Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Ekologická a evoluční biologie

Matěj Man

Mechorosty agrocenóz

Bryophytes of agrocenosis

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce/Školitel: RNDr. Zdeněk Soldán, CSc.

Praha, 2013

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 15. 5. 2013 Matěj Man

Poděkování:

Rád bych na tomto místě poděkoval především RNDr. Zdeňku Soldánovi, CSc. za odborné rady, sdílení zkušenosti a metodické vedení. Dále bych rád poděkoval prof. RNDr. Jiřímu Váňovi, DrSc za poskytnuté konzultace, literaturu a rady. Mé poděkování patří také Univ. Doz. Mag. Dr. Haraldu G. Zechmeisterovi za poskytnutí svých nepublikovaných dat ke zpracování. Můj velký dík patří také Štěpánu Kovalovi za poskytnutí fotografií.

Abstrakt:

Tato literární rešerše je zaměřená na polní mechorosty agrocenóz v Evropě. Agrocenózy jsou tradičně upozaďovaným biotopem v botanickém výzkumu kvůli vysokému ovlivnění lidskou činností. Avšak ukazuje se, že některé vzácné druhy mechorostů či druhy v režimu ochrany, se v agrocenózách vyskytují častěji. Limitujícím faktorem pro mechorosty agrocenóz je konkurence cévnatých rostlin a jejich druhová skladba, pH půdy a způsob i načasování zemědělského managementu. Faktory jako používání pesticidů, hnojení či půdní typ nejsou dostatečně silnou vysvětlující proměnnou pro výskyt či diverzitu polních mechorostů.

Strategií polních mechorostů je často rychlý životní cyklus, dobré přizpůsobení k rychlému využití dostupných zdrojů, vysoká produkce biomasy, vysoká investice do produkce rozmnožovacích částic a dlouhá životaschopnost rozmnožovacích částic v půdní bance diaspor.

Ve své práci jsem dále srovnával druhové bohatství polních mechorostů v Evropě ve státech, kde je diverzita polních mechorostů zmapovaná. (Slovensko, Litva, Británie a Rakousko). Celkem bylo napříč státy zaznamenáno 226 druhů mechorostů v agrocenózách. Nalezl jsem 18 druhů mechorostů, které se vyskytují v agrocenózách každého ze čtyř států. Mechorosty agrocenóz tvoří v evropském prostředí 9 – 21 % celkové národní diverzity mechorostů.

Většina mechorostů agrocenóz se vyskytuje ve společenstvech svazu *Phascion* řádu *Barbuletalia unguiculatae.*

Klíčová slova: mechy, játrovky, hlevíky, společenstva agrocenóz, hemerobie

---

Abstract:

This literary review is aimed to bryophytes of agrocenosis in Europe. Researchers usually do not put such interest to agrocenosis, because it is highly human affected biotope. Nevertheless some endangered or rare bryophyte species are found in agrocenosis more frequent than in other biotopes. Bryophytes of agrocenosis are limited by competition with vascular plants, vascular plant composition, soil pH, the way and timing of agricultural management. Factors like use of pesticide, use of fertilizer, or soil type are not significantly correlated with occurrence and diversity of bryophytes in agrocenosis.

Bryophytes of agrocenosis have usually strategy of fast life cycle, good adaption to fast use of available resources, high biomass production, high resources allocation into reproduction, high viability of reproductive particles.

As a part of my thesis, I compared bryophyte species richness in agrocenosis of European states, where research of bryophyte diversity was already done. (Slovakia, Lithuania, Great Britain and Ireland, Austria). 226 species of bryophytes in agrocenosis was recorded in Europe. I found 18 bryophyte species which was recorded in agocenosis of any of four states. Bryophytes of agrocenosis could comprise 9 – 21 % of national bryophyte species diversity in European states.

Most of European bryophyte species of agrocenosis occur in phytosociological class of order Barbuletalia unguiculatae, federation Phascion.

Key words: mosses, liverworts, anthocerots, community of agrocenosis, hemeroby

OBSAH:

1. Úvod ... 2
2. Cíle práce ... 2
3. Agrocenózy a mechorosty ... 3
4. Nároky mechorostů agrocenóz ... 5
4. 1. Orba, setba, sklizeň ... 5
4. 2. Pěstovaná plodina ... 6
4. 3. Pesticidy ... 7
4. 4. Hnojiva ... 8
4. 5. Půda ... 9
5. Přizpůsobení polních mechorostů ... 10
5. 1. Kompetice, stres, disturbance ... 10
5. 2. Životní strategie ... 11
5. 3. Fenologie ... 13
6. Šíření polních mechorostů ... 14
7. Společenstva polních mechorostů ... 15
8. Mechorosty agrocenóz v rámci diverzity vyššího celku ... 16
8. 1. Polní mechorosty v Evropě ... 17
8. 2. Polní mechorosty v České Republice ... 19
9. Metody výzkumu diverzity polních mechorostů v Evropě ... 21
9. 1. Výzkum v Británii a Irsku (Preston et al. 2010) ... 21
9. 2. Výzkum v Rakousku (Zechmeister & Moser 2001) ... 23
9. 3. Výzkum v Litvě (Andriušaitytė & Jukonienė 2013) ... 24
9. 4. Zhodnocení použitých metod ... 25
10. Závěr ... 26
11. Literatura ... 28
12. Použité zkratky a vysvětlivky ... 31
13. Příloha ... 32

1. ÚVOD

Při procházkách přírodou potkávám mnohé zajímavé organismy. Vždy mě lákalo poznávat, jak žijí, v jakých jsou vazbách a vztazích s dalšími organismy a jak se vyvíjejí. Při studiu ekologické a evoluční biologie jsem dostal možnost souvislosti poodhalit a nahlédnout dál a hlouběji než prostý pozorovatel. V průběhu studia se mi dostalo ochutnávky z mnoha odvětví přírodní vědy. Nejhlubší stopu ve mně však zanechala kryptogamologie, nauka o tajnosnubných rostlinách, nauka, která má tajemno už v názvu. V této práci i při své další studijní a vědecké činnosti bych se rád věnoval málo prozkoumanému světu polních mechorostů.

O mechorostech agrocenóz v Evropě ani jinde ve světě není mnoho známo v porovnání s cévnatými rostlinami či organismy přiozených biotopů. Tématu se prioritně věnuje pouze velmi úzká skupina odborníků. Mechorosty agrocenóz jsou poměrně dobře prozkoumané ve Velké Británii, Irsku, Lotyšsku, Rakousku a na Slovensku. V ostatních evropských státech včetně České republiky se tématu věnuje vědecká obec jen velmi okrajově. Je pochopitelné, že botanici včetně kryptogamologů zamíří raději na přírodní či přírodě blízké stanoviště, kde hledají zajímavé druhy, než by se plazili po kolenou v oranici s vidinou dlouhé práce a nízké diverzity druhů. Tento názor však není tak pravdivý a samozřejmý, jak by se mohlo zdát.

Podobně jako prokletí básníci na konci 19. stolení hledali krásu a jedinečnost světa v místech, kde by je nikdo neočekával, natož pak hledal, i já bych se rád pokusil nalézt dosud skrytou krásu a diverzitu mechorostů v agrocenózách. Z níže provedené literární rešerše prací evropských autorů je dobře patrné, že hospodářsky obdělávané plochy mají velký potenciál pro úspěšnou vědeckou práci.

V České republice je v současné době zaznamenáno 863 druhů mechorostů (Kučera et al. 2012). Agrocenózy mají potenciál pro objevení druhů pro ČR nových nebo nalezení nových lokalit pro druhy ohrožené a vzácné.

Tato moje práce je literární rešerší zaměřenou převážně na publikace evropských autorů. Níže provádím srovnání druhové diverzity na základě převážně publikovaných dat. Jména druhů jsou ponechána podle původních publikací, nejsou upravena podle platného Seznamu a Červeného seznamu mechorostů ČR.

2. CÍLE PRÁCE

1. Provést literární rešerši dostupné literatury o mechorostech agrocenóz se zaměřením na evropské autory.

2. Provést srovnání druhové diverzity mechorostů agrocenóz v Evropě na základě dostupných dat.

Obrázek 1: Pohled na agrocenózu bohatou na mechorosty v období, kdy polní mechorosty kulminují ve své růstové fázi. Pole nedaleko Nového Malína na Šumpersku.
Foto: Štěpán Koval 2010

3. AGROCENÓZY A MECHOROSTY

Termín agrocenóza zavádí pro české prostředí Rivola (Rivola 1987) namísto do té doby používaného termínu plevelová společenstva. Tento svůj návrh zdůvodňuje i tím, že společenstva mechorostů agrocenóz kulminují ve svém výskytu na polích právě v době, kdy je plodina již sklizená, tudíž nejde o plevel. Rostliny asociované se zemědělsky obdělávanou půdou se mohou v Evropě bohatě realizovat. Agrocenózy jsou totiž v Evropě nejrozšířenějším biotopem. Jsou to plochy s predikovatelnými ekologickými proměnnými s pravidelně velkoplošně narušovaným povrchem půdy, kolonizované rostlinami s nejrychlejší možnou regenerací po disturbanci (Lososová et al. 2006).

Podobně jako v ostatních evropských státech i v ČR tvoří zemědělská půda více než polovinu celkového národního půdního fondu. V roce 2012 to bylo 53,6 % z celkového půdního fondu. V porovnání s tříletými zprávami do roku 1999 vykazuje plocha zemědělské půdy v ČR stagnující či mírně klesající tendenci (Bukovský et al. 2012). Podobně jako klesá podíl zemědělské půdy, která ustupuje zástavbě a infrastruktuře, klesá i biologická diverzita v Evropě. Se ztrátou přirozených stanovišť přicházíme o mnohé druhy. Vedle ztráty půdy díky zástavbě je pro druhové bohatství rizikové i velkoplošné zemědělství, ve kterém se intenzivně hospodaří na rozsáhlých plochách (Anonymous 1998). Na druhou stranu zemědělské plochy s extenzivním hospodařením mohou vytvářet nové unikátní biotopy, které se ve volné přírodě buď nenacházejí vůbec nebo jen velmi zřídka (Zechmeister & Moser 2001).

Obrázek 2: Detail povrchu půdy v agrocenóze bohaté na mechorosty. Výskyt játrovek, hlevíků a mechů. Pole nedaleko Nového Malína na Šumpersku.

Foto: Štěpán Koval 2010

Výzkum diverzity mechorostů v agrocenózách stojí v pozadí výzkumu diverzity mechorostů jiných biotopů. Nejsou k dispozici téměř žádné údaje o vztahu diverzity polních mechorostů a typu pěstované plodiny či způsobu polního hospodaření (Preston et al. 2010). V případě cévnatých rostlin je také dobře prozkoumaná problematika invaze a zavlečení. Mnohé polní druhy převážné nepůvodních cévnatých rostlin se chovají agresivně (Porley 2001). Pro mechorosty byla tato problematika zkoumána spíše jen povrchně. Porley se ve své práci přiklání k názoru, že u mechorostů se s podobným fenoménem setkáváme jen velmi zřídka (Porley 2001).

Zemědělská činnost člověka ovlivňuje rozšíření a diverzitu mechorostů ve velké míře. Mechorosty adaptované na časté pravidelné disturbance si v polních agrocenózách našli své pevné místo. Spory některých hlevíků rodu *Anthoceros* jsou dokonce v geobotanice používány jako indikátory obnažené půdy spojené s ranou zemědělskou činností lidí (Horrocks et al. 2012).

4. NÁROKY MECHOROSTŮ AGROCENÓZ

Mechorosty přizpůsobené k životu v polních kulturách preferují určitý způsob polního hospodaření. Diverzita polních mechorostů se zvyšuje s dobou uplynulou od poslední orby. Stanoviště s nejvyšší diverzitou mechorostů jsou strniště, která jsou ideální pro tvorbu sporofytů. Opuštění pole vede ke změně struktury společenstva. Efemérní druhy zvyklé na pravidelnou disturbanci jsou nahrazeny druhy trvalými. Brzká orba strniště brání mechorostům v šíření na okolní vhodné plochy. Mechorosty s jednoletým životním cyklem jsou na strništích nejhojnější. Mechorosty s víceletým životním cyklem jsou hojné na úhorech a částečně na strništích. Trvalé víceleté mechorosty se pak vyskytují pouze na úhorech (Jukoniene et al. 2012).

Diverzita mechorostů je vyšší v podmínkách, kdy cévnaté rostliny pravidelně ztrácejí listy nebo z daného stanoviště přechodně mizí. Diverzita mechorostů se snižuje se stoupající biomasou cévnatých rostlin. Podmínky, kdy biomasa cévnatých rostlin dosáhne v sušině 400 g/m^2 v nelesním společenstvu, se zdají být fatální pro přežívání mechorostů (Aude & Ejrnaes 2005).

4. 1. ORBA, SETBA, SKLIZEŇ

Mechorosty, schopné vyprodukovat vegetativní či generativní rozmnožovací částice ve velmi krátkém čase, potřebují alespoň ten krátký čas, kdy je plodina z pole sklizena, ale půda není ještě zoraná. V této době kulminuje biomasa a v mnoha případech i životní cyklus polních mechorostů. Způsob managementu, zejména načasování sklizně, orby a setby, se zdají být pro druhy polních mechorostů stěžejními limitujícími faktory (Bisang 1992).

Mechorostům dobře vyhovují ta pole, kde se neoře velmi brzy po sklizni, ale orba je ponechána až na pozdní podzim (Jones 1991; Porley 2001). Pole, která zůstanou po sklizni nezoraná až do listopadu, umožní dobrý rozvoj a reprodukci společenstva polních mechorostů. V dnešní době je však praxe spíše taková, že po sklizni následuje rychlá orba a setba ozimé plodiny. Tento postup prakticky nedává prostor pro rozvoj společenstva polních mechorostů. Díky intenzivnímu managementu polí se můžeme na začátku zimy setkat s velkými plochami, kde není zastoupen jediný druh polního mechorostu (Jones 1991).

Některé druhy například z rodu *Ephemerum* se vyvíjí a dozrávají velmi rychle, takže produkují spory již na podzim po sklizni plodiny, jejich sporofyty jsou nejhojnější právě na podzim. Některé druhy rodu *Ephemerum* mají trvalé prvoklíčky, proto je možné zralé sporofyty nacházet i v jiných částech roku (Smith et al. 1994). Speciálně pro polní hlevík *Phaeoceros carolinianus* je důležitá orba pozdě na podzim, aby měl dostatek času pro vytvoření zralých sporofytů (Bisang 1995).

Ze švýcarského výzkumu (Bisang 1998) také vyplývá, že přítomnost polních hlevíků na polích s pěstováním řepy a brambor by nemusela přímo souviset s managementem dané plochy. Zdá se, že

hlevíkům v tomto směru spíše vyhovuje udusaná, kompaktní půda, která zůstává na polích po pojezdu těžké zemědělské techniky.

Je také zřejmé, že v případě, kdy pole zůstane delší dobu úhorem, uplatní se spíše cévnaté rostliny na úkor polních mechorostů. Polní mechorosty proto na starých úhorech prakticky nenacházíme (Porley 2001).

Obrázek 3: Polní druhy. Játrovka *Riccia sorocarpa* v porostu mechu rodu *Ephemerum.*
Foto a determinace: Štěpán Koval 2010

4. 2. Pěstovaná plodina

Polní management společně s typem pěstované plodiny jsou určující faktory pro diverzitu polních mechorostů. V druhové skladbě společenstev polních mechorostů jsou jisté nuance podle toho, jaká plodina se na poli pěstuje či minulou sezónu pěstovala. Určité polní mechorosty pak mohou být v dané oblasti nelézány častěji, protože se tam také častěji pěstuje konkrétné plodina s konkrétním polním managementem (Porley 2001). Jednotlivé plodiny nebo skupiny plodin určují diverzitu mechového patra například zastíněním a s tím související vlhkostí v nižších patrech porostu. Různé plodiny mají také různou vegetační sezónu a tradičně se vysazují na místa, kde se jim dobře daří. Zemědělci většinou dobře vědí, kde v rámci svých obdělávaných ploch raději sázet brambory a kam zaset kukuřici. V mnoha případech tedy může pěstovaná plodina souviset s charakteristikou polního stanoviště. Tyto dva faktory pak výrazně ovlivňují i společenstvo mechorostů v podrostu.

Některé velmi specifické polní plochy a plodiny mohou být lokálně pro diverzitu mechorostů velmi důležité. Příkladem jsou pole pro pěstování okrasných květin na Sicílii, pěstování zelí, květáku a

cukrové řepy. Tyto specifické agrocenózy jsou osidlovány mnoha odlišnými mechorosty než pole s obilninami či pícninami (Paton 1969).

Výzkum v Suffolku (Velká Británie) na polích s pěstovaným chřestem ukázal přítomnost druhu polní játrovky *Sphaerocarpos michelii*, který byl dále ohodnocen jako druh asociovaný s poli, kde se nepěstují obiloviny (Porley 2001).

4. 3. PESTICIDY

Citlivost některých mechorostů a lišejníků na průmyslové látky a znečištění produkované člověkem je obecně známou vlastností. Především pro svou citlivost na znečištění kovy se také některé druhy používají jako bioindikátory. Z této jejich vlastnosti by se dala předpokládat i citlivost na chemikálie používané v zemědělství.

Vývoj nových pesticidů je bohužel rychlejší než tempo výzkumu působení agrochemikálií na mechorosty. V literatuře tedy lze okrajově dohledat vliv pesticidů, jejichž účinnou látkou byly zpravidla polycyklické aromatické látky, polychlorované bifenyly či hexachlorbenzen a podobně. Studie například hovoří o vlivu pesticidu Lindan. Tento pesticid je však v mnoha zemích zcela zakázaný pro své negativní působení za ŽP a zdraví člověka. V ČR je jeho používání výrazně omezeno. Podobně se některé studie věnují vlivu DDT, jehož používání bylo v ČR zakázáno již v roce 1974 (Repeš 2009).

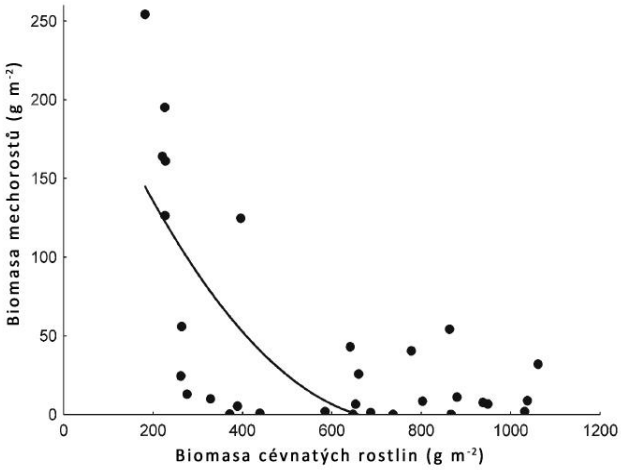
Někteří autoři skutečně považují použití herbicidů v rámci zemědělského managementu za klíčový faktor pro diverzitu polních mechorostů na dané lokalitě. Nicméně odpověď mechorostů na herbicidy je spíše komplexní a může být i druhově specifická (Brown 1992). Pesticidy působí mechorostům problémy na fyziologické úrovni spíše tím, že se jedná o velké nerozpustné molekuly s neutrálním pH, což narušuje osmotický gradient na buněčné membráně (Brown 1984). Pesticidy s obsahem dichlorofenu či paraquatu působily u některých mechorostů snížení obsahu chlorofylu „a“, a důsledkem toho je zpomalení až zastavení fotosyntézy (Brown et al. 1986). V mnoha studiích se lze dočíst o vlivu pesticidů využívaných přímo pro eliminaci mechorostů. Tyto pesticidy pochopitelně mají na společenstva mechorostů velký vliv. V podmínkách agrocenóz v Evropě však není běžnou praxí snaha o potlačení mechorostů. Zajímavější by byla studie, která by se věnovala vlivu herbicidů používaných například pro eliminaci dvouděložných nebo jednoděložných rostlin, pro eliminaci houbových onemocnění či pro eliminaci hmyzích škůdců, které se používají běžněji. O vlivu těchto pesticidů není známo mnoho. Existují údaje o tom, že při použití glyfosátu například v přípravku Roundup, který se v agrocenózách aplikuje, nadzemní část mechorostů odumírá, nicméně po určitém čase regeneruje (Brown 1992).

Mnoho polních mechorostů kulminuje svým poměrně krátkým životním cyklem zcela mimo období aplikace herbicidů. Proto by neměl být jejich růst a vývoj těmito látkami příliš ovlivněn. Vliv herbicidů na půdní banku diaspor není znám (Porley 2001).

Doposud také chybí práce, která by důkladně srovnávala diverzitu mechorostů na plochách s intenzivním způsobem polního hospodářství a vysokou aplikací herbicidů, a na polích bez použití herbicidů, například poctivého ekologického zemědělství. Není také znám vliv reziduálních množství herbicidů, které zůstávají v půdě, na polní mechorosty.

4. 4. HNOJIVA

Mechorosty jsou schopné přímého vstřebávání anorganických i organických iontových látek rozpuštěných ve vodě. V souvislosti s hnojením je tato schopnost výrazná zejména při vstřebávání látek bohatých na dusík. O mechanismu asimilace těchto látek polními mechorosty in situ však není mnoho známo (Brown & Bates 1990). Poměrně rozsáhlá a dlouho trvající studie probíhá v Německu, kde se studuje vliv hnojení různými hnojivy a prvky na složení společenstva a poměr prvků ve tkáních mechorostů lučních společenstev. Mechorosty na kontrolní nehnojené ploše vykazují nejvyšší



Graf 1: Produkce biomasy mechorostů jako funkce produkce biomasy cévnatých rostlin.
Graf je sestaven pro podmínky lučních společenstev

Upraveno podle (Hejcman et al. 2010)

produkci biomasy ve srovnání s plochami ošetřenými (Hejcman et al. 2010). Jiní autoři uvádí ve výsledcích své studie jasnou pozitivní souvislost mezi umělým přídavkem dusíku do půdy a biomasou i druhovou bohatostí mechorostů travních společenstev. Pozitivní závislost však neplatí plošně pro všechny druhy mechorostů. Uměle zvýšený přísun dusíku měl ve výzkumných plochách negativní vliv na výskyt druhů *Brachythecium rutabulum* a *Eurhynchium praelongum*. Zvýšený přísun hnojiv s obsahem fosforu a potaše společně s nižším pH pozitivně koreloval se zvýšeným výskytem druhu *Eurhynchium praelongum* (Virtanen et al. 2000).

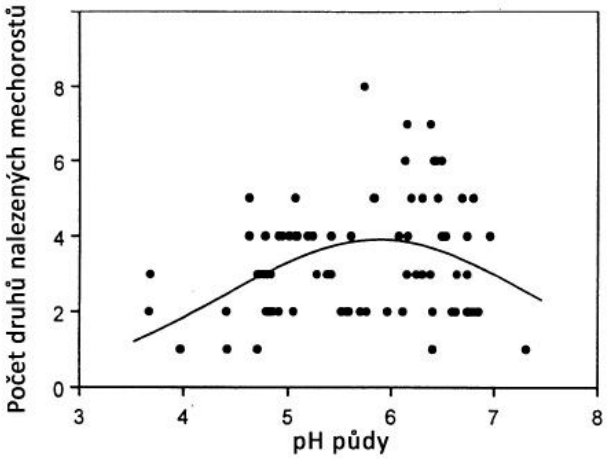
Zajímavé výsledky, relevantní pro polní mechorosty, přináší ve své práci Synnot (Synnott 1987). Autor ukazuje, že složení společenstva mechorostů, které kolonizuje obnažené půdy bez konkurence cévnatých rostlin, se může lišit pro plochy, které mají různý podíl uměle přidaných živin. Kolonizace druhy *Marchantia polymorpha* a *Funaria hygrometrica* je usnadněna na substrátech s přídavkem fosforu a vápníku a nezávisí na obsahu dusíku a draslíku (Synnott 1987).

Rozlišení přímého a nepřímého vlivu hnojiv na mechorosty není jednoduché. Jisté je, že hnojení zvýhodňuje cévnaté rostliny, které pak více konkurují polním mechorostům, rychleji zarůstají vhodné plochy a v konečném důsledku mechorosty vytlačují (Grime et al. 1990). Tento jev je dobře patrný v Grafu 1.

4. 5. PŮDA

Jednoznačný trend v půdních charakteristikách agrocenóz a s nimi jasně spojenými druhy polních mechorostů není v současné literatuře dobře patrný. Údaje o pH, typu půd a s nimi asociovanými polními druhy mechorostů jsou kusé a mohou se lišit pro jednotlivé oblasti nebo plochy.

Diverzita polních mechorostů do určité hranice mírně vzrůstá se stoupajícím pH půdy (Porley 2001), jak je vidět i na Grafu 2.



Graf 2: Souvislost pH půdy s druhovou rozmanitostí mechorostů.
Graf se vztahuje k mechorostům rostoucích v travinách.

Upraveno podle (Virtanen et al. 2000)

V komplexní studii provedené v Británii a Irsku v roce 2010 se dozvídáme o vztahu půdy a polních mechorostů více. V práci byly navrženy následující skupiny druhů: *Tortula truncata–Anthoceros* a *Dicranella staphylina–Riccia glauca* jsou druhově bohaté skupiny vázaná na kyselé substráty severní a západní části zkoumaného území. Naopak druhy skupin *Barbula unguiculata–Bryum klinggraeffii* a *Phascum cuspidatum–Microbryum davallianum* jsou vázané na vápenité půdy jižní a východní části Anglie a Irska. Jednotlivé půdní typy byly ve studii také zkoumány na hrubé škále

šesti kategorií. Těsná závislost mezi půdními typy a společenstvy nebyla většinou při zpracování výsledků zaznamenána. Podle jmenované práce by se tedy dalo usuzovat, že půdní typ není pro diverzitu polních mechorostů limitující faktor, na rozdíl od pH půdy (Preston et al. 2010).

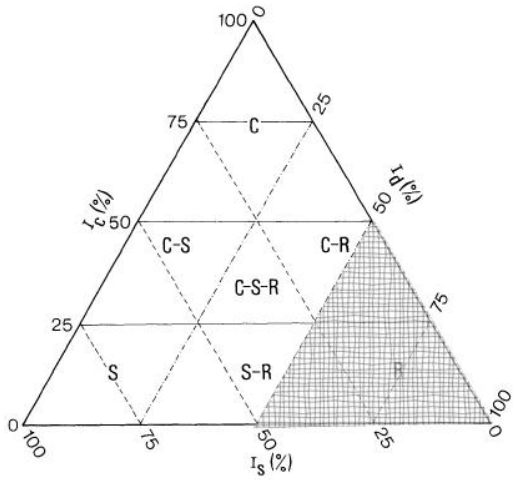
5. PŘIZPŮSOBENÍ POLNÍCH MECHOROSTŮ

Agrocenózy jsou velmi specifické biotopy a jejich charakteristika není tak intuitivní, jak by se mohlo na první pohled zdát, stejně jako není tak samozřejmé vymezení mechorostů agrocenóz. Některé z prací jako například britská studie (Preston et al. 2010) chápou mechorosty agrocenóz jako ty druhy, které se vyskytují na polích, kde se pěstují více méně monokulturní plodiny. Životní cyklus těchto mechorostů pak kulminuje v době mezi sklizní a setbou. V širším pojetí jsou mechorosty agrocenóz chápány například v práci rakouské (Zechmeister & Moser 2001), kde jsou zahrnuty i plochy s plodinami, které se neořou, jako například vinice či louky pro sklizeň sena.

Intuitivní pojetí agrocenóz v českém prostředí by se mohlo shodovat s pojetím Prestona (Preston et al. 2010). Tedy pole s monokulturně pěstovanou, hospodářsky využívanou a pravidelně sklízenou plodinou.

5. 1. KOMPETICE, STRES, DISTURBANCE

Jedním z nejrozšířenějších konceptů pro hodnocení strategií rostlin je C-S-R model, který se snaží umístit druhy do dvourozměrného prostoru vymezeného trojúhelníkem, jehož strany představují relativní význam jednotlivých složek modelu. Složky modelu jsou: tolerance vůči stresu, kompetiční schopnost a schopnost odolávat disturbancím (Grime 1977). Nejrozšířenější strategií pro polní mechorosty je dobré přizpůsobení k pravidelným disturbancím, což v Grimeově konceptu znamená rychlý životní cyklus, dobré přizpůsobení k rychlému využití dostupných zdrojů, zvýšená produkce biomasy, vysoká investice do produkce rozmnožovacích částic, vysoká odolnost, dlouhá životaschopnost rozmnožovacích částic v půdní bance diaspor a vysoká rychlost růstu. Rozšířený druh v agrocenózách *Funaria hygrometrica,* pro který byla měřená relativní rychlost růstu (RGR) v laboratorní studii, vykazuje téměř nejvyšší hodnoty ze všech měřených mechorostů (Furness & Grime 1982).



Obrázek 4: Model rovnováhy mezi kompetiční strategií, stres tolerantní a disturbance tolerantní.
I_c – relativní váha kompetice
I_d – relativní váha disturbance
I_s – relativní váha stresu
– strategie polních mechorostů

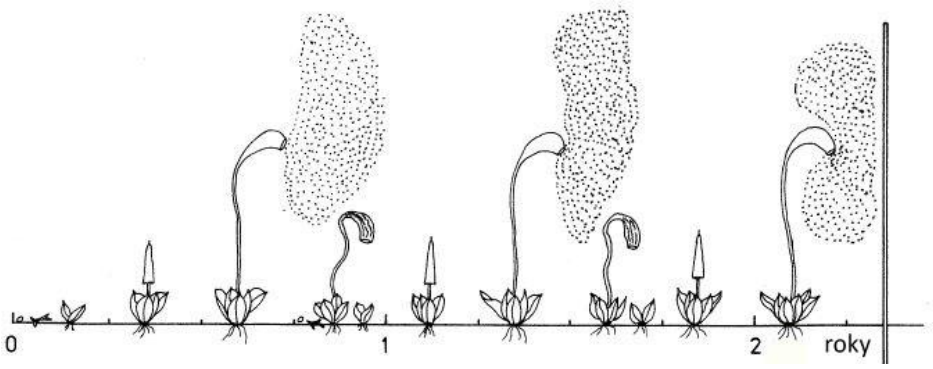
Upraveno podle (Grime 1977)

5. 2. Životní strategie

Pro mechorosty a lišejníky nejsou snadno uplatnitelné koncepty životních strategií, které zaujímají cévnaté rostliny, díky odlišným životním cyklům a způsobu rozmnožování mechorostů a lišejníků. Proto byl pro mechorosty a lišejníky sestaven samostatný koncept životních strategií (During 1992). Při diskusi o životní strategii je stěžejní alokace zdrojů jedince především v souvislosti s rozmnožováním, tedy například počet, životaschopnost, velikost a typ propagulí, doba pohlavní zralosti, životaschopnost nedospělých jedinců a další. Koncept r, K strategie byl upraven a je použitelný také pro mechorosty. O polních mechorostech bychom mohli říci, že jsou to r-stratégové. Rychle rostoucí efemérní populace s časným rozmnožováním a mnoha drobnými dceřinými jedinci uchycenými na plochách v raném stádiu sukcese, časně po disturbanci (Gadgil & Solbrig 1972).

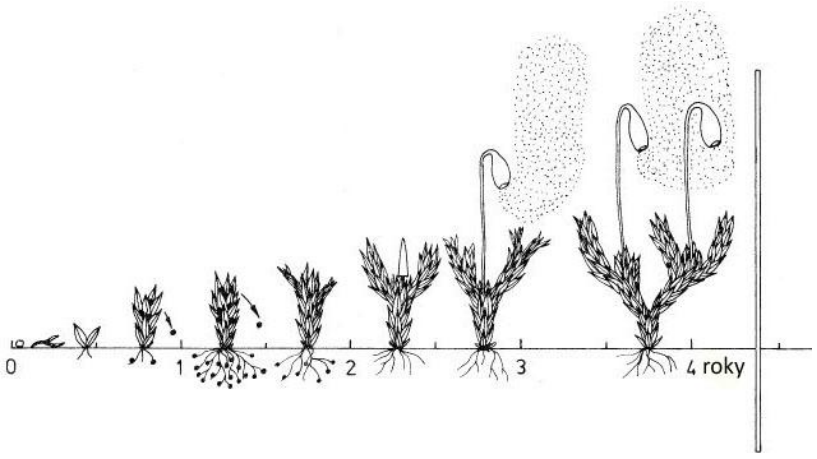
During (During 1979) přichází s rozdělením životních strategií mechorostů na základě třech hlavních faktorů: (1) velikost a počet spor, (2) způsob přežívání nepříznivého období, (3) doba životnosti gametofytu. Na základě těchto kritérií pak definuje šest strategií: *Perennial stayers, Perennial shuttle, Short lived shuttle, Fugitives, Colonists* a *Annual shuttle*. U polních mechorostů nacházíme především strategie: *Fugitives, Colonists* a *Annual shuttle*. Tedy ty strategie, kde se setkáváme s poměrně krátkým životním cyklem, velkou investicí do rychlého rozmnožování, slabou konkurenční schopností a dobrou schopností osidlovat nové biotopy. V agrocenózách se prakticky nesetkáváme s mechorosty, se strategiemi *Perennial stayers, Perennial shuttle, Short lived shuttle.* Tyto mechorosty preferují spíše stálá stanoviště bez disturbancí. Mají delší životní cyklus a rozmnožování se objevuje až po delším časovém úseku od data kolonizace stanoviště.

Fugitives – společnou charakteristikou druhů s touto strategií je krátká doba života, vysoká investice do sexuálního rozmnožování, vysoká produkce sporofytů, nepřítomnost asexuálního rozmnožování, brzká pohlavní zralost (do jednoho roku), velmi malé spory do velikosti 20 µm a velmi odolné spory s vysokou životaschopností. Tato strategie je rozšířená spíše u bakterií, hub a bezcévných rostlin. U cévnatých rostlin je vzácná. Schematické grafické zpracování této strategie ukazuje Obrázek 5. Typickým druhem s touto strategií je *Funaria hygrometrica* (During 1979).



Obrázek 5: Schematické zobrazení strategie *Fugitives*.
Celý životní cyklus během jednoho roku, bez asexuálního rozmnožování. Vertikální linka označuje moment, kdy přestává být stanoviště pro přežití jedince či kolonie akceptovatelné.
Upraveno podle (During 1979)

Colonists – kolonistické druhy mají také krátký životní cyklus, vysoké investice do sexuálního i asexuálního rozmnožování, asexuální rozmnožování přichází v raných fázích životního cyklu, produkce

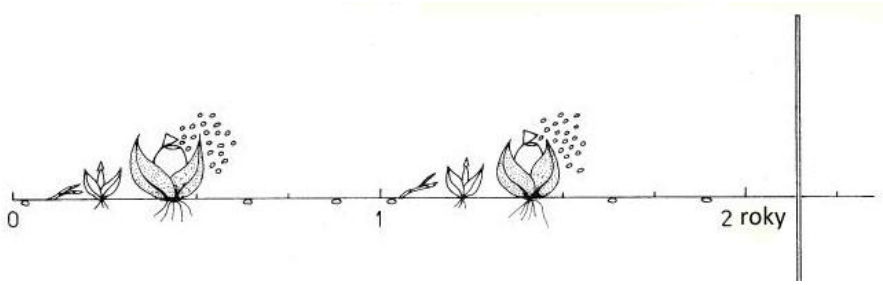


Obrázek 6: Schematické zobrazení strategie *Colonists*
Tvorba asexuálních propagulí v raných fázích života, později hojné sporofyty. Vertikální linka označuje moment, kdy přestává být stanoviště pro přežití jedince či kolonie akceptovatelné.
Upraveno podle (During 1979)

sporofytů později a je hojná. Doba prvního asexuálního množení je v prvních několika měsících, tvorba gametofytu pak do jednoho až dvou let. Velmi malé spory do velikosti 20 µm, vysoký počet, asexuální propagule jsou mnohem větší. Schematické grafické zpracování této strategie ukazuje

Obrázek 6. Typickými druhy s touto strategií jsou například *Bryum argenteum, Bryum bicolor, Ceratodon purpureus, Marchantia polymorpha, Grimmia laevigata, Buxbaumia aphylla* (During 1979).

Annual shuttle – druhy s touto strategií nejsou vázané na raná sukcesní stádia jako u dvou předchozích strategií. Druhy mají velmi krátký až efemérní životní cyklus. Sexuální reprodukce je velmi časná, sporofyty jsou velmi hojné s množstvím velkých spor s nízkou schopností dálkové disperze. Druhy se většinou nerozmnožují asexuálně. Délka života je jeden rok až několik let. Pro tuto strategii je typický výskyt druhů opakovaně ve stejných biotopech s přestávkami, kdy se druh nevyskytuje nebo jen v podobě propagulí, kvůli nepříznivým podmínkám na stanovišti. Schematické grafické zpracování této strategie ukazuje Obrázek 7. Typickými druhy mechorostů s touto strategií jsou: *Physcomitrium pyriforme, Phascum cuspidatum, Ephemerum serratum, Riccia bifurca, Fossombronia incurva, Splachnum ampullaceum* (During 1979).



Obrázek 7: Schematické zobrazení strategie *Annual shuttle*
Raná sexuální reprodukce, velké spory, absence asexuálního množení. Vertikální linka označuje moment, kdy přestává být stanoviště pro přežití jedince či kolonie akceptovatelné.

Upraveno podle (During 1979)

5. 3. FENOLOGIE

Načasování růstových fází a období reprodukce je pro polní mechorosty stěžejní a může být odlišné od mechorostů jiných biotopů. Fenologie studuje posloupnost vývojových procesů a faktory, které je ovlivňují (Stark 2002). Mechorosty obecně soupeří o světlo a prostor s vyššími rostlinami. Polní mechorosty nejsou schopné vytlačit cévnaté rostliny. Proto také musí svou fenologii podřídit fenologii cévnatých rostlin. Polní mechorosty jsou díky svému C3 fotosystému schopné efektivní fotosyntetické aktivity za snížené teploty a nižšího osvitu. Oplodnění u mechorostů je vázané na vodu. Některé mechorosty jsou díky schopnosti metabolizovat i za snížené teploty schopné využívat k oplodnění vodu z odtávajícího sněhu. Svůj životní cyklus tedy realizují od podzimu do jara, kdy je dostatek vláhy a nízká konkurence cévnatých rostlin (Glime 2007).

Fenologie je odlišná téměř pro každý druh mechorostu. Ze skupiny polních mechorostů bych tedy rád stručně představil fenologické aspekty, které souvisí s biotopem agrocenóz vždy na příkladu jednoho druhu, který má odlišnou životní strategii ze třech výše jmenovaných.

Funaria hygrometrica – Fugitives

Produkuje sporofyty brzy z jara, tobolky se objevují brzy v létě, spory se uvolňují od července do září. Druh není schopen úspěšně dokončit životní cyklus bez dostatku světla. Druh není schopen dokončit životní cyklus bez dostatečného množství dusíku a fosforu obsaženého v půdě (Hoffman 1966).

Bryum argenteum – Colonists

Na obnažené půdě se uchycuje velmi brzy po disturbanci, největší produkce biomasy je na jaře. Mladá antheridia jsou patrná již v říjnu až listopadu a tvoří se na čerstvých letorostech. Archegonia se objevují s pětiměsíčním zpožděním po antheridiích. Gametangia zůstávají v nedozrálém stavu do jara. Sporofyty se začínají objevovat na konci května. Sporofyty rychle dozrávají a uvolňují spory na začátku listopadu (Miles et al. 1989).

Physcomitrium pyriforme – Annual shuttle

Druh s extrémně odolnými sporami, které jsou schopné vyklíčit i po několika desítkách let. Před klíčením potřebuje projít obdobím se sníženou teplotou. Antheridia se vyskytují od května do srpna, archegonia pak jen krátce v srpnu. Oplození probíhá od srpna do května následujícího roku. Současně s mladými antheridii se vyskytují loňské sporofyty, které uvolňují spory od května do září (Nováková 2000).

6. ŠÍŘENÍ POLNÍCH MECHOROSTŮ

Půdní banka diaspor, kterou polní mechorosty tvoří, je poměrně rozsáhlá. Diaspory polních mechorostů se díky obdělávání polí dostávají do hlubších vrstev než například diaspory lučních či lesních společenstev mechorostů. Diaspory zůstávají životaschopné poměrně dlouho dobu, v řádu několika let. Diaspory polních mechorostů vykazují dobrou klíčivost. Při studiu půdní banky diaspor polních mechorostů byly nalezeny druhy, které byly přítomné pouze jako diaspory a nebyly pozorovány rostoucí na povrchu půdy, což rozšiřuje celkovou potenciální diverzitu (Bisang 1996).

V současné době není k dispozici mnoho prací, které by se věnovaly kvantifikaci schopnosti polních mechorostů kolonizovat nové polní plochy pomocí spor. Spory polních mechorostů se šíří podobně jako spory mechorostů jiných biotopů. Otevřená krajina polí by mohla skýtat ještě lepší možnosti pro šíření spor větrem na větší vzdálenost. Na druhou stranu většina polních mechů je velmi drobného vzrůstu s nízkými štěty, což možnosti disperze na větší vzdálenosti spíše omezuje.

Úspěšnost nové kolonizace vhodné polní plochy pomocí diaspor se snižuje s rostoucí vzdáleností od potenciální mateřské kolonie či skupiny rostlin mechorostů (Porley 2001).

Při zkoumání a kvantifikaci šíření spor mechů druhů *Atrichum undulatum* a *Bryum argenteum* bylo zachyceno nejvíce spor v bezprostřední blízkosti kolonií. Množství zachycených spor rapidně

klesá s rostoucí vzdáleností od kolonie. Na druhou stranu 85 – 95 % z veškerých spor se nepodařilo zachytit vůbec. Není tedy jasné, jak daleko se z tobolek šíří (Miles & Longton 1992).

Další studie kvantifikující šíření spor mechu druhu *Atrichum angustatum* ukázala, že 94 % všech spor dopadne na povrch ve vzdálenosti dvou metrů od středu kolonie. Asi jedno procento dopadne ve vzdálenosti dva až patnáct metrů od středu kolonie. Avšak výzkumníci připouštějí, že při vhodných podmínkách mohou být vzdálenosti, kam se spory šíří, mnohem vyšší než vzdálenosti zaznamenané ve studii (Stoneburner et al. 1992).

Šíření pomocí rhizoidálních gem na malé vzdálenosti bylo u některých mechorostů potvrzeno. Spory některých mechorostů odolají bez porušení průchodu trávicí soustavou některých kroužkovců a jiných živočichů. Šíření diaspor na krátké vzdálenosti by mohlo být tedy usnadněno i endozoochoricky (During 1995).

7. SPOLEČENSTVA POLNÍCH MECHOROSTŮ

Syntaxonomická klasifikace společenstev mechorostů se zformovala na přelomu 19. a 20. století. Syntaxonomové se ubírali současně v zásadě dvěma směry.

Uppsalská škola (Du Rietz)

Curyšsko – montpellierská škola (J. Braun – Blanquet)

Pro Uppsalskou školu je typická malá diverzita druhů, malá proměnlivost a vysoký podíl kryptogamních rostlin. Je to škola spojená se skandinávským prostředím. Základní jednotkou je sociace, definovaná na základě dominantních druhů a jednoduché kombinace doprovodných druhů.

Curyšsko – montpellierská škola se vyznačuje snahou o úplné soupisy druhů na určité ploše. Curyšsko – montpellierská škola přichází se základními myšlenkami jak sdružovat rostlinná společenstva do vegetačních jednotek, zdůrazňuje tzv. význačné druhy, tedy druhy omezené svým výskytem na danou jednotku (Becking 1957).

První společenstvo polních mechorostů z hlediska syntaxonomie popisuje Waldheim v roce 1944, dále doplňuje Krusenstjerna v roce 1945. Jako syntaxonomickou jednotku definují *Phascion cuspidatae* na úrovni *federatio*, tedy svazu. Krusenstjerna v roce 1945 také popisuje společenstvo *Pottietum truncatae* na úrovni asociace. Hübschmann dále v roce 1960 zavádí řád *Barbuletalia unguiculatae.* Hübschmann zmiňuje i popisy Waldheima a Krusenstjerna, které jsou v rámci jeho syntaxonomické jednotky nižší kategorií. Koppe ve své práci z roku 1955 zmiňuje společenstvo polních mechorostů s názvem *Riccia glauca-Anthoceros,* které však netypizuje ani je dále nijak systematicky nezařazuje. Kühner v roce 1971 přiřazuje do svazu *Phascion* další Waldheimovu asociaci *Pottietum lanceolatae,* Koppeovu asociaci *Riccio-Anthocerotetum* přeřazuje do svazu *Nanocyperion.* Lecointe přidává v roce 1978 do svazu *Phascion* dvě další asociace polních mechorostů *Riccio sorocarpae-Funarietum fascicularis* a *Bryetum rubens-Pottia intermedia.* Hübschmann vytváří v roce

1986 v rámci své rozsáhlejší práce souhrn syntaxonomických jednotek mechorostů agrocenóz. V rámci svazu *Phascion cuspidatae* jmenuje následující asociace: *Pottietum truncatulae, Pottietum davallianae, Riccio sorocarpae-Funarietum fascicularis, Bryetum rubens-Pottia intermedia, Riccio-Anthocerotetum punctati, Mniobryo-Dicranelletum variae.* Hübschmann uznává také svaz *Phascion mitraeformis*, kam zařazuje následující společenstva polních mechorostů: *Barbuletum convolutae, Pottietum lanceolatae, Aloinetum rigidae.* Český botanik Rivola se ve svém článku z roku 1987 věnuje taktéž klasifikaci polních mechorostů. Zavádí některé nové syntaxonomické jednotky. Jeho klasifikace se však neujala a v pozdější syntaxonomické klasifikaci se neobjevuje. Drehwald a Preising charakterizovali ve své práci z roku 1991 polní společenstvo mechorostů na úrovni asociace *Aloinetum rigidae* v rámci svazu *Grimaldion fragrantis.* Marstaller publikuje v roce 1993 přehled mechorostů agrocenóz Evropy, kde do řádu *Barbuletalia unguiculatae* přiřazuje svazy *Phascion cuspidati* a *Grimaldion fragrantis.* Do svazu *Phascion cuspidati* zařazuje asociace: *Pottietum truncatae, Riccio glaucae-Anthocerotetum laevis, Pottietum davallianae, Riccio sorocarpae-Funarietum fascicularis, Dicranelletum rubrae* a *Funarietum hungaricae*. Do svazu *Grimaldion fragrantis* zařadil asociace *Aloinetum rigidae* a *Pottietum lanceolatae* (Kresáňová 2007).

8. MECHOROSTY AGROCENÓZ V RÁMCI DIVERZITY VYŠŠÍHO CELKU

Pravidelně obdělávaná pole vytvořila mnohá stanoviště, která se jinak v přírodě nenacházejí. Tato nová stanoviště poskytují prostor mnoha druhům, především těm, které jsou závislé na otevřených obnažených plochách bez další vegetace (Vanderpoorten & Engels 2003). Diverzita mechorostů agrocenóz může být poměrně vysoká a může tvořit nezanedbatelné procento z celkového množství druhů, které jsou známé z území daného státu.

Mechorosty zaznamenané v agrocenózách v Litvě mohou činit až 21 % ze všech druhů známých mechorostů v Litvě (Andriušaitytė & Jukonienė 2013). Mechorosty zaznamenané v agrocenózách na území Británie a Irska tvoří 9 % ze všech druhů mechorostů známých pro Británii a Irsko (Porley 2001).

Zemědělská krajina je také díky unikátnosti umělých stanovišť obývána rozmanitými druhy ohrožených mechorostů. V Rakousku bylo zaznamenáno 135 druhů ohrožených mechorostů v zemědělské krajině (Zechmeister et al. 2002). Průzkum ze Slovenska zaznamenal 26 druhů mechorostů z agrocenóz, které jsou na národním červeném seznamu SR (Kresáňová et al. 2005).

Agrocenózy jsou místem, kde je stále možné nacházet nové lokality druhů mechorostů. Na Slovensku byly v agrocenózách recentně nalezeny nové lokalit výskytu pro druhy *Anthoceros agrestis* a *Phaeoceros carolinianus* (Kresáňová 2002). Agrocenózy skýtají také možnosti pro nalezení druhů, které nebyly na národní úrovni dosud zaznamenané. Z agrocenóz pochází nález nových druhů pro Severní Ameriku, Mexiko a Slovensko(Whitehouse & Buryová 2000). *Bryum demaretianum* a

Dicranella staphylina jsou nové nálezy pro Severní Ameriku a Mexiko, *Bryum demaretianum* je nový druh pro Slovensko (Whitehouse & Buryová 2000). Agrocenózy by tedy mohly mít potenciál pro objevení nových druhů či nových lokalit druhů mechorostů pro ČR. Například výše jmenovaný nově nalezený druh *Bryum demaretianum* nebyl dosud v ČR zaznamenán podle Seznamu a Červeného seznam mechorostů České republiky (Kučera & Váňa 2005).

8. 1. POLNÍ MECHOROSTY V EVROPĚ

Na základě důkladného studia literatury mohu říci, že není k dispozici mnoho prací, které by se zabývaly porovnáním výskytu jednotlivých druhů mechorostů v Evropě. Snad i pro to, že doposud není mnoho států, kde by existoval systematický výzkum polních mechorostů, nebo tato data nejsou publikována. Srovnání v rámci Evropy nacházíme v práci litevských autorů (Andriušaitytė & Jukonienė 2013), kde je porovnán výskyt druhů polních mechorostů v Litvě s polními mechorosty v Británii a Irsku z Prestonovy práce (Preston et al. 2010). Velmi stručné porovnání druhů mezi kontinenty nalézáme také v práci Whitehouse a Buryové (Whitehouse & Buryová 2000), kde jsou porovnávány druhy ze Slovenska a kanadské provincie Québec. V Porleyho práci (Porley 2001) nalezneme konstatování o výskytu podobných polních mechorostů v Británii, na Slovensku a v provincii Québec v Kanadě.

	Litva			Británie			Slovensko		
Litva									
Británie	123	43	25,9						
Slovensko	126	42	25	104	34	24,6			
Rakousko	192	32	16,5	182	23	11,2	167	38	18,5
	počet druhů celkem	počet shodných	shodných z celku %	počet druhů celkem	počet shodných	shodných z celku %	počet druhů celkem	počet shodných	shodných z celku %

Tabulka 1: Srovnání zastoupení druhů polních mechorostů pro dvojice států (Slovensko, Británie a Irsko, Litva, Rakousko).

Pro účely této práce jsem vypracoval porovnání zastoupení jednotlivých druhů mechorostů v Evropě. V současné době jsou k dispozici publikovaná data z průzkumu druhové diverzity polních mechorostů ze států: Slovensko (Kresáňová 2007), Litva (Andriušaitytė & Jukonienė 2013), Británie a Irsko (Preston et al. 2010). Na vyžádání jsem obdržel také dosud nepublikovaná data z průzkumu

Druhy polních mechorostů, které se vyskytují ve všech čtyřech státech.	Druhy mechorostů definované jako typicky polní (Porley 2001)	Druhy polních mechorostů, které se vyskytují právě ve třech státech.
Amblystegium serpens	*Barbula convoluta*	*Acaulon muticum*
Barbula convoluta	*Barbula unguiculata*	*Anthoceros agrestis*
Barbula unguiculata	*Bryum argenteum*	*Atrichum tenellum*
Brachythecium rutabulum	*Bryum bicolor*	*Atrichum undulatum*
Bryum argenteum	*Bryum klinggraeffii*	*Brachythecium albicans*
Bryum rubens	*Bryum rubens*	*Brachythecium velutinum*
Bryum violaceum	*Bryum subapiculatum*	*Bryum caespiticium*
Ceratodon purpureus	*Dicranella schreberiana*	*Bryum capillare*
Dicranella staphylina	*Dicranella staphylina*	*Bryum klinggraeffii*
Dicranella varia	*Ditrichum cylindricum*	*Bryum ruderale*
Entosthodon fascicularis	*Entosthodon fascicularis*	*Bryum subapiculatum*
Fissidens taxifolius	*Ephemerum minutissimum*	*Calliergonella cuspidata*
Funaria hygrometrica	*Microbryum rectum*	*Dicranella schreberiana*
Hypnum cupressiforme	*Riccia glauca*	*Ephemerum minutissimum*
Phascum cuspidatum	*Riccia sorocarpa*	*Fossombronia wondraczekii*
Rhytidiadelphus squarrosus	*Tortula acaulon*	*Marchantia polymorpha*
Riccia glauca	*Tortula truncata*	*Plagiomnium affine*
Weissia controversa		*Pohlia wahlenbergii*
		Pterygoneurum ovatum
		Riccia sorocarpa

diverzity polních mechorostů v Rakousku. Data laskavě poskytnul doc. Harald G. Zechmeister z Univerzity ve Vídni.

Při srovnávání zastoupení jednotlivých druhů jsem zkoumal podobnosti druhové rozmanitosti u dvojic států, kdy jsem porovnával diverzitu polních mechorostů každého ze čtyř států s každým. Nejvíce shodných druhů jsem zaznamenal při srovnání dat z Litvy a Británie, dále pak při srovnání Slovenska a Litvy či Slovenska a Británie. Při pohledu do srovnávací Tabulky 1 je patrné, že tyto tři státy se shodují v zastoupení asi ¼ polních mechorostů. Relativně vysoká míra výskytu stejných druhů mechorostů by mohla být dle mého názoru daná historicky a klimaticky, tedy způsobem polního hospodaření, jeho intenzitou a podobnými pěstovanými druhy. Porovnání s Rakouskem vykazuje nižší podobnost. Tuto odchylku přisuzuji jiné zvolené metodice výzkumu v Rakousku v porovnání s dalšími srovnávanými státy. V Rakousku bylo zaznamenáno suverénně nejvíce polních mechorostů, nicméně rakouská studie má velmi volné vymezení pro polní biotop, viz níže popsaná metodika výzkumu.

Dále jsem porovnával shody ve všech čtyřech státech zároveň, abych identifikoval druhy obvyklé v agrocenózách napříč Evropou. Porley ve své práci (Porley 2001) uvádí výčet typicky polních druhů.

Neuvádí však, na základě čeho definuje právě tyto druhy. Domnívám se proto, že se jedná o soupis druhů sestavený na základě autorovy zkušenosti.

Z Tabulky 2 je patrné, že seznam druhů sestavený na základě srovnání 4 států v Evropě a seznam podle Porleyho (Porley 2001) nejsou ani z poloviny shodné. Oba seznamy se shodují v 25 % druhů. Výzkum druhové diverzity v Litvě byl publikován v roce 2013, seznam druhů z Rakouska nebyl dokonce dosud publikován, slovenská práce byla publikovaná v roce 2002. Porley publikoval svou práci, ve které jmenuje typické druhy agrocenóz, v roce 2001. Pravděpodobně tedy neměl k dispozici podrobná data z dalších států Evropy.

Z Tabulky 2 je také patrné, že mezi druhy, které se vyskytují ve srovnání ve třech a čtyřech státech, je mnoho druhů, které se vyskytují na různých substrátech a nejsou specializované na zvláštní podmínky jako například: *Amblystegium serpens, Hypnum cupressiforme*, *Ceratodon purpureus.*

Obrázek 8: *Ceratodon Purpureus.* Druh, který byl zaznamenán v agrocenózách všech čtyřech států, přesto se nejedná o druh specializovaný na agrocenózy, ale spíše druh tolerantní k širokým ekologickým podmínkám a podmínkám prostředí.

Foto a determinace: Štěpán Koval 2010

8. 2. Polní mechorosty v České republice

Dalo by se předpokládat, že diverzita mechorostů, či výskyt jednotlivých druhů mechorostů se bude pro jednotlivé zeměpisné lokality lišit, podobně jako je tomu například u cévnatých rostlin. Druhové zastoupení polních mechorostů je však v rámci podobných zeměpisných šířek podobné i při srovnání Evropy a Ameriky (Whitehouse & Buryová 2000).

V ČR zatím nebyl proveden podrobný průzkum druhové diverzity mechorostů se zaměřením na agrocenózy. Němec a Musil (Němec & Musil 2010) zkoumali diverzitu mechorostů v agrocenózách Znojemska, avšak jejich pohled byl ještě užší, protože se soustředili pouze na polní mokřady. Tedy na biotopy velmi specifické v rámci celku agrocenózy. Práce Němce a Musila (Němec & Musil 2010) dokumentuje některé druhy mechorostů, které se nacházejí velmi zřídka nebo jsou dokonce zařazeny do kategorií ohrožení podle Červeného seznamu ČR. Koval a Zmrhalová (Koval & Zmrhalová 2010) pátrali po mechorostech agrocenóz na Šumpersku a Rýmařovsku zejména kvůli jejich fotodokumentaci. Autoři navštívili celkem 35 polí s různými plodinami po sklizni, nejčastěji pšenice, dále řepky, lnu, máku a kukuřice. Autoři zaznamenali 32 druhů polních mechorostů. Pole byla vybírána selektivně s ohledem na možnost výskytu zajímavých druhů. Autorům se také podařilo nalézt velmi vzácné druhy. Například hlevíky *Anthoceros neesii* a *Notothylas orbicularis* byly z území ČR opět potvrzeny po devadesáti letech. Na další druhy mechorostů polních mokřadů upozorňují ve své práci velmi okrajově také Němec (Němec et al. 2012).

Obrázek 9: Hlevík *Anthoceros neesii*, nalezený po devadesáti letech na území ČR v agrocenóze. Foto a determinace: Štěpán Koval 2010

Průměrný počet zaznamenaných druhů polních mechorostů ze Slovenska, Británie a Irska, Rakouska a Litvy je 92. Druhová diverzita polních mechorostů zjištěná v agrocenózách v ČR podle Kovala a Zmrhalové (Koval & Zmrhalová 2010) se mi zdá proto podhodnocená. Je však také možné, že autoři nezaznamenávali všechny druhy, ale pouze výběr, protože průzkum nebyl primárně zaměřen na sledování celkové diverzity polních mechorostů. Nebyla také stanovená žádná metodika ani cíle.

V případě práce zaměřené na celkovou diverzitu polních mechorostů ČR by se dalo očekávat vyšší zastoupení druhů, které byly na základě výskytu ve čtyřech evropských státech vyhodnoceny výše jako časté v agrocenózách. V seznamu druhů Kovala a Zmrhalové (Koval & Zmrhalová 2010) figuruje pouze deset druhů z devatenácti vyhodnocených jako časté v agrocenózách.

9. METODY VÝZKUMU DIVERZITY POLNÍCH MECHOROSTŮ V EVROPĚ

Jak již bylo zmíněno, práce zaměřené čistě na diverzitu polních mechorostů jsou v Evropě spíše výjimečné. V každé ze čtyř recentních prací autoři zvolili více či méně odlišnou metodiku. Považuji proto za užitečné zvolené metodiky stručně popsat, aby bylo zřejmé, s jakými daty autoři pracovali.

9. 1. VÝZKUM V BRITÁNII A IRSKU (PRESTON ET AL. 2010)

Výzkum mechorostů agrocenóz na Britských ostrovech provedli členové British Bryological Society (BBS) v letech 2001 – 2005. Šlo především o stanovení celkové diverzity polních mechorostů. Během výzkumu byly dále shromažďovány údaje o abiotických a biotických faktorech, které byly vyhodnoceny a vztaženy k zjištěné diverzně.

Členové BBS prozkoumali 620 polí. Byly zvoleny tři kategorie ploch.

Náhodné – pomocí GIS software bylo náhodně vybráno na základě mapy UK Land Cover Map, která poskytuje údaje o typu habitatu v rozlišení 25 m.

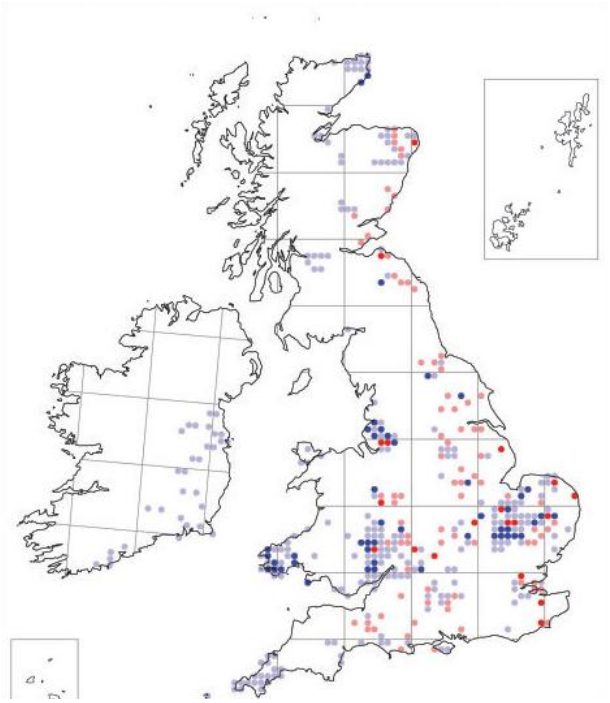
Vybrané – členové BSS vybrali plochy na základě svého rozhodnutí. Náhodně, leč subjektivně.

Speciální členové BBS vybrali plochy na základě svého rozhodnutí, nikoli však náhodně, ale na základě zkušenosti, výskytu vzácných mechorostů, cévnatých rostlin, výjimečných půdních typů nebo geomorfologických útvarů.

Britská výzkumná skupina navrhla svou unikátní metodiku sledovaných faktorů a jejich záznamu. Metodika byla dva roky zkoušena, vyladěna a po dvou letech byl podle ní veden celý výzkum. Členové BBS obdrželi záznamové archy, kam zaznamenávali číselnými kódy následující charakteristiky:

- Lokalizace zkoumané plochy.
- Výčet kódů druhů přítomných mechorostů a jejich abundance na pětistupňové škále od „vzácně“ po „dominantně“.
- Pěstovaná plodina hlavní a vedlejší, kde se volilo z předem definovaných patnácti kategorií jako např. (brambory, pšenice, jiná obilovina, neznámá obilovina, řepa, jetel, jiná pícnina atd.) s možností vypsání neuvedené.
- Pokryv vyššími rostlinami, holou půdou, odpadem po zemědělské činnosti (relativně - v procentech).
- Pokryv půdy mechorosty, relativně v procentech.
- pH půdy, které se měřilo ve výluhu vzorku půdy v destilované vodě.

- Nadmořská výška.
- Půdní typ hlavní a vedlejší z šesti kategorií.
- Stav plochy v pěti kategoriích (zoráno a nezaseto, nesklizená plodina, strniště, plodina čerstvě sklizená nebo zasetá, úhor).
- Údaje o pěstební sezóně (bez plodiny, jaro, podzim, neznámý).
- Přítomnost propagulí u mechorostů, pohlavních struktur a sporofytu.
- Záznam o nutnosti determinace druhu s mikroskopem.



Obrázek 10: Mapka agrocenóz k průzkumu polních mechorostů v Británii a Irsku.
červené symboly = náhodné plochy
modré symboly = vybrané a speciální plochy
tmavé symboly = výzkumná plocha leží na dvou a více polích zároveň
světlé symboly = jedna plocha na jednom poli

Podle (Preston et al. 2010)

Záznamový arch dále obsahoval prostor pro nákres schematické mapky lokality, pro vyznačení místa snímkování a místo pro další poznámky terénního výzkumníka.

Celkem bylo snímkováno na 820 plochách. Drtivá většina všech ploch byla výzkumníky navštívena pouze jednou během čtyřletého průzkumu.

Abundance byla převedena na numerické hodnoty. Za použití statistické metody „Detrended correspondence analysis (DCA)“ byly druhy seskupeny ve čtyřrozměrném prostoru podle abundance a ekologických charakteristik zaznamenaných terénními výzkumníky v záznamových arších do šesti

shluků. Pro jednotlivé shluky byly dále vytvořeny bodové mapy výskytu. Shluky byly pro kontrolu porovnány s údaji o výskytu druhů v databázi BRYOATT.

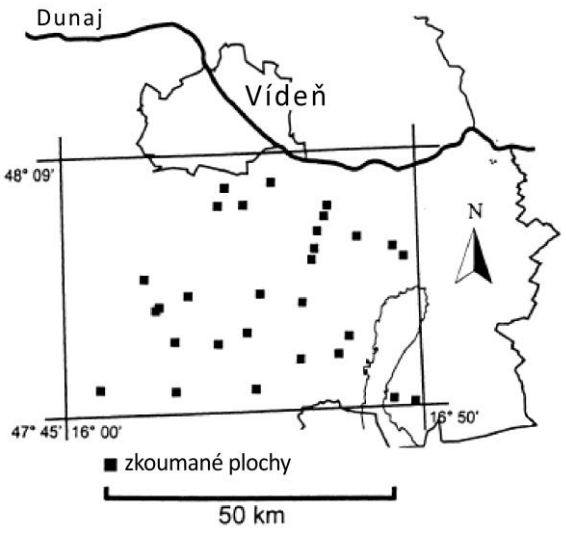
Skupiny byly dále sloučeny do čtyř kategorií. Pro kategorie byly jednotlivě diskutovány společné charakteristiky a důvody seskupení konkrétních druhů do daných společenstev.

9. 2. Výzkum v Rakousku (Zechmeister & Moser 2001)

Výzkum mechorostů agrocenóz v Rakousku se ubíral nepatrně odlišným směrem než výzkum v Británii, Litvě a na Slovensku. Cílem rakouského výzkumného týmu bylo především zjištění souvislosti mezi mírou intenzity, s jakou je daná plochy využívána, a druhovou diverzitou.

Rakouský výzkumný tým se vydal cestou ozkoušené metodiky pro hodnocení míry intenzity hospodaření a vlivu lidské činnosti na zkoumanou plochu. Byl zvolen koncept hemerobie, dříve hojně ve Střední Evropě používaný krajinnými a lesnickými ekology.

Pomocí geografického informačního systému (GIS) bylo v daném zeměpisném čtverci náhodně vybráno 29 ploch 600 × 600 m, které nesměly mít vyšší než 50% podíl zástavby nebo lesa. V každé



Obrázek 11: Mapka náhodně vybraných agrocenóz k průzkumu polních mechorostů v části Rakouska.

Upraveno podle (Zechmeister & Moser 2001)

z takto vybraných ploch bylo dále náhodně pomocí GIS vybráno 10 míst, kde se zkoumal počet druhů. Výzkum probíhal dva roky. Výzkumníci navštívili každé vybrané místo pouze jednou a to v období od října do března. Zaznamenával se počet druhů a přítomnost sporofytů. V laboratoři byla pak mikroskopicky zkoumaná přítomnost vegetativních rozmnožovacích částic.

Dále byla zkoumaná intenzita využívání daných ploch pomocí stanovení hemerobie definované například v pracích (Brentrup et al. 2002; Hill et al. 2002). Rakouský tým využíval parametry hemerobie uvedené v Tabulce 3. Mohlo by se zdát, že kategorie mnohých parametrů jsou velmi

subjektivní a těžko stanovitelné. V publikacích, které se metodě podrobně věnují, jsou však stanoveny pro určování jednotlivých kategorií v parametrech poměrně jasné a mnohdy i obsáhlé metodiky. Pro jednotlivé regiony dokonce už v rámci Evropy existuje metoda normalizace dat o hemerobii v důsledku odlišné zemědělské činnosti či klimatu. Data se normují pro to, aby bylo možné je lépe porovnat v rámci větších či méně geograficky příbuzných celků. Normování dat o hemerobii a přesnější metodice určení kategorií parametru „Natruralness of vegetation" se podrobně věnuje ve svá práci například Hill (Hill et al. 2002). Cílem této mé práce není přesné popsání metodiky určování hemerobie, proto zde neuvádím zevrubný popis určování jednotlivých kategorií, pouze souhrnnou tabulku sledovaných kategorií bez překladu do češtiny, který by byl velmi subjektivní a mohl by být zavádějící.

Parameters	Polyhemerobic	a-Euhemerobic	b-Euhemerobic	Mesohemerobic	Oligohemerobic
Naturalness of vegetation	Artificial	Artificial	Altered strongly	Moderately altered	Close to natural
Natural regeneration	Low	Low	High	High	Very high
Fertilizer and pestizide input	Regular, high	Regular, low	Irregular, low	Very low	Rare, low
Human disturbance of soils	Regular, very high	Regular, sometimes very	Irregular, sometimes high	Irregular, very low	Rare
Frequency of soil disturbance	>2 times/year	Once a year	Less than once every two years	Rare	Rare
Mechanic soil compression	Regular, high	Regular but low	Moderately low	Very low	Rare
Sealing of soils	Never	Never	Never	Never	Never
Removal of biomass	Regular, high	Regular, high	Irregular and high or regular and low	Irregular or regular, low	Rare
Number of planted species	High	Moderately high	Low	Low	Predominantly natural vegetation
Non native species (%) (neophytes)	>20	18-20	13-18	5-12	1-5
Longevity of species	Short lived species	Mainly raderal species	Some perennial species	Many perennial species	Mainly perennial species
Examples	Intensive grain-crops and vineyards	Moderately used crops and vine-yards	Two- or three-year-old fallows, field margins	Meadows cut two times a year	Natural forests, natural dry grasslands

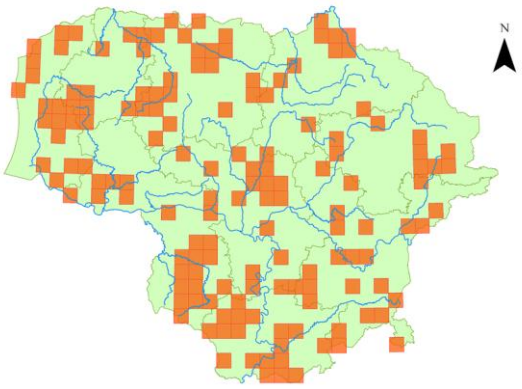
Tabulka 3: Kategorie stavu hemerobie a jejich charakteristika používané v rakouském výzkumu. Tabulka je sestavena podle (Zechmeister & Moser 2001). Ponechaná záměrně v originálním znění.

9. 3. Výzkum v Litvě (Andriušaitytė & Jukonienė 2013)

Výzkum druhového bohatství polních mechorostů v Litvě probíhal v letech 1998-2002. Autoři se věnovali jednak terénnímu průzkumu a také rešerši dostupné lokální literatury. Na základě získaných dat byl sestaven a publikován seznam druhů mechorostů zaznamenaných v agrocenózách.

Výzkumný tým náhodně vybral 369 polí. Na každém poli byl vymezen čtverec 10 × 10 m, kde probíhal důkladný průzkum výskytu mechorostů. Dále byl mimo vybranou oblast prováděn doplňkový průzkum napříč celou plochou u polí větších než 2 ha, kde byly dodatečně zaznamenávány další

nalezené druhy. Na polích velikosti do 2 ha byl poveden zevrubný průzkum celé plochy. Dále byl zaznamenáván výskyt rozmnožovacích částic, ať už pohlavních či nepohlavních, a četnost sporofytů.



Obrázek 12: Mapka náhodně vybraných agrocenóz k průzkumu polních mechorostů v Litvě
Podle (Andriušaitytė & Jukonienė 2013)

Dále byly mechorosty rozděleny do deseti kategorií podle životní strategie definovaných v práci (Dierßen 2001) a do šesti kategorií podle četnosti výskytu.

Samotná metodika zaznamenávání, určování a další popis terénní práce není dopodrobna popsán.

9. 4. Zhodnocení použitých metod

Každá z výše jmenovaných metod má svá pozitiva i negativa.

Studie z Británie a Irska polních mechorostů je díky vstupním kritériím a dobré podkladové mapě velmi dobře zacílená na agrocenózy, jak je známe. Tedy pole s pěstovanými plodinami. Výzkumníci BBS si definovali zcela vlastní a unikátní kritéria pro hodnocení intenzity využívání agrocenóz a další vlastní kritéria. Vznikla zde zcela nová a unikátní metodika. Výsledky jsou pak hůř porovnatelné než kdyby výzkumný tým BBS zvolil například tradiční koncepci stanovení hemerobie a další standardní používané metody, které by za cenu horší aplikovatelnosti na danou oblast poskytly výsledky snadno porovnatelné.

Rakouská studie polních mechorostů není studií čistě mechorostů agrocenóz, jak by si je Evropan intuitivně přestavoval. Pro rakouskou studii bylo omezením geografického zacílení typu zkoumaného stanoviště pouze to, že zkoumané plochy nesmí mít více než padesátiprocentní podíl zástavby nebo lesa. Studie tak v rámci náhodně vybraných ploch zahrnuje i druhy mechorostů epifytických, epilitických a podobně. Domnívám se, že také proto je výčet druhů polních mechorostů v Rakousku podle nepublikovaných dat Zechmeistera zdaleka nejvyšší v porovnání s ostatními evropskými státy, kde je podobná studie vypracovaná. V práci (Zechmeister et al. 2003), která se zabývá vyhodnocením

center diverzity polních mechorostů, jsou pak logicky vyzdvižena místa, kde náhodná výzkumná plocha padla do oblasti s vysokou diverzitou prostředí (např.: solitérní stromy v poli, rostoucí či padlé kmeny nad osluněným výchozem hornin bohatých na vápník a podobně).

Litevská studie není příliš sdílná co do popisu metodiky. Od dvou jmenovaných studií se odlišuje zhodnocením dat z literárních rešerší a důkladností, s jako byly plochy zkoumány.

10. ZÁVĚR

Navzdory zažitému pocitu, že jsou pole pro kryptogamology nezajímavým biotopem, jsem prostudoval dostupnou literaturu k tématu mechorostů v agrocenózách a došel k názoru, že pole mohou skýtat možnosti k objevům nových druhů či lokalit druhů vzácných a dlouho nenalezených. Recentně bylo učiněno v Evropě i České republice několik podobných nálezů. Pravděpodobně z toho důvodu, že se k agrocenózám pomalu obrací pozornost kryptogamologů.

V rámci své tematické literární rešerše jsem se také pokoušel odhalit faktory, které ovlivňují výskyt a diverzitu polních mechorostů. Pro polní mechorosty je limitujícím faktorem konkurence s cévnatými rostlinami, pH půdy a způsob i načasování polního managementu. Pěstovaná plodina úzce souvisí se způsobem obdělávání pole, nelze však oba tyto faktory sloučit, protože například načasování orby po sklizni je pro polní mechorosty významným limitujícím faktorem, který nemusí striktně souviset s pěstovanou plodinou. Další faktory jako například používání pesticidů, hnojení či půdní typ, nejsou dostatečně silnou vysvětlující proměnnou pro výskyt či diverzitu polních mechorostů. V literatuře jsem se nesetkal s hodnocením faktoru vlhkosti daného stanoviště, který by podle mého názoru mohl být také významným limitujícím faktorem. Nicméně přesná metodika měření vlhkosti tak, aby výsledky vypovídaly o průměrné vlhkosti stanoviště v čase a ne o okamžitých podmínkách, by mohla být poměrně komplikovaná a těžko proveditelná.

Dále jsem se věnoval přizpůsobení polních mechorostů k životu v agrocenózách. Zhodnotil jsem společenstva na základě zavedených konceptů strategií. Zvolené koncepty jsou dle mého názoru na polní mechorosty dobře aplikovatelné a podávají další informace o možnosti výskytu druhů v agrocenózách. Fenologie i strategie polních mechorostů ukazují na rychlý životní cyklus, časné rozmnožování, do kterého druhy vkládají značnou investici zdrojů, a dobrou schopnost kolonizovat nové plochy. Tyto vlastnosti jsou ve spojitosti s polním biotopem s častou a pravidelnou disturbancí zřejmé.

Podobně jako u vyšších rostli či mechorostů jiných biotopů jsou i pro mechorosty agrocenóz zavedené syntaxonomické jednotky, které se zabývají studiem společenstev. Tento systém se však i v recentní literatuře mění a upravuje. Předpokládám, že se stoupající mírou poznání diverzity mechorostů agrocenóz přijdou i další změny v syntaxonomickém systému.

Stoupající míra poznání v poslední době umožňuje činit srovnání druhového bohatství mechorostů agrocenóz ve státech, kde již proběhl jejich podrobný průzkum se stanovením metodiky, vytyčením cílů a podobně. O srovnání jsem se ve své práci pokusil s vidinou stanovení typicky polních druhů, které se vyskytují v agrocenózách všech států. Skutečně jsem identifikoval 18 druhů, které se vyskytují napříč evropskými agrocenózami. Není však možné o těchto druzích prohlásit, že jsou typicky polní, protože jsou z velké míry tvořeny spíše druhy generalisty, tedy těmi, které se vyskytují na nejrůznějších substrátech a v nejrůznějších ekologických podmínkách. Zajímavá je informace, že podíl druhů v agrocenózách může tvořit 9 – 21 % z celkového národního druhového bohatství.

Srovnání národní diverzity napříč Evropou je také do velké míry ovlivněno metodikou, kterou si autoři jednotlivých prací zvolili. Každá národní skupina zvolila metodiku odlišnou. Výsledek národního průzkumu diverzity v závislosti na zvolené metodice je diskutován výše.

Jak již bylo řečeno, úroveň poznání diverzity polních mechorostů a faktorů, které ji ovlivňují, stoupá. Česká republika je však stále mezi těmi státy, kde nebyl proveden zevrubný průzkum diverzity polních mechorostů. Nedá se říci, že by čeští kryptogamologové mechorosty agrocenóz zcela opomíjeli, nicméně zatím neprobíhá ani není publikován průzkum, kde by byla stanovená jasné metodika a cíle, zaměřený na diverzitu polních mechorostů. Na evropské úrovni pak například chybí porovnání diverzity polních mechorostů na plochách s intenzivním zemědělstvím a ekologickým zemědělstvím.

V těchto oblastech spatřuji příležitost pro svou další práci.

Veškeré závěry, které činím v této práci, plynou pouze ze studia a hodnocení literatury a dostupných dat jiných autorů. Závěry nejsou podloženy vlastním výzkumem.

11. LITERATURA

Andriušaitytė D. & Jukonienė I. (2013): Patterns of bryophyte diversity in arable fields of Lithuania. - Acta Societatis Botanicorum Poloniae 82 (1): 57-65.

Anonymous (1998): First report on the implementation of the convention on biological diversity by the European Commission. - European Commission, Luxembourg.

Aude E. & Ejrnaes R. (2005): Bryophyte colonization in experimental microcosms: the role of nutrients, defoliation and vascular vegetation. - Oikos 109 (2): 323-330.

Becking R. W. (1957): The Zürich-Montpellier school of phytosociology. - Botanical Review 23 (7): 411-488.

Bisang I. (1992): Hornworts in Switzerland-endangered? - Biological Conservation 59 (2–3): 145-149.

Bisang I. (1995): The diaspore bank of hornworts (Anthocerotae, Bryophyta) and its role in the maintenance of populations in cultivated fields. - Cryptogama Helvetica 18: 107-161.

Bisang I. (1996): Quantitative analysis of the diaspore banks of bryophytes and ferns in cultivated fields in Switzerland. - Lindbergia 21 (1): 9-20.

Bisang I. (1998): The occurrence of hornwort populations (Anthocerotales, Anthocerotopsida) in the Swiss Plateau: the role of management, weather conditions and soil characteristics. - Lindbergia 23 (2): 94-104.

Brentrup F., Kusters J., Lammel J. & Kuhlmann H. (2002): Life cycle impact assessment of land use based on the Hemeroby concept. - International Journal of Life Cycle Assessment 7 (6): 339-348.

Brown D. H. (1984): Uptake of mineral elements and their use in pollution monitoring. In Dyer A. F. & Duckett J. G. (eds.): The experimental biology of bryophytes, Academic Press, London.

Brown D. H. (1992): Impact of agriculture on bryophytes and lichens. In Bates J. & Farmer A. (eds.): Bryophytes and lichens in a changing environment, Clarendon Press, Oxford.

Brown D. H. & Bates J. W. (1990): Bryophytes and nutrient cycling. - Botanical Journal of the Linnean Society 104 (1-3): 129-147.

Brown D. H., Ougham H. & Beckett R. P. (1986): The effect of the herbicide dichlorophen on the physiology and growth of two bryophytes. - Annals of botany. 57 (2): 201-209.

Bukovský J., Čermák P., Fiala P., Hruška M. et al. (2012): Situační a výhledová zpráva půda. - Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.

Dierßen K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes, Cramer in der gebrüder borntraeger verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

During H. J. (1979): Life strategies of bryophytes: a preliminary review. - Lindbergia 5 (1): 2-18.

During H. J. (1992): Ecological classifications of bryophytes and lichens. In Bates J. & Farmer A. (eds.): Bryophytes and lichens in a changing environment, Clarendon Press, Oxford.

During H. J. (1995): Population regulation in tuber-bearing mosses: A simulation model. - Lindbergia 20 (1): 26-34.

Furness S. B. & Grime J. P. (1982): Growth rate and temperature responses in bryophytes: II. A comparative study of species of contrasted ecology. - Journal of Ecology 70 (2): 525-536.

Gadgil M. & Solbrig O. T. (1972): The concept of r- and K-selection: Evidence from wild flowers and some theoretical considerations. - The American Naturalist 106 (947): 14-31.

Glime J. M. (2007): Bryophyte ecology [online]. Dostupné na adrese: www.bryoecol.mtu.edu.

Grime J. P. (1977): Evidence for the existence of three primary strategies in plants and Its relevance to ecological and evolutionary theory. - The American Naturalist 111 (982): 1169-1194.

Grime J. P., Rincon E. R. & Wickerson B. E. (1990): Bryophytes and plant strategy theory. - Botanical Journal of the Linnean Society 104 (1-3): 175-186.

Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Srek P. et al. (2010): The Rengen Grassland experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. - Environmental Monitoring and Assessment 166 (1-4): 653-662.

Hill M. O., Roy D. B. & Thompson K. (2002): Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact. - Journal of Applied Ecology 39 (5): 708-720.

Hoffman G. R. (1966): Ecological studies of *Funaria hygrometrica Hedw*. in eastern Washington and northern Idaho. - Ecological Monographs 36 (2): 157-180.

Horrocks M., Baisden W. T., Nieuwoudt M. K., Flenley J. et al. (2012): Microfossils of Polynesian cultigens in lake sediment cores from Rano Kau, Easter Island. - Journal of Paleolimnology 47 (2): 185-204.

Jones E. W. (1991): The changing bryophyte flora of Oxfordshire. - Journal of Bryology 16 (4): 513-549.

Jukoniene I., Andriušaityte D. & Rašomavičius V. (2012): Bryophyte diversity and phenological aspects in different habitats of arable land. - Journal of Food, Agriculture and Environment 10 (1): 718-725.

Koval Š. & Zmrhalová M. (2010): Rediscovery of hornworts *Anthoceros neesii* and *Notothylas orbicularis* (Anthocerotophyta) in the Czech Republic. - Bryonora 46: 38-46.

Kresáňová K. (2002): Distribution of bryophytes *Anthoceros agrestis* and *Phaeoceros carolinianus* in the Slovakia. - Bulletin Slovenskej botanickej spoločnosti 24: 47-54.

Kresáňová K. (2007): Machorasty a ich spoločenstvá v agrocenózach Slovenska [dizertační práce], - Univerzita Komenského v Bratislave.

Kresáňová K., Mišíková-Janovicová K. & Kubinská A. (2005): Diversity of bryophytes in agro-coenoses of Slovakia. - Biologia 60 (1): 9-15.

Kučera J. & Váňa J. (2005): Seznam a červený seznam mechorostů České republiky (2005). Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Kučera J., Váňa J. & Hradílek Z. (2012): Bryoflóra České republiky: aktualizace seznamu a červeného seznamu a stručná analýza. - Preslia 84: 813–850.

Lososová Z., Chytrý M., Kühn I., Hájek O. et al. (2006): Patterns of plant traits in annual vegetation of man-made habitats in central Europe. - Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 8 (2): 69-81.

Miles C. J. & Longton R. E. (1992): Deposition of moss spores in relation to distance from parent gametophytes. - Journal of Bryology 17: 355-368.

Miles C. J., Odu E. A. & Longton R. E. (1989): Phenological studies on British mosses. - Journal of bryology. 15: 607-621.

Němec R. & Musil Z. (2010): Bryophytes of the agricultural field wetlands in the Znojmo region – preliminary results. - Bryonora 46: 46-50.

Němec R., Škorpíková V. & Křivan V. (2012): Fenomén efemérních polních mokřadů na orné půdě. - Živa 2: 57-59.

Nováková M. (2000): Fenologie vybraných druhů mechorostů na rašeliništích pravobřežní části Lipenské nádrže [baklářská práce], - Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

Paton J. A. (1969): A bryophyte flora of Cornwall. - Transactions of the British Bryological Society 5: 669-756.

Porley R. D. (2001): Bryophytes of arable fields: Current state of knowledge and conservation. - Bulletin of the British Bryological Society 77: 50-62.

Preston C. D., Hill M. O., Porley R. D. & Bosanquet S. D. S. (2010): Survey of the bryophytes of arable land in Britain and Ireland 1: A classification of arable field assemblages. - Journal of Bryology 32 (2): 61-79.

Repeš K. (2009): dichlordifenyltrichloretan (DDT) [online]. - Databáze chemických látek. Dostupné na adrese: www.arnika.org/dichlordifenyltrichloretan-ddt.

Rivola M. (1987): Agrocenózy mechorostů a jejich syntaxonomické postavení. - Preslia 59 (1): 51-64.

Smith A. J. E., Hill M. O. & Preston C. D. (1994): Atlas of the bryophytes of Britain and England. Vol. 3, Mosses (Diplolepidae) Harley Books, Colchester.

Stark L. R. (2002): Phenology and its Repercussions on the Reproductive Ecology of Mosses. - The Bryologist 105 (2): 204-218.

Stoneburner A., Lane D. M. & Anderson L. E. (1992): Spore dispersal distances in *Atrichum angustatum* (Polytrichaceae). - Bryologist 95 (3): 324-328.

Synnott D. M. (1987): The effects of drainage, shelter and fertilisers on bryophyte colonisation and succession on blanket peat in western Ireland. - Glasra. (10): 83-99.

Vanderpoorten A. & Engels P. (2003): Patterns of bryophyte diversity and rarity at a regional scale. - Biodiversity and Conservation 12 (3): 545-553.

Virtanen R., Johnston A. E., Crawley M. J. & Edwards G. R. (2000): Bryophyte biomass and species richness on the Park grass experiment, Rothamsted, UK. - Plant Ecology 151 (2): 129-141.

Whitehouse H. L. K. & Buryová B. (2000): Bryophytes of arable fields in Quebec and Slovakia, including new records of *Bryum demaretianum arts*. - Lindbergia 26 (1): 29-32.

Zechmeister H., Tribsch A., Moser D. & Wrbka T. (2002): Distribution of endangered bryophytes in Austrian agricultural landscapes. - Biological Conservation 103 (2): 173-182.

Zechmeister H. G. & Moser D. (2001): The influence of agricultural land-use intensity on bryophyte species richness. - Biodiversity and Conservation 10 (10): 1609-1625.

Zechmeister H. G., Tribsch A., Moser D., Peterseil J. et al. (2003): Biodiversity 'hot spots' for bryophytes in landscapes dominated by agriculture in Austria. - Agriculture, Ecosystems & Environment 94 (2): 159-167.

12. POUŽITÉ ZKRATKY A VYSVĚTLIVKY

BBS	British Bryological Society
BRYOATT	databáze výskytu mechů, hlevíků a játrovek v Británii a Irsku
C-S-R model	model strategií rostlin, C – kompetice, S – stres tolerující, R – tolerující disturbance
ČR	Česká republika
DCA	Detrended correspondence analysis, statistická metoda shlukové analýzy
GIS	Geografický informační software
RGR	relative growth rate, relativní rychlost růstu
SR	Slovenská republika
ŽP	životní prostředí

13. PŘÍLOHA

Seznam druhů zaznamenaných v agrocenózách v Rakousku (Zechmeister 2001). Nepublikováno.

Abietinella abietina
Acaulon muticum
Amblystegium humile
Amblystegium serpens
Amblystegium varium
Aneura pinguis
Atrichum tenellum
Atrichum undulatum
Barbula convoluta
Barbula sinuosa
Barbula sp.
Barbula unguiculata
Brachythecium albicans
Brachythecium campestre
Brachythecium glareosum
Brachythecium rivulare
Brachythecium rutabulum
Brachythecium salebrosum
Brachythecium sp.
Brachythecium velutinum
Bryum algovicum
Bryum argenteum
Bryum atrovirens agg.
Bryum bicolor
Bryum caespiticium
Bryum capillare
Bryum elegans
Bryum imbricatum
Bryum intermedium
Bryum klinggraeffii
Bryum marrattii
Bryum rubens
Bryum sp.
Bryum subelegans
Bryum violaceum
Calliergonella cuspidata
Calypogeia muelleriana
Campylium chrysophyllum
Campylium stellatum
Ceratodon purpureus
Cirriphyllum piliferum
Climacium dendroides
Cratoneuron commutatum
Cratoneuron filicinum
Ctenidium molluscum
Cynodontium polycarpon
Dicranella heteromalla
Dicranella sp.
Dicranella staphylina
Dicranella subulata
Dicranella varia
Dicranum polysetum
Dicranum scoparium
Didymodon acutus
Distichium capillaceum
Ditrichum flexicaule
Ditrichum heteromallum
Drepanocladus aduncus
Drepanocladus exannulatus
Drepanocladus fluitans
Encalypta streptocarpa
Entodon concinnus
Entosthodon fascicularis
Eurhynchium angustirete
Eurhynchium hians
Eurhynchium hians var. hians
Eurhynchium hians var. swartzii
Eurhynchium pulchellum
Eurhynchium schleicheri
Eurhynchium speciosum
Fissidens adianthoides
Fissidens dubius
Fissidens exilis
Fissidens taxifolius
Funaria hygrometrica
Homalothecium lutescens
Homalothecium philippeanum
Homomallium incurvatum
Hylocomium splendens
Hypnum cupressiforme
Hypnum lacunosum
Chiloscyphus polyanthos
Leucobryum glaucum
Lophocolea bidentata
Mnium hornum
Mnium marginatum
Orthodicranum montanum
Pellia epiphylla
Phascum curvicolle
Phascum cuspidatum
Phascum floerkeanum
Plagiochila asplenioides
Plagiochila porelloides
Plagiomnium affine
Plagiomnium cuspidatum
Plagiomnium medium
Plagiomnium undulatum
Plagiothecium laetum
Plagiothecium succulentum
Pleurochaete squarrosa
Pleurozium schreberi
Pohlia cruda
Pohlia nutans
Polytrichum commune
Polytrichum formosum
Porella platyphylla
Pottia davalliana
Pottia intermedia
Pottia lanceolata
Pottia sp.
Pottia truncata
Pseudocrossidium hornschuchianum
Pterygoneurum ovatum
Rhizomnium punctatum
Rhytidiadelphus squarrosus
Rhytidiadelphus triquetrus
Rhytidium rugosum
Riccia cavernosa
Riccia glauca
Scapania nemorea
Scleropodium purum
Schistidium apocarpum
Thuidium delicatulum
Thuidium philibertii
Thuidium recognitum
Thuidium tamariscinum
Tortella inclinata
Tortella tortuosa
Tortula canescens
Tortula muralis
Tortula ruralis
Tortula ruralis ssp. ruralis
Weissia controversa
Weissia sp.

Seznam druhů zaznamenaných v agrocenózách na Slovensku (Kresáňová 2007). Dizertační práce.

Acaulon muticum
Aloina rigida
Amblystegium riparium
Amblystegium serpens
Anthoceros agrestis
Atrichum tenellum
Barbula convoluta
Barbula unguiculata
Brachythecium albicans
Brachythecium rutabulum
Brachythecium velutinum
Bryum argenteum
Bryum bicolor
Bryum caespiticium
Bryum capillare
Bryum erythrocarpum agg.
Bryum klinggraefii
Bryum rubens
Bryum ruderale
Bryum sauteri
Bryum subapiculatum
Bryum tenuisetum
Bryum violaceum
Ceratodon purpureus
Dicranella rufescens
Dicranella schreberiana
Dicranella staphylina
Dicranella varia
Didymodon acutus
Didymodon fallax
Didymodon vinealis
Ditrichum cylindricum
Entosthodon fascicularis
Entosthodon hungaricus
Ephemerum cohaerens
Ephemerum minutissimum
Ephemerum recurvifolium
Ephemerum serratum
Eurhynchium hians
Fissidens bryoides
Fissidens exilis
Fissidens taxifolius
Fossombronia wondraczekii
Funaria hygrometrica
Hypnum cupressiforme
Lophocolea bidentata
Marchantia polymorpha
Phaeoceros carolinianus
Phascum curvicolle
Phascum cuspidatum
Phascum floerkeanum
Plagiomnium affine
Pleuridium acuminatum
Pohlia wahlenbergii
Pottia davalliana
Pottia intermedia
Pottia lanceolata
Pottia truncata
Pseudephemerum nitidum
Pterygoneurum ovatum
Pterygoneurum subsessile
Rhytidiadelphus squarrosus
Riccia bifurca
Riccia glauca
Riccia sorocarpa
Riccia warnstorfii
Thuidium abietinum
Weissia controversa
Weissia longifolia

Seznam druhů zaznamenaných v agrocenózách v Litvě (Andriušaitytė & Jukonienė 2013). Publikováno.

Abietinella abietina
Acaulon muticum
Amblystegium serpens
Anthoceros agrestis
Archidium alternifolium
Atrichum angustatum
Atrichum tenellum
Atrichum undulatum
Barbula convoluta
Barbula unguiculata
Blasia pusilla
Brachythecium albicans
Brachythecium rutabulum
Brachythecium salebrosum
Brachythecium velutinum
Bryum algovicum
Bryum argenteum
Bryum caespiticium
Bryum capillare
Bryum dichotomum
Bryum gemmilucens
Bryum klinggraeffii
Bryum pallens
Bryum pallescens
Bryum rubens
Bryum ruderale
Bryum subapiculatum
Bryum violaceum
Bryum weigelii
Calliergonella cuspidata
Campyliadelphus chrysophyllus
Campylium stellatum
Ceratodon purpureus
Dicranella cerviculata
Dicranella heteromalla
Dicranella rufescens
Dicranella schreberiana
Dicranella staphylina
Dicranella varia
Didymodon vinealis
Ditrichum heteromallum
Ditrichum pusillum
Encalypta streptocarpa
Entosthodon fascicularis
Ephemerum minutissimum
Ephemerum serratum
Fissidens taxifolius
Fissidens viridulus
Fossombronia wondraczekii
Funaria hygrometrica
Hypnum cupressiforme
Leptobryum pyriforme
Leptodictyum riparium
Marchantia polymorpha
Microbryum davallianum
Microbryum floerkeanum
Oxyrrhynchium hians
Pellia endiviifolia
Pellia epiphylla
Phaeoceros carolinianus
Phascum cuspidatum
Philonotis caespitosa
Physcomitriella patens
Physcomitrium pyriforme
Plagiomnium affine
Plagiomnium elatum
Plagiomnium ellipticum
Pleuridium subulatum
Pogonatum urnigerum
Pohlia annotina
Pohlia bulbifera
Pohlia camptotrachela
Pohlia drummondii
Pohlia lescuriana
Pohlia melanodon
Pohlia nutans
Pohlia wahlenbergii
Polytrichum juniperinum
Polytrichum piliferum
Protobryum bryoides
Pterygoneurum ovatum
Pterygoneurum subsessile
Racomitrium canescens
Rhytidiadelphus squarrosus
Riccia bifurca
Riccia cavernosa
Riccia ciliata
Riccia glauca
Riccia huebeneriana
Riccia sorocarpa
Tortula lanceolata
Tortula modica
Tortula truncata
Trichodon cylindricus
Weissia brachycarpa
Weissia controversa
Weissia squarrosa

Seznam druhů zaznamenaných v agrocenózách v Británii a Irsku (Preston et al. 2010). Publikováno.

Amblystegium serpens
Anthoceros
Anthoceros agrestis
Anthoceros punctatus
Atrichum undulatum
Barbula convoluta
Barbula unguiculata
Brachythecium rutabulum
Bryum argenteum
Bryum dichotomum
Bryum gemmiferum
Bryum klinggraeffii
Bryum rubens
Bryum ruderale
Bryum sauteri
Bryum sp.
Bryum subapiculatum
Bryum violaceum
Calliergonella cuspidata
Ceratodon purpureus
Dicranella schreberiana
Dicranella staphylina
Dicranella varia
Didymodon insulanus
Didymodon luridus
Entosthodon
Entosthodon fascicularis
Ephemerum minutissimum
Ephemerum recurvifolium
Ephemerum serratum s.l.
Fissidens bryoides
Fissidens incurvus
Fissidens sp.
Fissidens taxifolius
Fossombronia
Fossombronia pusilla
Fossombronia wondraczekii
Funaria hygrometrica
Hypnum cupressiforme
Kindbergia praelonga
Leptobryum pyriforme
Lunularia cruciata
Marchantia polymorpha
Microbryum davallianum
Microbryum floerkeanum
Microbryum rectum
Oxyrrhynchium hians
Phaeoceros
Phaeoceros laevis
Phascum cuspidatum
Physcomitrium
Pleuridium acuminatum
Pleuridium subulatum
Pohlia camptotrachela
Pohlia lescuriana
Pohlia melanodon
Pohlia wahlenbergii
Pseudephemerum nitidum
Rhytidiadelphus squarrosus
Riccia glauca
Riccia sorocarpa
Sphaerocarpos
Tortula modica
Tortula muralis
Tortula truncata
Trichodon cylindricus
Weissia brachycarpa
Weissia controversa
Weissia longifolia