosti mezi blízce situovanými lokalitami (Legendre, 1993).

Dalším významným faktorem ovlivňujícím výsledky byl také výběr vhodného počasí pro terénní sběr dat. Ukázalo se, že při nebo po dešti je aktivita mravenců snížena jak na povrchu půdy, tak i v mravenišťích, kde se mravenci stahují do hlubších podzemních chodeb. Vegetace a půda zůstává totiž i při následném slunečném počasí po delší dobu vlhká. Podobně byla nižší aktivita zaznamenána při teplotách pod 15 °C. Pro zvýšení efektivity sběru dat by proto bylo

vhodné provádět terénní výzkum za stabilních meteorologických podmínek, ideálně při suchém a teplém počasí, přibližně do 28 °C. Příliš vysoké teploty vedou též ke snížení aktivity mravenců (Seifert, 2017).

V neposlední řadě by bylo vhodné upravit samotný postup v metodice při sběru mravenčích dat. Ideální by bylo vždy nejprve po průzkumu vegetace instalovat do intenzivně zkoumaných ploch (čtverců) zemní pasti a teprve následně po jejich sběru provádět mechanické narušení substrátu při vyhledávání mravenišť pomocí hrabiček. Tím by se snížila pravděpodobnost zachycení celých kolonií mravenců do pastí v důsledku jejich vyrušení z hnízda (Greenslade, 1973). Takové vzorky jsou následně nejen časově náročnější na determinaci, ale mohou také vést ke zkreslení výsledků v podobě výrazných odchylek oproti ostatním lokalitám. Dalším faktorem by mohlo být nevhodné umístění zemní pasti, tedy blízko hnízda nebo přímo do trasy mravenčích dělnic. Takovému umístění se však nelze vyhnout bez předešlého průzkumu plochy pro lokalizaci mravenišť a tras mravenců.

5 Závěr

Tato práce měla explorační charakter, přičemž testovala současný monitoring mravenců a rostlin. Zabývala se tedy vztahy mezi diverzitou a abundancí myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců v lučních společenstvech. Tyto vztahy byly dále také porovnávány na úrovni celkové diverzity rostlin a mravenců. Zároveň bylo sledováno, jak jsou tato společenstva ovlivněna podmínkami prostředí.

Šlo o observační studii, jejíž výsledky naznačují, že samotná diverzita nebo pokryvnost rostlin či početnost mravenců nemusí být dostatečným prediktorem jejich vzájemných interakcí bez zohlednění dalších ekologických faktorů či identity druhů. V evolučním měřítku je ale pravděpodobné, že se myrmekochorní rostliny vyvinuly v podmínkách, které preferují mravenci, tedy ve střední Evropě na sušších a teplejších místech.

Celková diverzita rostlin a mravenců byla ovlivněna podmínkami prostředí odlišně. Zatímco vyšší diverzita všech rostlin byla častěji spojena s vlhčími a produktivnějšími stanovišti, diverzita všech i mutualistických druhů mravenců byla vyšší na sušších a teplejších lokalitách, stejně tak jako diverzita myrmekochorních rostlin. Tyto rozdíly pravděpodobně odrážejí odlišné ekologické nároky a vazby obou skupin organismů.

Mezi diverzitou všech rostlin a mravenců byla zjištěna negativní korelace, která však pravděpodobně odráží rozdílnou odpověď obou skupin na podmínky prostředí, zejména vlhkost a strukturu vegetace. Naopak mezi diverzitou myrmekochorních rostlin a mutualistických mravenců byl zaznamenán pozitivní vztah, což by mohlo odpovídat jejich ekologické vazbě a společným nárokům na prostředí.

Vztah mezi pokryvností myrmekochorních rostlin a početností mutualistických mravenců nebyl jednoznačný a byl pravděpodobně silně ovlivněn kombinací podmínek prostředí. Tento výsledek pravděpodobně potvrzuje předpoklad, že podmínky prostředí ovlivňují spíše výskyt jednotlivých druhů mravenců, tedy diverzitu, než jejich samotnou abundanci.

Tato práce poukázala na význam metodického přístupu při studiu mravenčích společenstev. Ukázalo se, že jednotlivé metody sběru zachycují skrze druhové složení vzorků různé aspekty ekologie mravenců, proto je kombinace více metod sběru klíčová pro zachycení širšího spektra druhů a ekologických vztahů. Význam zjištěných korelací však nemusí znamenat přímou kauzální závislost, přičemž zjištěné vztahy mohou být výsledkem jejich stejné odpovědi na podmínky prostředí, hlavně na vlhkost.

6 Literatura

- Agosti, D., Majer, J., Alonso, E., & others. (2000). *Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Scholarly Press.
- Achury, R., Clement, L., Ebeling, A., Meyer, S., Voigt, W., & Weisser, W. W. (2022). Plant diversity and functional identity alter ant occurrence and activity in experimental grasslands. *Ecosphere*, 13(10), e4252. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4252>
- Andersen, A. N. (1988). Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. *Oecologia*, 75(4), 507–511. <https://doi.org/10.1007/BF00776412>
- Andersen, A. N. (1997). Using ants as bioindicators: Multiscale issues in ant community ecology. *Conservation ecology*, 1(1).
- Andersen, A. N. (2019). Responses of ant communities to disturbance: Five principles for understanding the disturbance dynamics of a globally dominant faunal group. *Journal of Animal Ecology*, 88(3), 350–362. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12907>
- Beattie, A. J. (1985). *The Evolutionary Ecology of Ant-Plant Mutualisms*. Cambridge University Press.
- Beattie, A. J., & Culver, D. C. (1981). The guild of myrmecochores in the herbaceous flora of West Virginia forests. *Ecology*, 62(1), 107–115.
- Beattie, A. J., & Culver, D. C. (1982). Inhumation: How ants and other invertebrates help seeds. *Nature*, 297(5868), 627–627.
- Beattie, A. J., & Lyons, N. (1975). Seed dispersal in *Viola* (Violaceae): Adaptations and strategies. *American Journal of Botany*, 62(7), 714–722.
- Berg, R. Y. (1975). Myrmecochorous plants in Australia and their dispersal by ants. *Australian Journal of Botany*, 23(3), 475–508.
- Booth, D. T. (1990). Plant Diaspore Functions. *Journal of Seed Technology*, 14(1), 61–73.
- Boots, B., & Clipson, N. (2013). Linking ecosystem modification by the yellow meadow ant (*Lasius flavus*) to microbial assemblages in different soil environments. *European Journal of Soil Biology*, 55, 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2013.01.002>
- Boulay, R., Carro, F., Soriguer, R. C., & Cerda, X. (2007). Synchrony between fruit maturation and effective dispersers' foraging activity increases seed protection against seed predators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1625), 2515–2522.
- Bresinsky, A. (1963). *Bau, Entwicklungsgeschichte und Inhaltsstoffe der-Elaiosomen*.
- Bronstein, J. L. (2001). The exploitation of mutualisms. *Ecology letters*, 4(3), 277–287.
- Carroll, C. R., & Janzen, D. H. (1973). Ecology of Foraging by Ants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 231–257.
- Chlumský, J., Koutecký, P., Jílková, V., & Štech, M. (2013). Roles of species-preferential seed dispersal by ants and endozoochory in *Melampyrum* (Orobanchaceae). *Journal of Plant Ecology*, 6(3), 232–239.
- Christianini, A. V., Mayhé-Nunes, A. J., & Oliveira, P. S. (2012). Exploitation of Fallen Diaspores by Ants: Are there Ant-Plant Partner Choices? *Biotropica*, 44(3), 360–367. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00822.x>

- Chytrý, M., Dražil, T., Hájek, M., Kalníková, V., Preislerová, Z., Šibík, J., Ujházy, K., Axmanová, I., Bernátová, D., Blanár, D., & others. (2015). The most species-rich plant communities in the Czech Republic and Slovakia (with new world records). *Preslia*, (3).
- Chytrý, M., Danihelka, J., Kaplan, Z., Wild, J., Holubová, D., Novotný, P., Řezníčková, M., Rohn, M., Dřevojan, P., Grulich, V., & others. (2021). Pladias database of the Czech flora and vegetation. *Preslia*, 93(1), 1–87.
- Cingolani, A. M., Cabido, M. R., Renison, D., & Solís Neffa, V. (2003). Combined effects of environment and grazing on vegetation structure in Argentine granite grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 14(2), 223–232.
- Craine, J. M., & Dybzinski, R. (2013). Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*, 27(4), 833–840. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12081>
- Czechowski, W., Radchenko, A., & Czechowska, W. (2002). *The Ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland*. Warsaw: Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences. 200 p.
- Davidson, D., & Morton, S. (1981). Myrmecochory in some plants (F. Chenopodiaceae) of the Australian arid zone. *Oecologia*, 50(3), 357–366.
- Dostál, P. (2005). Effect of three mound-building ant species on the formation of soil seed bank in mountain grassland. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200(2), 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.09.003>
- Dunn, R. R., Gove, A. D., Barraclough, T. G., Givnish, T. J., & Majer, J. D. (2007). Convergent evolution of an ant-plant mutualism across plant families, continents, and time. *Evolutionary Ecology Research*, 9(8), 1349.
- Edwards, W., Dunlop, M., & Rodgerson, L. (2006). The evolution of rewards: Seed dispersal, seed size and elaiosome size. *Journal of Ecology*, 94(3), 687–694. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01116.x>
- Facelli, J. M., & Pickett, S. T. A. (1991). Plant Litter: Its Dynamics and Effects on Plant Community Structure. *Botanical Review*, 57(1), 1–32.
- Fernández, F., & Delsinne, T. (2013). ANT ECOLOGY. 2010. Edited by L. Lach, CL Parr & KL Abbott. Oxford University Press, xviii+ 402 pp. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 174–176.
- Ferrière, R., Bronstein, J. L., Rinaldi, S., Law, R., & Gauduchon, M. (2002). Cheating and the evolutionary stability of mutualisms. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 269(1493), 773–780.
- Ferrière, R., Gauduchon, M., & Bronstein, J. L. (2007). Evolution and persistence of obligate mutualists and exploiters: Competition for partners and evolutionary immunization. *Ecology Letters*, 10(2), 115–126. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.01008.x>
- Fischer, R. C., Richter, A., Hadacek, F., & Mayer, V. (2008). Chemical differences between seeds and elaiosomes indicate an adaptation to nutritional needs of ants. *Oecologia*, 155(3), 539–547. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0931-8>

- Fokuhl, G., Heinze, J., & Poschlod, P. (2012). Myrmecochory by small ants – Beneficial effects through elaiosome nutrition and seed dispersal. *Acta Oecologica*, *38*, 71–76. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.09.007>
- Gammans, N., Bullock, J., & Schonrogge, K. (2005). Ant benefits in a seed dispersal mutualism. *Oecologia*, *146*, 43–49. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0154-9>
- Garrido, J. L., Rey, P. J., & Herrera, C. M. (2009). Influence of elaiosome on postdispersal dynamics of an ant-dispersed plant. *Acta Oecologica*, *35*(3), 393–399.
- Gibb, H., & Parr, C. L. (2013). Does structural complexity determine the morphology of assemblages? An experimental test on three continents. *PloS one*, *8*(5), e64005.
- Giladi, I. (2006). Choosing benefits or partners: A review of the evidence for the evolution of myrmecochory. *Oikos*, *112*(3), 481–492. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.14258.x>
- Gómez, C., & Espadaler, X. (1998). Myrmecochorous dispersal distances: A world survey. *Journal of Biogeography*, *25*(3), 573–580.
- Gómez, C., & Espadaler, X. (2013). An update of the world survey of myrmecochorous dispersal distances. *Ecography*, *36*(11), 1193–1201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00289.x>
- Gómez, J. M., Schupp, E. W., & Jordano, P. (2019). Synzoochory: The ecological and evolutionary relevance of a dual interaction. *Biological Reviews*, *94*(3), 874–902.
- Gorb, E., & Gorb, S. (2003). Ecological implications of myrmecochory. In *Seed Dispersal by Ants in a Deciduous Forest Ecosystem: Mechanisms, Strategies, Adaptations* (pp. 123–141). Springer.
- Greenslade, P. J. M. (1973). Sampling ants with pitfall traps: Digging-in effects. *Insectes Sociaux*, *20*(4), 343–353. <https://doi.org/10.1007/BF02226087>
- Grime, J. P. (2007). Plant strategy theories: A comment on Craine (2005). *Journal of Ecology*, *227*–230.
- Guitian, J., & Garrido, J. L. (2006). Is early flowering in myrmecochorous plants an adaptation for ant dispersal? *Plant Species Biology*, *21*(3), 165–171.
- Hadincová, M. (2008). *Vliv vlastností lokalit a velikosti populace na růst rostlin*. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta.
- Handel, S., & Beattie, A. (1990). Seed Dispersal by Ants. *Scientific American*, *263*, 76–83. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0890-76>
- Hanzawa, F. M., Beattie, A. J., & Culver, D. C. (1988). Directed dispersal: Demographic analysis of an ant-seed mutualism. *The American Naturalist*, *131*(1), 1–13.
- Harrell, F. E. H. Jr (2026). *Hmisc: Harrell Miscellaneous*. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.Hmisc>
- Haskins, C. P., & Haskins, E. F. (1974). Notes on necrophoric behavior in the archaic ant *Myrmecia vindex* (Formicidae: Myrmeciinae). *Psyche*, *81*(2), 258–267.
- Heithaus, E. R. (1981). Seed predation by rodents on three ant-dispersed plants. *Ecology*, *62*(1), 136–145.

- Heuss, L., Grevé, M. E., Schäfer, D., Busch, V., & Feldhaar, H. (2019). Direct and indirect effects of land-use intensification on ant communities in temperate grasslands. *Ecology and Evolution*, 9(7), 4013–4024.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Harvard University Press.
- Horvitz, C., & Beattie, A. (1980). Ant dispersal of *Calathea* (Marantaceae) seeds by carnivorous ponerines (Formicidae) in a tropical rain forest. *American Journal of Botany*, 67(3), 321–326.
- Howe, H. F., & Smallwood, J. (1982). Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 201–228.
- Hughes, L., Westoby, M., & Jurado, E. (1994). Convergence of Elaiosomes and insect Prey: Evidence from ant Foraging Behaviour and Fatty Acid Composition. *Functional Ecology*, 8(3), 358–365. <https://doi.org/10.2307/2389829>
- Huston, M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113(1), 81–101.
- Jenkins, C. N., Sanders, N. J., Andersen, A. N., Arnan, X., Brühl, C. A., Cerda, X., Ellison, A. M., Fisher, B. L., Fitzpatrick, M. C., Gotelli, N. J., Gove, A. D., Guénard, B., Lattke, J. E., Lessard, J.-P., McGlynn, T. P., Menke, S. B., Parr, C. L., Philpott, S. M., Vasconcelos, H. L., ... Dunn, R. R. (2011). Global diversity in light of climate change: The case of ants. *Diversity and Distributions*, 17(4), 652–662. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00770.x>
- Kaplan, Z., Danihelka, J., & others. (2019). *Klíč ke květeně České republiky*. Academia.
- Karnish, A. (2024). Seed Dispersal by Ants: A Primer. *International Journal of Plant Sciences*, 185(5), 403–411. <https://doi.org/10.1086/730787>
- Karnish, A., & Bronstein, J. L. (2025). Both costs and benefits determine the removal of *Datura* (Solanaceae) seeds by seed-dispersing ants. *Ecology*, 106(11), e70267. <https://doi.org/10.1002/ecy.70267>
- Kaspari, M., Ward, P. S., & Yuan, M. (2004). Energy gradients and the geographic distribution of local ant diversity. *Oecologia*, 140(3), 407–413. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1607-2>
- Kjellsson, G. (1985). Seed fall and phenological overlap in a guild of ant-dispersed herbs. *Oecologia*, 68(1), 140–146.
- Koivula, M., Kotze, J., Hiisivuori, L., & Rita, H. (2003). Pitfall trap efficiency: Do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter? *Entomologica Fennica*, 14(1), 1–14.
- Konečná, M., Blažek, P., Fibich, P., Lisner, A., Pech, P., & Lepš, J. (2021). Anthills as habitat islands in a sea of temperate pasture. *Biodiversity and Conservation*, 30(4), 1081–1099. <https://doi.org/10.1007/s10531-021-02134-6>
- Konečná, M., Chytrý, M., Těšitel, J., & Lepš, J. (in prep.). Myrmecochorous plants and their ecological preferences in Czech vegetation.
- Konečná, M., Lisner, A., Blažek, P., Pech, P., & Lepš, J. (2023). Evaluation of seed-dispersal services by ants at a temperate pasture: Results of direct observations in an ant suppression experiment. *Ecology and Evolution*, 13(10), e10569.

- Konečná, M., Moos, M., Zahradníčková, H., Šimek, P., & Lepš, J. (2018a). Tasty rewards for ants: Differences in elaiosome and seed metabolite profiles are consistent across species and reflect taxonomic relatedness. *Oecologia*, *188*(3), 753–764. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4254-8>
- Konečná, M., Štech, M., & Lepš, J. (2018b). *Myrmekochorie*. <https://pladias.cz>
- Laliberté, E., Grace, J. B., Huston, M. A., Lambers, H., Teste, F. P., Turner, B. L., & Wardle, D. A. (2013). How does pedogenesis drive plant diversity? *Trends in Ecology & Evolution*, *28*(6), 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.02.008>
- Leal, L. C., Neto, M. C. L., de Oliveira, A. F. M., Andersen, A. N., & Leal, I. R. (2014). Myrmecochores can target high-quality disperser ants: Variation in elaiosome traits and ant preferences for myrmecochorous Euphorbiaceae in Brazilian Caatinga. *Oecologia*, *174*(2), 493–500.
- Legendre, P. (1993). Spatial autocorrelation: Trouble or new paradigm? *Ecology*, *74*(6), 1659–1673.
- Lengyel, S., Gove, A. D., Latimer, A. M., Majer, J. D., & Dunn, R. R. (2009). Ants sow the seeds of global diversification in flowering plants. *PloS one*, *4*(5), e5480.
- Lengyel, S., Gove, A. D., Latimer, A. M., Majer, J. D., & Dunn, R. R. (2010). Convergent evolution of seed dispersal by ants, and phylogeny and biogeography in flowering plants: A global survey. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, *12*(1), 43–55. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2009.08.001>
- Levine, N., Ben-Zvi, G., Seifan, M., & Giladi, I. (2019). Investment in reward by ant-dispersed plants consistently selects for better partners along a geographic gradient. *AoB PLANTS*, *11*(3), plz027. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plz027>
- MacMahon, J. A., Mull, J. F., & Crist, T. O. (2000). Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): Their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *31*(1), 265–291.
- Manzaneda, A. J., Fedriani, J. M., & Rey, P. J. (2005). Adaptive advantages of myrmecochory: The predator-avoidance hypothesis tested over a wide geographic range. *Ecography*, *28*(5), 583–592. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04309.x>
- Manzaneda, A. J., & Rey, P. J. (2012). Geographical and interspecific variation and the nutrient-enrichment hypothesis as an adaptive advantage of myrmecochory. *Ecography*, *35*(4), 322–332.
- Mapy.cz. (2026). *Mapa s vyznačenými lokalitami*. <https://mapy.com/cs/zakladni?vlastni-body&x=14.2495801&y=49.1166681&z=10&sid=mZ8zY17tTFaGkf92gA6xlg>
- Marquard, E., Weigelt, A., Roscher, C., Gubsch, M., Lipowsky, A., & Schmid, B. (2009). Positive biodiversity–productivity relationship due to increased plant density. *Journal of Ecology*, *97*(4), 696–704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01521.x>
- Marshall, D. L., Beattie, A. J., & Bollenbacher, W. E. (1979). Evidence for diglycerides as attractants in an ant–seed interaction. *Journal of Chemical Ecology*, *5*(3), 335–344. <https://doi.org/10.1007/BF00987919>

- Miller, C. N., Whitehead, S. R., & Kwit, C. (2020). Effects of seed morphology and elaiosome chemical composition on attractiveness of five *Trillium* species to seed-dispersing ants. *Ecology and Evolution*, 10(6), 2860–2873. <https://doi.org/10.1002/ece3.6101>
- Mugnai, M., Wendt, C. F., Balzani, P., Ferretti, G., Dal Cin, M., Masoni, A., Frizzi, F., Santini, G., Viciani, D., Foggi, B., & others. (2021). Small-scale drivers on plant and ant diversity in a grassland habitat through a multifaceted approach. *PeerJ*, 9, e12517.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in ecology & evolution*, 10(2), 58–62.
- Oberrath, R., & Böhning-Gaese, K. (2002). Phenological adaptation of ant-dispersed plants to seasonal variation in ant activity. *Ecology*, 83(5), 1412–1420.
- Ness, J. H., & Morin, D. F. (2008). Forest edges and landscape history shape interactions between plants, seed-dispersing ants and seed predators. *Biological Conservation*, 141(3), 838–847. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.12.029>
- O’Dowd, D. J., & Hay, M. E. (1980). Mutualism between harvester ants and a desert ephemeral: Seed escape from rodents. *Ecology*, 61(3), 531–540.
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O’Hara, R. B., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., Cáceres, M. D., ... Weedon, J. (2026). *vegan: Community Ecology Package*. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan>
- Pech, P., Dolanský, J., Hrdlička, R., & Lepš, J. (2015). Differential response of communities of plants, snails, ants and spiders to long-term mowing in a small-scale experiment. *Community Ecology*, 16(1), 115–124.
- Penn, H. J., & Crist, T. O. (2018). From dispersal to predation: A global synthesis of ant–seed interactions. *Ecology and Evolution*, 8(18), 9122–9138. <https://doi.org/10.1002/ece3.4377>
- Pérez-Sánchez, A. J., Schibalski, A., Schröder, B., Klimek, S., & Dauber, J. (2023). Local and landscape environmental heterogeneity drive ant community structure in temperate seminatural upland grasslands. *Ecology and Evolution*, 13(3), e9889.
- Pfeiffer, M., Huttenlocher, H., & Ayasse, M. (2010). Myrmecochorous plants use chemical mimicry to cheat seed-dispersing ants. *Functional Ecology*, 24(3), 545–555. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01661.x>
- Prokop, P., Fančovičová, J., & Hlúšková, Z. (2022). Seed Dispersal by Ants in Three Early-Flowering Plants. *Insects*, 13(4), 386. <https://doi.org/10.3390/insects13040386>
- R Core Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ries, L., Fletcher, R. J., Battin, J., & Sisk, T. D. (2004). ECOLOGICAL RESPONSES TO HABITAT EDGES: Mechanisms, Models, and Variability Explained. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 491–522.

- Seifert, B. (2017). The ecology of Central European non-arboreal ants—37 years of a broad-spectrum analysis under permanent taxonomic control: + Electronic supplement is linked to the online version of the paper. *Soil Organisms*, 89(1), 1–69.
- Sernander, R. (1906). *Entwurf einer Monographie der europäischen Myrmekochoren* (Vol. 41, Issue 7). Almqvist & Wiksells.
- Skidmore, B. A., & Heithaus, E. R. (1988). Lipid cues for seed-carrying by ants in *Hepatica americana*. *Journal of Chemical Ecology*, 14(12), 2185–2196.
- Slowikowski, K. (2026). *ggrepel: Automatically Position Non-Overlapping Text Labels with “ggplot2.”* <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.ggrepel>
- Sobrinho, T., & Schoereder, J. (2007). Edge and shape effects on ant (Hymenoptera: Formicidae) species richness and composition in forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 16(5), 1459–1470.
- Spiesman, B. J., & Cumming, G. S. (2008). Communities in context: The influences of multiscale environmental variation on local ant community structure. *Landscape Ecology*, 23(3), 313–325. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9186-3>
- Stukalyuk, S., Goncharenko, I., Zhyhalenko, O., & Kozyr, M. (2026). Characteristics of ecological preferences of ants (Hymenoptera, Formicidae) based on vegetation data. *Zoodiversity*, 60(1).
- Študent, V. (2013). *Společné funkční vlastnosti myrmekochorních druhů rostlin České republiky a sezónní a denní dynamika odnosu diaspor všivce lesního (Pedicularis sylvatica) mravenci*. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta.
- Talbot, M. (1953). Ants of an old-field community on the Edwin S. George Reserve, Livingston County, Michigan. *Contributions from the Laboratory of Vertebrate Biology*, 63.
- Tichý, L., & Chytrý, M. (2019). Probabilistic key for identifying vegetation types in the field: A new method and Android application. *Journal of Vegetation Science*, 30(5), 1035–1038. <https://doi.org/10.1111/jvs.12799>
- Tuma, J., Frouz, J., Veselá, H., Křivohlavý, F., & Fayle, T. M. (2022). The impacts of tropical mound-building social insects on soil properties vary between taxa and with anthropogenic habitat change. *Applied Soil Ecology*, 179, 104576.
- Van Der Pijl, L. (1982). *Principles of Dispersal in Higher Plants*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-87925-8>
- Vander Wall, S. B., & Longland, W. S. (2004). Diplochory: Are two seed dispersers better than one? *Trends in Ecology & Evolution*, 19(3), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.12.004>
- Vander Wall, S. B., & Longland, W. S. (2005). Diplochory and the evolution of seed dispersal. In *Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment* (pp. 297–314). CABI publishing Wallingford UK.
- Vander Wall, S. B., Barga, S. C., & Seaman, A. E. (2017). The geographic distribution of seed-dispersal mutualisms in North America. *Evolutionary Ecology*, 31(5), 725–740.

- Warren, R. J., Bahn, V., & Bradford, M. A. (2011). Temperature cues phenological synchrony in ant-mediated seed dispersal. *Global Change Biology*, 17(7), 2444–2454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02386.x>
- Warren, R. J., & Giladi, I. (2014). Ant-mediated seed dispersal: A few ant species (Hymenoptera: Formicidae) benefit many plants. *Myrmecological News*, 20, 129–140.
- Warren, R. J., Giladi, I., & Bradford, M. A. (2010). Ant-mediated seed dispersal does not facilitate niche expansion. *Journal of Ecology*, 98(5), 1178–1185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01694.x>
- Warren, R. J., Giladi, I., & Bradford, M. A. (2014). Competition as a mechanism structuring mutualisms. *Journal of Ecology*, 102(2), 486–495.
- Wei, T., & Simko, V. (2024). *R package “corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix*. <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wenny, D. G., & Levey, D. J. (1998). Directed seed dispersal by bellbirds in a tropical cloud forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(11), 6204–6207.
- Westoby, M., French, K., Hughes, L., Rice, B., & Rodgerson, L. (1991). Why do more plant species use ants for dispersal on infertile compared with fertile soils? *Australian Journal of Ecology*, 16(4), 445–455. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01074.x>
- Whitney, K. D. (2002). Dispersal for distance? *Acacia ligulata* seeds and meat ants *Iridomyrmex viridiaeneus*. *Austral Ecology*, 27(6), 589–595.
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., ... Yutani, H. (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Wiezik, M., Svitok, M., Wieziková, A., & Dovčiak, M. (2013). Shrub encroachment alters composition and diversity of ant communities in abandoned grasslands of western Carpathians. *Biodiversity and Conservation*, 22(10), 2305–2320.
- Wills, B., & Landis, D. (2018). The role of ants in north temperate grasslands: A review. *Oecologia*, 186(2), 323–338.
- Wilson, E. O., Durlach, N. I., & Roth, L. M. (1958). Chemical releaser of necrophoric behavior in ants. *Psyche: A Journal of Entomology*, 65(4), 108–114.
- Xiong, S., & Nilsson, C. (1999). The effects of plant litter on vegetation: A meta-analysis. *Journal of Ecology*, 87(6), 984–994. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00414.x>
- Zaller, J., Kerschbaumer, G., Rizzoli, R., Tiefenbacher, A., Gruber, E., & Schedl, H. (2015). Monitoring arthropods in protected grasslands: Comparing pitfall trapping, quadrat sampling and video monitoring. *Web Ecology*, 15(1), 15–23.

7 Přílohy

7.1 Použité zkratky a vysvětlivky

- ctv = čtverec (data použitá ze čtverců)
- pravd_myrm = pravděpodobně myrmekochorní
- myrm = myrmekochorní
- mut = mutualistický
- E0 = mehové patro
- E1 = bylinné patro
- E2 = keřové patro

7.2 Seznamy zaznamenaných druhů

Tab. S1: Seznam pravděpodobně myrmekochorních druhů rostlin (bez výhradně myrmekochorních druhů) zaznamenaných na lokalitách.

<i>Achillea millefolium</i>	<i>Carex panicea</i>	<i>Mentha arvensis</i>
<i>Aphanes arvensis</i>	<i>Carlina acaulis</i>	<i>Potentilla anserina</i>
<i>Betonica officinalis</i>	<i>Carlina vulgaris</i> agg.	<i>Scleranthus perennis</i>
<i>Carex hartmanii</i>	<i>Euphrasia officinalis</i>	<i>Succisa pratensis</i>
<i>Carex hirta</i>	<i>Genista germanica</i>	<i>Thymus pulegioides</i>
<i>Carex pallescens</i>	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Tripleurospermum inodorum</i>

Tab. S2: Seznam výhradně myrmekochorních druhů rostlin z vybraných lokalit.

<i>Ajuga reptans</i>	<i>Myosotis arvensis</i>
<i>Carex caryophylla</i>	<i>Myosotis nemorosa</i> agg.
<i>Carex pilulifera</i>	<i>Odontites vernus</i>
<i>Carex umbrosa</i>	<i>Polygala vulgaris</i> agg.
<i>Centaurea jacea</i> agg.	<i>Potentilla argentea</i>
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	<i>Potentilla erecta</i>
<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Potentilla</i> sp.
<i>Centaurea stoebe</i>	<i>Potentilla verna</i> agg.
<i>Cirsium palustre</i>	<i>Prunella vulgaris</i>
<i>Clinopodium vulgare</i>	<i>Scabiosa ochroleuca</i>
<i>Danthonia decumbens</i>	<i>Viola arvensis</i>
<i>Glechoma hederacea</i> agg.	<i>Viola canina</i>
<i>Knautia arvensis</i> agg.	<i>Viola hirta</i>
<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	<i>Viola odorata</i>
<i>Luzula campestris</i> agg.	<i>Viola palustris</i>
<i>Melampyrum pratense</i>	<i>Viola reichenbachiana</i>

Tab. S3: Seznam zaznamenaných druhů mravenců. Mutualistické druhy jsou podbarvené zeleně.

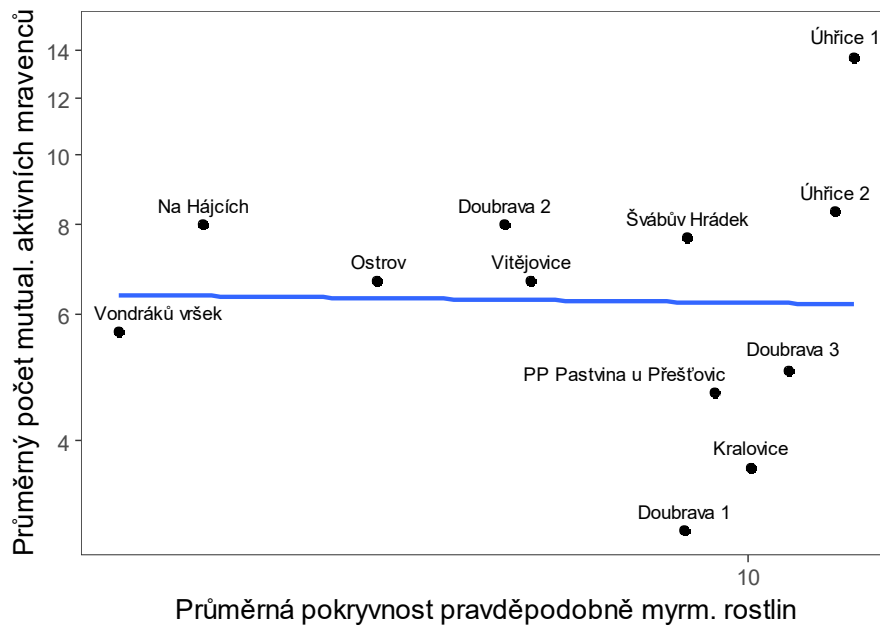
<i>Camponotus ligniperda</i>	<i>Lasius flavus</i>	<i>Myrmica ruginodis</i>
<i>Formica cunicularia</i>	<i>Lasius niger</i>	<i>Myrmica rugulosa</i>
<i>Formica fusca</i>	<i>Lasius platythorax</i>	<i>Myrmica sabuleti</i>
<i>Formica pratensis</i>	<i>Leptothorax acervorum</i>	<i>Myrmica scabrinodis</i>
<i>Formica rufa</i>	<i>Leptothorax muscorum</i>	<i>Myrmica schencki</i>
<i>Formica rufibarbis</i>	<i>Myrmecina graminicola</i>	<i>Temnothorax crassispinus</i>
<i>Formica sanguinea</i>	<i>Myrmica lonae</i>	<i>Tetramorium caespitum</i>
<i>Lasius brunneus</i>	<i>Myrmica rubra</i>	complex

Tab. S4: Seznam všech druhů rostlin.

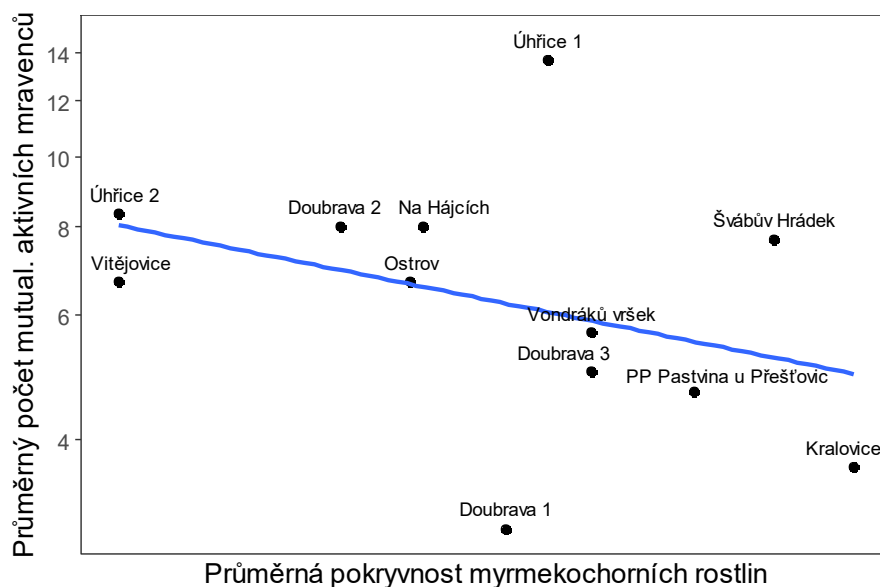
<i>Acer platanoides</i>	<i>Filipendula ulmaria</i>	<i>Populus tremula</i>
<i>Agrimonia eupatoria</i>	<i>Fragaria vesca</i>	<i>Potentilla anserina</i>
<i>Agrostis canina</i>	<i>Fragaria viridis</i>	<i>Potentilla argentea</i>
<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Potentilla erecta</i>
<i>Achillea millefolium</i>	<i>Galium album</i>	<i>Potentilla</i> sp.
<i>Ajuga reptans</i>	<i>Galium boreale</i>	<i>Potentilla verna</i> agg.
<i>Alchemilla</i> sp.	<i>Galium odoratum</i>	<i>Prunella vulgaris</i>
<i>Allium oleraceum</i>	<i>Galium palustre</i> agg.	<i>Prunus avium</i>
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Galium uliginosum</i>	<i>Prunus</i> sp.
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>Galium verum</i> agg.	<i>Prunus spinosa</i>
<i>Anemone nemorosa</i>	<i>Genista germanica</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Angelica sylvestris</i>	<i>Gentiana cruciata</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Geranium robertianum</i> agg.	<i>Ranunculus auricomus</i> agg.
<i>Anthriscus sylvestris</i>	<i>Geranium</i> sp.	<i>Ranunculus bulbosus</i>
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Geum rivale</i>	<i>Ranunculus flammula</i>
<i>Aphanes arvensis</i>	<i>Geum urbanum</i>	<i>Ranunculus nemorosus</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i>	<i>Glechoma hederacea</i> agg.	<i>Ranunculus repens</i>
<i>Betonica officinalis</i>	<i>Helianthemum grandiflorum</i> subsp. <i>obscurum</i>	<i>Rhinanthus minor</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Helianthemum nummularium</i>	<i>Rosa canina</i> agg.
<i>Brachypodium pinnatum</i> agg.	<i>Helictotrichon pubescens</i>	<i>Rosa</i> sp.
<i>Briza media</i>	<i>Heracleum sphondylium</i>	<i>Rubus idaeus</i>
<i>Bromus hordeaceus</i>	<i>Hieracium murorum</i>	<i>Rubus</i> sp.
<i>Calamagrostis epigejos</i>	<i>Holcus lanatus</i>	<i>Rumex acetosa</i>
<i>Campanula patula</i>	<i>Holcus mollis</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Campanula rapunculoides</i>	<i>Hylotelephium maximum</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>
<i>Campanula rotundifolia</i> agg.	<i>Hypericum maculatum</i> agg.	<i>Salix aurita</i>
<i>Cardamine pratensis</i>	<i>Hypericum perforatum</i>	<i>Salix caprea</i>
<i>Carex canescens</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Sanguisorba minor</i>

<i>Carex caryophylla</i>	<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	<i>Sanguisorba officinalis</i>
<i>Carex echinata</i>	<i>Impatiens parviflora</i>	<i>Scabiosa ochroleuca</i>
<i>Carex hartmanii</i>	<i>Jasione montana</i>	<i>Scirpus sylvaticus</i>
<i>Carex hirta</i>	<i>Juncus conglomeratus</i>	<i>Scleranthus perennis</i>
<i>Carex leporina</i>	<i>Juncus effusus</i>	<i>Scorzonera humilis</i>
<i>Carex muricata</i> agg.	<i>Juncus tenuis</i>	<i>Scorzoneroides autumnalis</i>
<i>Carex nigra</i>	<i>Knautia arvensis</i> agg.	<i>Securigera varia</i>
<i>Carex pallescens</i>	<i>Koeleria pyramidata</i>	<i>Selinum carvifolia</i>
<i>Carex panicea</i>	<i>Larix decidua</i>	<i>Senecio jacobaea</i> agg.
<i>Carex pilulifera</i>	<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i>
<i>Carex umbrosa</i>	<i>Leontodon hispidus</i>	<i>Silene nutans</i>
<i>Carex vesicaria</i>	<i>Leucanthemum ircutianum</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Carlina acaulis</i>	<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	<i>Stellaria graminea</i>
<i>Carlina vulgaris</i> agg.	<i>Linum catharticum</i>	<i>Succisa pratensis</i>
<i>Centaurea jacea</i> agg.	<i>Lolium perenne</i>	<i>Taraxacum</i> sect. <i>Taraxacum</i>
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	<i>Lotus corniculatus</i>	<i>Thymus pulegioides</i>
<i>Centaurea scabiosa</i>	<i>Lotus corniculatus</i> agg.	<i>Tilia cordata</i>
<i>Centaurea stoebe</i>	<i>Luzula campestris</i> agg.	<i>Torilis japonica</i>
<i>Cerastium holosteoides</i>	<i>Lycopus europaeus</i>	<i>Trifolium dubium</i>
<i>Cirsium palustre</i>	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	<i>Trifolium medium</i>
<i>Clinopodium vulgare</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>	<i>Trifolium pratense</i>
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Lysimachia vulgaris</i>	<i>Trifolium repens</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Tripleurospermum inodorum</i>
<i>Crataegus laevigata</i> agg.	<i>Medicago falcata</i>	<i>Trisetum flavescens</i>
<i>Crepis biennis</i>	<i>Medicago sativa</i>	<i>Urtica dioica</i>
<i>Cynosurus cristatus</i>	<i>Melampyrum pratense</i>	<i>Vaccinium myrtillus</i>
<i>Dactylis glomerata</i> agg.	<i>Mentha arvensis</i>	<i>Valeriana dioica</i>
<i>Dactylorhiza majalis</i> agg.	<i>Molinia caerulea</i>	<i>Valerianella locusta</i>
<i>Danthonia decumbens</i>	<i>Myosotis arvensis</i>	<i>Verbascum lychnitis</i>
<i>Daucus carota</i>	<i>Myosotis nemorosa</i> agg.	<i>Veronica arvensis</i>
<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Nardus stricta</i>	<i>Veronica chamaedrys</i>
<i>Dianthus deltoides</i>	<i>Odontites vernus</i>	<i>Veronica officinalis</i>
<i>Elymus repens</i>	<i>Phleum pratense</i>	<i>Veronica serpyllifolia</i>
<i>Epilobium ciliatum</i>	<i>Picea abies</i> juv.	<i>Vicia cracca</i>
<i>Epilobium palustre</i>	<i>Pilosella officinarum</i>	<i>Vicia hirsuta</i>
<i>Equisetum arvense</i>	<i>Pimpinella major</i>	<i>Vicia sepium</i>
<i>Equisetum fluviatile</i>	<i>Pimpinella saxifraga</i>	<i>Vicia</i> sp.
<i>Equisetum sylvaticum</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Vicia tetrasperma</i>
<i>Eriophorum latifolium</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Viola arvensis</i>
<i>Euphrasia officinalis</i>	<i>Plantago major</i> agg.	<i>Viola canina</i>
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Platanthera bifolia</i>	<i>Viola hirta</i>
<i>Festuca ovina</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Viola odorata</i>
<i>Festuca pratensis</i>	<i>Poa trivialis</i>	<i>Viola palustris</i>
<i>Festuca rubra</i>	<i>Polygala vulgaris</i> agg.	<i>Viola reichenbachiana</i>
<i>Festuca rupicola</i>		

7.3 Doplňkové grafy



Obr. S1: Korelace pokryvnosti pravděpodobně myrmekochorních rostlin s množstvím mutualistických aktivních mravenců. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární regresi. Obě proměnné byly před analýzou logaritmicky transformovány, odpovídající osy jsou logaritmicky transformovány, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.



Obr. S2: Korelace pokryvnosti myrmekochorních rostlin s množstvím mutualistických aktivních mravenců. Body představují jednotlivé lokality. Modrá linie znázorňuje lineární

regresi. Obě proměnné byly před analýzou logaritmicky transformovány, odpovídající osy jsou logaritmicky transformovány, ale pro názornost jsou uvedeny nelogaritmované hodnoty na osách.

Po odstranění zmíněných čtyř vlhkých lokalit početnost mravenců korelovala slabě a nevýznamně s pokryvností pravděpodobně myrmekochorních ($r = -0,02$) i výhradně myrmekochorních rostlin ($r = -0,37$).