

MOHOU BÝT ÚHORY REFUGII VZÁCNÝCH A OHROŽENÝCH DRUHŮ ROSTLIN?

CAN FALLOWS ACT AS A REFUGEE OF RARE AND ENDANGERED PLANT SPECIES?

Martina Fabšičová¹, Tomáš Vymyslický²,
Martina Horáčková³ & Jana Kurová⁴

¹ Botanický ústav Akademie věd ČR, v. v. i., Oddělení vegetační ekologie,
Lidická 25/27, CZ–602 00 Brno; fabsicova@ibot.cas.cz

² Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Zahradní 1, CZ–664 41 Troubsko; vymyslicky@vupt.cz

³ Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze,
Benátská 2, CZ–128 01 Praha 2; eskela@post.cz

⁴ Mendelova univerzita v Brně, Ústav lesnické botaniky, dendrologie a geobiocenologie,
Zemědělská 1, CZ–613 00 Brno; J.Kurova@seznam.cz

Abstract: Vegetation dynamics of artificially established small sized fallows was studied in the Podyjí National Park. Newly created fallows were used as an alternative management of grasslands to increase landscape diversity. Permanent plots were established in a) periodically disturbed abandoned fields (fallows), b) areas with a spontaneous succession and c) managed grasslands in the neighbourhood.

Fallows help many plant species to reproduce from the soil seed bank. Phytosociological analysis shows large differences among localities and plots occurred in different stages of succession. Ordinary species of arable landscape prevailed together with species typical of balks and field margins. Several plant species which disappeared many years ago in the area of the national park were discovered again (*Thymellea passerina*, *Adonis flammea*, *Tordylium maximum*). Massive occurrence of invasive and/or expansive species was not recorded during the experiment.

The soil seed bank plays a crucial role in the vegetation restoration of fallows on plots in isolated localities. While recent vegetation on fallows reflects the soil seed bank composition, species composition of grassland vegetation completely differs. In this case, restored grassland vegetation reflects the management history. From the nature conservation point of view, fallows considerably increase the landscape diversity and could be used as an alternative management practice.

Key words: abandoned fields, soil seed bank, grassland restoration, small-scale management, succession.

ÚVOD

V posledních desetiletích došlo v Evropě k rozsáhlému poklesu biodiverzity lučních společenstev, zejména v souvislosti s fragmentací přirozených ekosystémů včetně

luk (MIKO & HOŠEK 2009). Fragmentace krajiny a ztráta propojení jednotlivých krajinných segmentů, jako byly meze, úvozy či drobná stepní lada vede k izolaci společenstev a tím k poklesu jejich diverzity. Tyto změny jsou nejčastěji odrazem intenzivního zemědělského využívání krajiny v posledních 60–70 letech a opuštění tradičních způsobů obhospodařování, jako je např. pravidelné kosení, pastva, hrabání steliva, úhorový systém hospodaření v marginálních oblastech (SOONS 2003, KRAUSMANN 2004, BUTAYE et al. 2005, GÖRN et al. 2014). Všechny zmíněné jevy vedou k výraznému poklesu počtu druhů („species pool“), které vyžadují biotopy s narušovaným půdním povrchem, včetně poklesu zásob semen v půdní semenné bance (BUTAYE et al. 2005).

Jedním z možných způsobů zvýšení biodiverzity lučních porostů, kromě tradičního managementu, je vytváření maloplošných úhorů. Úhor je definován jako dříve zemědělsky využívaná půda (pole), pouze dočasně ponechaná bez obhospodařování. V našem pojetí za úhor považujeme také mladá vývojová (sukcesní) stadia vegetace, která vznikla po rozorání luk a zarostlých ploch. Tyto plochy spojuje skutečnost, že byly v minulosti (před desítkami let) obhospodařovanými poli. Úhorové plochy v krajině je z hlediska dosažení maximálního stupně biodiverzity vhodné udržovat v raných stádiích sukcese, tj. každých několik let provést disturbance – orbu, diskování, intenzivní pastvu. V dnešní antropicky silně ovlivněné krajině úhory často tvoří ekotony, tj. přechodové zóny mezi plochami s polopřirozenou (louky) nebo přirozenou (stepi) vegetací a polními kulturami. Úhory zvyšují biodiverzitu rostlin a živočichů, z nichž řada patří k vzácným či ohroženým druhům. Zároveň poskytují živočichům potravní zdroje a útočiště v homogenní zemědělské krajině (SOONS 2003, BUTAYE et al. 2005, PENK 2007), kterou člení do menších celků a vytvářejí tak její mozaikovitou strukturu (KLAUDISOVÁ 1978, OSBORNOVÁ et al. 1990). V neposlední řadě mají úhory také estetickou funkci, reprezentovanou například barevností později kvetoucích druhů rostlin v podzimním období, kdy okolní luční porosty jsou již odkvetlé.

Sukcese vegetace na úhorech může probíhat různými způsoby. Směry sukcese jsou závislé na mnoha faktorech, ale mezi ty hlavní patří trofická úroveň lokality, species pool včetně půdní semenné banky a semenného deště a také klimatické podmínky v daném roce. Jednou z možných variant vývoje vegetace je stadium s ruderními druhy v prvních třech letech sukcese (LUTMAN et al. 2002, WELLSTEIN et al. 2007). Další možností je oligotrofní varianta, při které se ruderní druhy v hojnější míře neuplatňují, v raných fázích vývoje převládají jednoleté a dvouleté druhy, které jsou záhy nahrazeny trávami a dalšími vytrvalými druhy (PRACH & PYŠEK 2001, BOS-SUYT & HONNAY 2008).

Doposud byla výzkumu sukcese rostlinných společenstev na úhorech střední Evropy věnována pouze minimální pozornost. Dostupné studie se zaměřují především na srovnání nadzemní vegetace s půdní semennou bankou, případně na změnu půdních podmínek stanovišť.

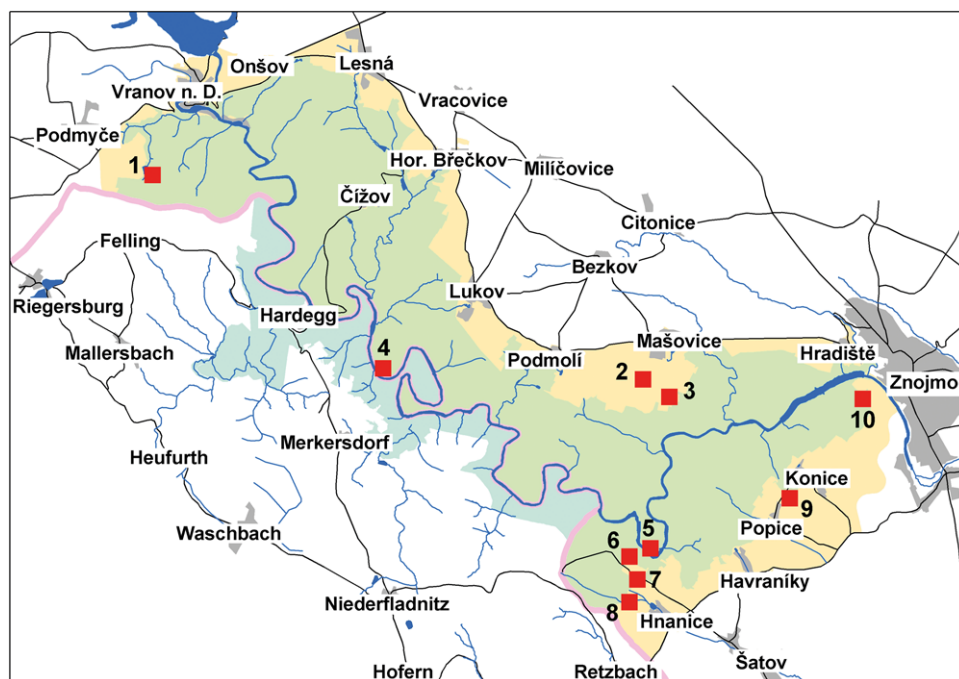
Cílem projektu bylo testování vlivu jednotlivých typů zásahů na složení vegetace a půdní semenné banky. Studium vegetačních změn po opětovném rozorání části opuštěných polí bylo podkladem pro navrzení maloplošného managementu ploch s cílem vytvořit a udržet druhově rozmanité ekosystémy úhorů, které by zároveň plnily funkci refugií vzácných a ohrožených druhů rostlin a živočichů.

Položili jsme si následující otázky:

1. Jaké je druhové složení vegetace na nově vytvořených úhorech a jak se mění v čase?
2. Jaká je role půdní semenné banky při tvorbě vegetace na úhorech?
3. Jsou v půdní semenné bance obsaženy diaspory vzácných a ohrožených druhů? Vyklíčí z půdní semenné banky na nově zoraných plochách?
4. Šíří se na nově vzniklých úhorech ve větší míře ruderální či invazní druhy?

METODIKA

V oblasti Národního parku Podyjí bylo vybráno celkem deset experimentálních lokalit, na kterých probíhal v letech 2009–2012 výzkum vegetace a půdní semenné banky. Lokality byly vybírány podle následujících kritérií – stáří louky, izolovanost louky (vzdálenost od zdroje diaspor, v tomto případě tedy další nejbližší louky) a způsob obhospodařování. Lokality jsou znázorněny na mapě studovaného území - viz obr. 1. Jednalo se o suché (*Koelerio-Phleion phleoidis* Korneck 1974) a mezofil-

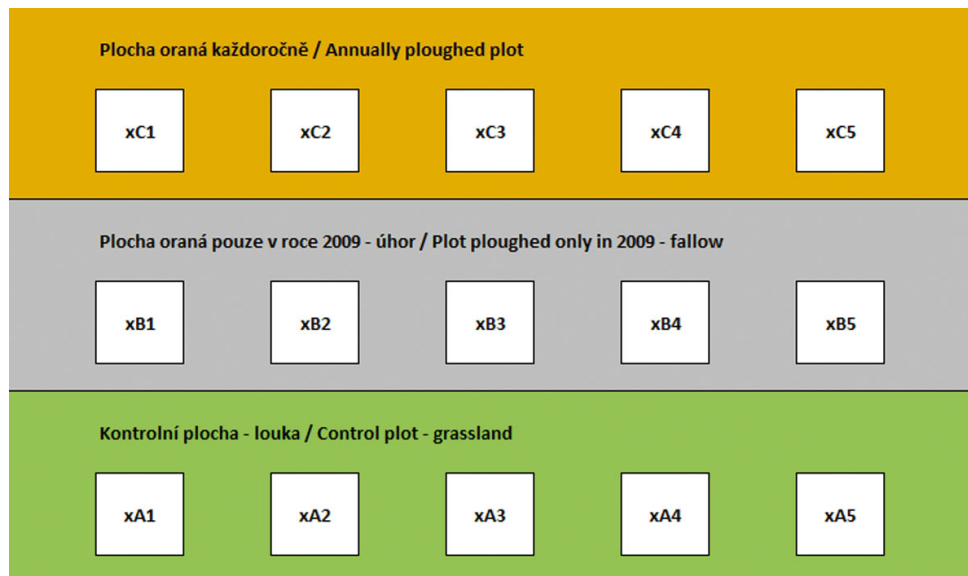


Obr. 1. Mapa studovaného území s vyznačením lokalit: 1– Jejkal, 2, 3 – Mašovice, 4 – Gáliš, 5 – Šobes, 6 – Fládnitzská chata, 7, 8 – Hnanice, 9 – Popice-Konice, 10 – Kraví hora.
Fig. 1. Map of the study area – marked localities: 1– Jejkal, 2, 3 – Mašovice, 4 – Gáliš, 5 – Šobes, 6 – Fládnitzská chata, 7, 8 – Hnanice, 9 – Popice-Konice, 10 – Kraví hora.

ní (*Arrhenatherion* Koch 1926) trávníky. Ve vegetaci suchých trávníků převažovaly druhy jako *Agrostis capillaris*, *Achillea millefolium* agg., *Anthoxanthum odoratum*, *Eryngium campestre*, *Festuca ovina* agg., *F. rubra* agg., *F. rupicola*, *Galium valde-pilosum*, *G. verum*, *Hieracium pilosella*, *Lotus corniculatus*, *Pimpinella saxifraga*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Potentilla argentea*, *Vicia tetrasperma*. V mezofilních loukách svazu *Arrhenatherion* převažovaly druhy *Arrhenatherum elatius*, *Calamagrostis epigejos*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra* agg., *Lotus corniculatus*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Ranunculus acris*, *Trifolium pratense*, *Trisetum flavescens*, *Veronica chamaedrys* agg.

Na každé lokalitě byly hodnoceny tři zásahy: (C) každoroční orba, (B) orba jen na počátku experimentu a pak ponechání spontánní sukcesí (úhor), (A) kosená louka (kontrolní plocha). Kontrolní plochy byly ovšem podle údajů z archivních materiálů Správy NP Podyjí před 30–70 lety obhospodařovanými poli. Z důvodu omezeného počtu vhodných lokalit bylo na každé louce vymezeno více ploch. V každém typu zásahu v rámci lokality bylo založeno pět trvalých ploch o velikosti 4 × 4 m. Experimentální design trvalých ploch je znázorněn na obr. 2. Na trvalých plochách byly dvakrát ročně v květnu a v srpnu zapisovány fytoocenologické snímky pomocí sedmičlenné Braun-Blanquetovy stupnice. Fytoocenologické snímky byly zapsány do programu TURBOVEG for Windows (HENNEKENS & SCHAMINÉE 2001).

Pro statistické zpracování v programech R (R CORE TEAM 2013) a Canoco (TER BRAAK & ŠMILAUER 2012) byly fytoocenologické snímky z jara a léta z každého roku



Obr. 2. Design studovaných ploch. X označuje studovanou lokalitu – viz obr. 1.
Fig. 2. Design of permanent plots. X means the number of studied locality – see Fig. 1.

sloučeny, jelikož nás zajímaly především změny mezi jednotlivými roky a nikoliv vliv fenologie a případného posunu vegetační sezóny (například vlivem studeného či suchého jara). Pro každý druh byla vybrána vyšší z obou hodnot pokryvností. Pro vyhodnocení variability shromážděných druhových dat byla použita ordinační analýza. Vzhledem k nehomogennímu rozložení druhových dat a obloukovému efektu (arch effect) byla použita parciální detrendovaná redundanční analýza (DCCA). Jako kovariáty v modelu vystupovaly jednotlivé lokality, jako vysvětlující faktory byly použity: rok, ve kterém probíhal výzkum vegetace a typ zásahu. Podobnost mezi prostorovými záznamy vegetačních snímků na dané lokalitě v rámci stejného zásahu byla řešena pomocí nastavení permutačního testu. Permutační testy byly omezeny pomocí specifikace split-plot designu z důvodu, že jednotlivá měření v rámci stejného zásahu nelze brát jako nezávislá pozorování. V tomto modelu bylo složení vegetace randomizováno proti faktorů typ zásahu úplně a jednotlivé prostorové záznamy byly ponechány bez randomizace. Pro testování signifikance byl použit Monte-Carlo permutační test s 3000 permutacemi. Signifikance jednotlivých vysvětlujících faktorů byla testována pomocí procedury postupného výběru s přidáváním (forward selection). Pro úpravu pokryvnosti druhů byla před analýzami použita logaritmická transformace dat. Analýza byla provedena v programu Canoco 5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2012).

Pro popis funkčního složení společenstva byl použit koncept CSR strategií (GRIME 1979) odrážející schopnost druhu vyrovnat se se stresem, disturbancemi a kompeticí. Příslušnost ke třem základním typům strategií byla vyjádřena pomocí metody fuzzy coding. Funkční vlastnosti byly v ordinačním diagramu pasivně zobrazeny jako vážené průměry CWM (community-weighted means). CWM se vypočítá jako průměrná hodnota funkčního znaku pro daný vzorek, vydělená relativní abundancí příslušného druhu. CWM indikuje dominantní funkční znaky ve společenstvu. Příslušnost k jednotlivým CSR strategiím byla získána z databáze BIOLFLOR (KLOTZ et al. 2002).

Typ půdní semenné banky pro jednotlivé druhy byl získán z databáze LEDA (KLEYER et al. 2008) a vyjádřen pomocí longevity indexu (BEKKER et al. 1998). Longevity index vyjadřuje životnost semen v půdní semenné bance. Je počítán jako podíl počtu všech záznamů, kde byl danému druhu přiřazen typ přetrvávající semenné banky v poměru k počtu všech záznamů (tzn. typ přetrvávající semenné banky + typ přechodné semenné banky). Hodnoty indexu se pohybují od 0 (druh nevytváří přetrvávající semennou banku) do 1 (druh vytváří pouze přetrvávající semennou banku). Hodnoty longevity indexu byly spočítány pro jednotlivé fytoecologické snímky. Jelikož data nesplňovala předpoklad normality a homogenity rozptylů, byl pro výpočet změn longevity indexu a zastoupení jednotlivých strategií (CSR) v čase na plochách s různým typem managementu použit neparametrický Kruskal-Wallisův test.

Studium semenné banky na sledovaných lokalitách probíhalo podle metodiky TER HEERDT et al. (1996). Studium semenné banky bylo předmětem výzkumu v rámci diplomových prací Jany Kůrové (KŮROVÁ 2012) a Martiny Entové (ENTOVÁ 2013).

Nomenklatura: Nomenklatura taxonů rostlin je uvedena podle KUBÁT et al. (2002), syntaxonů podle CHYTRÝ et al. (2007), vzácné a ohrožené druhy jsou uvedeny podle GRULICH (2012), invazní druhy podle PÝŠEK et al. (2012).

VÝSLEDKY

Získaná data jsou velmi variabilní, byly zjištěny rozdíly jak v druhovém složení mezi jednotlivými lokalitami a mezi různými zásahy (A, B, C), tak i mezi jednotlivými roky. Obecně je signifikantní rozdíl mezi lokalitami na západě a na východě. Ve vegetaci suchomilných luk (lokality 2, 3, 6, 7, 9, 10 – viz obr. 1) dominovaly druhy *Achillea millefolium* agg., *Arrhenatherum elatius*, *Agrimonia eupatoria*, *Calamagrostis epigejos*, *Centaurea jacea*, *Dianthus carthusianorum*, *Elytrigia repens*, *Eryngium campestre*, *Falcaria vulgaris*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra* agg., *Festuca rupicola*, *Fragaria viridis*, *Hypericum perforatum*, *Leontodon hispidus*, *Luzula campestris*, *Picris hieracioides*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis* agg., *Potentilla argentea*, *Sanquisorba minor* či *Trifolium campestre*; zatímco ve vegetaci mezofilních luk (lokality 1, 4, 5, 8) se nejčastěji vyskytovaly druhy jako *Arrhenatherum elatius*, *Alopecurus pratensis*, *Avenula pubescens*, *Campanula patula*, *Cerastium holsteoides*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra* agg., *Galium verum*, *Lathyrus pratensis*, *Lysimachia nummularia*, *Mentha arvensis*, *Poa pratensis* agg., *Prunella vulgaris*, *Rumex acetosa*, *Stachys palustris*, *Stellaria graminea* a *Veronica chamaedrys*. Byl nalezen překryv rostlinných druhů v obou typech luk. Z tohoto důvodu jsme lokality hodnotili dohromady.

Na opakovaně oraných plochách se vyskytovaly jednoleté a efemerní druhy, převážně polní plevele např. *Anagallis arvensis*, *Arabidopsis thaliana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Erodium cicutarium*, *Erophila verna*, *Fallopia convolvulus*, *Chenopodium album* agg., *Lamium amplexicaule*, *Polygonum aviculare* agg., *Raphanus raphanistrum*, *Setaria viridis*, *Sinapis arvensis*, *Thlaspi arvense*. Na jednotlivých lokalitách se na oraných plochách v různé vlhkých letech vyskytovaly rozdílné dominantní druhy.

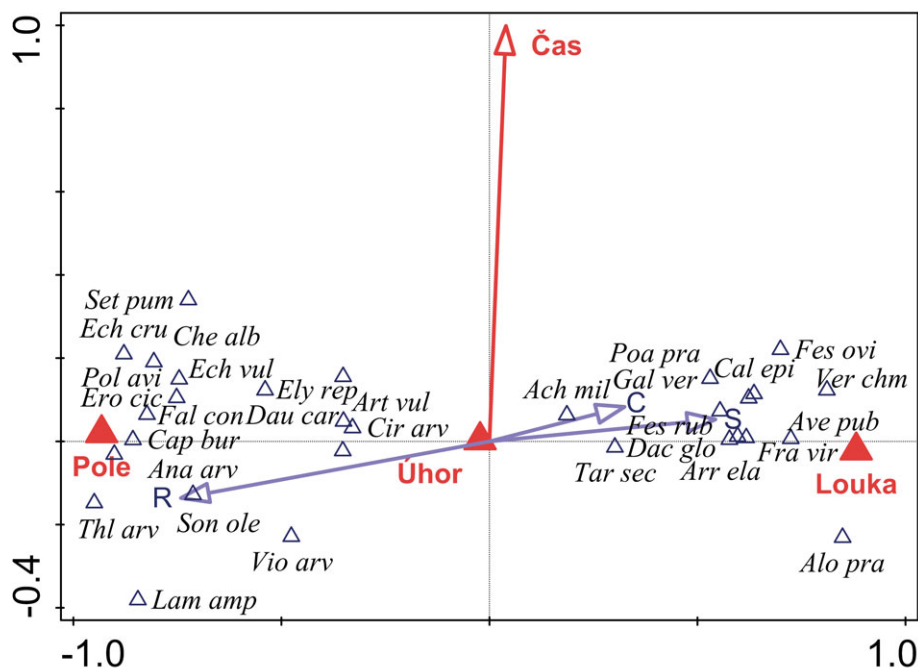
Ve vlhkém roce 2010 se kromě běžných ruderalních a segetálních druhů vyskytly často i vlhkomilné druhy (*Epilobium tetragonum*, *Gnaphalium uliginosum*, *Juncus bufonius*, *Myosotis palustris* agg.). Naopak v suchých letech 2011 a 2012 dominovaly suchomilné ruderalní a segetální druhy (*Echium vulgare*, *Chenopodium album* agg., *Picris hieracioides*, *Polygonum aviculare* agg.), často i C4 trávy (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria viridis*, *S. pumila*) a vlhkomilné druhy z předchozí skupiny se na lokalitách téměř nebo vůbec nevyskytovaly.

Na plochách ponechaných spontánní sukcesi (B) dominovaly vytrvalé byliny a trávy ruderalních stanovišť (*Agrostis capillaris*, *Arrhenatherum elatius*, *Cichorium intybus*, *Elytrigia repens*, *Fragaria viridis*, *Hieracium pilosella*, *Hypericum perforatum*, *Plantago lanceolata*, *Poa pratensis*, *Potentilla argentea*). Během let postupoval vývoj od jednoletek (*Arenaria serpyllifolia*, *Polygonum aviculare* agg., *Tripleurospermum inodorum*, *Valerianella locusta*, *Viola arvensis*), přes druhy ozimé či dvouleté (*Anthemis arvensis*, *Cirsium vulgare*, *Conyza canadensis*, *Daucus carota*, *Epilobium tetragonum*), až po druhy vytrvalé (*Achillea millefolium* agg., *Carlina vulgaris*, *Centaurea jacea*, *Geum urbanum*, *Taraxacum* sect. *Ruderalia*).

Na lučních plochách (zásah A – kontrola) převažovaly běžné luční druhy, např. *Arrhenatherum elatius*, *Avenula pubescens*, *Calamagrostis epigejos*, *Dactylis glomerata*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra* agg., *Lotus corniculatus*, *Plantago media*, *Poa pratensis*, *Ranunculus acris*, *Trifolium pratense*, *Trisetum flavescens*, *Veronica chamaedrys* agg. Ve druhovém složení docházelo pouze k drobným fluktuacím. Tyto

fluktuace byly velmi pravděpodobně způsobeny vlivem klimatických podmínek a rozdílného managementu v jednotlivých letech.

Výsledky ordinačních analýz jsou prezentovány na obrázcích 3 a 4. Na ordinačním diagramu (viz obr. 3) se oddělily druhy typické pro plochy každoročně orané (pole) a kontrolní plochy (louka). Nebyly nalezeny žádné druhy typické pouze pro



Obr. 3. Výsledky ordinace snímků metodou parciální analýzy DCCA s pasivně vloženými funkcemi vlastnostmi rostlin. Na ordinačním diagramu je znázorněna korelace druhového složení, typu zásahu a času.

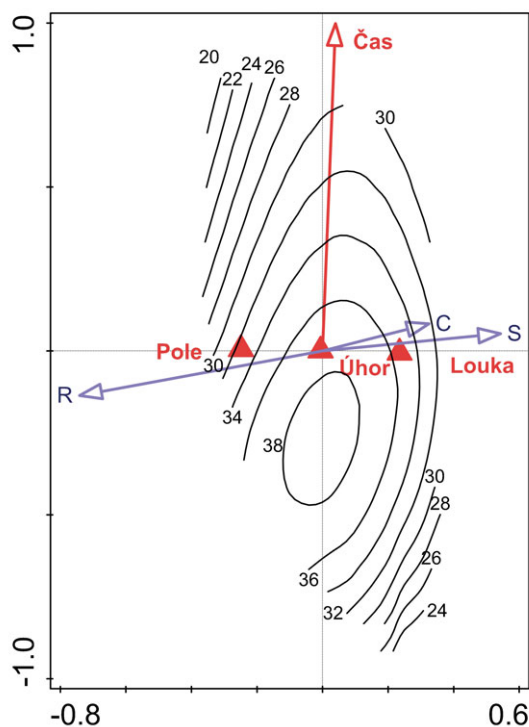
Fig. 3. Ordination of species data by the method of partial DCCA analysis with passively projected plants functional traits. Graphical presentation of relation of species composition on treatment and time. Pole = field, čas = time, úhor = fallow, louka = grassland.

Zkratky druhů uvedených v diagramu / Shortcuts of the species displayed in the diagram:

Ach mill – *Achillea millefolium* agg., *Alo pra* – *Alopecurus pratensis*, *Ana arv* – *Anagallis arvensis*, *Arr ela* – *Arrhenatherum elatius*, *Art vul* – *Artemisia vulgaris*, *Ave pub* – *Avenula pubescens*, *Cal epi* – *Calamagrostis epigejos*, *Cap bur* – *Capsella bursa-pastoris*, *Cir arv* – *Cirsium arvense*, *Dau car* – *Daucus carota*, *Dac glo* – *Dactylis glomerata*, *Ech cru* – *Echinochloa crus-galli*, *Ech vul* – *Echium vulgare*, *Ely rep* – *Elytrigia repens*, *Ero cic* – *Erodium cicutarium*, *Fal con* – *Fallopia convolvulus*, *Fes ovi* – *Festuca ovina* agg., *Fes rub* – *Festuca rubra* agg., *Fra vir* – *Fragaria viridis*, *Gal ver* – *Galium verum*, *Che alb* – *Chenopodium album* agg., *Lam amp* – *Lamium amplexicaule*, *Poa pra* – *Poa pratensis*, *Pol avi* – *Polygonum aviculare* agg., *Set pum* – *Setaria pumila*, *Son ole* – *Sonchus oleraceus*, *Tar sec* – *Taraxacum* sect. *Ruderalia*, *Thl arv* – *Thlaspi arvense*, *Ver chm* – *Veronica chamaedrys*, *Vio arv* – *Viola arvensis*.

úhorové plochy (B), ani druhy, jejichž výskyt by na sledovaných lokalitách prokazatelně narůstal v čase. Nejvyšší počty druhů se vyskytují na úhorových plochách, jedná se ale většinou o kombinaci druhů lučních a druhů rostoucích na plochách každoročně oraných. Signifikance analýzy byla testována Monte Carlo permutačním testem na hladině významnosti $p > 0,05$. Analýza vyšla jako statisticky signifikantní ($p = 0,00033$). Výsledky analýzy shrnuje tab. I.

Z hlediska životních strategií měli na všech typech zásahů největší zastoupení C-stratégové (50–70 %). Nebyly nalezeny signifikantní rozdíly mezi zásahy ani změny v zastoupení C-stratégů v čase (viz obr. 4). Zastoupení R-stratégů (30–40 %) bylo nejvyšší u oraných ploch. U louky a úhoru zastoupení R-stratégů klesalo v čase ($p < 0,001$) a úhor se přibližoval louce. Výskyt S-stratégů se pohyboval v rozpětí 10–25 % s maximem na úhoru a minimem na louce, které bylo dosaženo v posledním roce sledování. Na orané ploše zastoupení S-stratégů signifikantně klesalo ($p < 0,001$).



Obr. 4. Ordinance druhových dat metodou parciální analýzy DCCA s pasivně vloženými funkčními vlastnostmi rostlin. Grafické znázornění závislosti počtu druhů na jednotlivých zásazích, CSR životních strategiích a čase.

Fig. 4. Ordination of species data by the method of partial DCCA analysis with passively projected plants functional traits. Graphical presentation of relation of the number of species on individual treatments, CSR life strategies and time. Pole = field, čas = time, úhor = fallow, louka = grassland.

Tab. I. Souhrnná tabulka analýzy DCCA
 Tab. I. Overall table of DCCA analysis

charakteristika / characteristics	osa / axis 1	osa / axis 2	osa / axis 3	osa / axis 4
eigenvalues / eigenvalues	0,36	0,05	0,19	0,16
vysvětlená variabilita (kumulativní) / explained variability (cumulative)	5,76	6,51	9,52	12,11
pseudo-canonická korelace / pseudo-canonical correlation	0,96	0,80	0,00	0,00
vysvětlená fitovaná variabilita (kumulativní) / explained fitted variability (cumulative)	71,42	80,81		
pseudo-kanonická korelace (doplňková) / pseudo-canonical correlation (additional)	0,87	0,13	0,47	0,40

Jak na úhorech, tak i na loukách nebyly změny hodnot longevity indexu v čase statisticky významné (detaily viz tabulka II). Nejvyšší hodnoty byly zjištěny na oraných plochách, kde byl pozorován i jeho statisticky významný nárůst v čase ($p < 0,001$, viz tabulka II). Na úhorech byl index nižší a postupně s časem klesal. Na louce dosahoval longevity index nejnižších hodnot a téměř nedocházelo k jeho změnám. Nárůst hodnot longevity indexu na oraných plochách byl způsoben faktem, že postupně přibývají plevelné rostliny vytvářející dlouhodobou semennou banku, zatímco zastoupení těchto druhů na úhorech a loukách se příliš nemění. Na úhorech nebyl zjištěn masivní výskyt invazních nebo expanzivních druhů rostlin a to i přesto, že zmiňovaný nárůst hodnot longevity indexu byl způsoben převážně ruderálními a plevelnými druhy. Časté byly archeofyty (*Arrhenatherum elatius*, *Cirsium arvense*, *Echinochloa crus-galli*), invazní druhy byly naopak poměrně vzácné. Druh *Solidago gigantea* se vyskytoval hojně jen na jedné lokalitě a druhy *Conyza canadensis* a *Eriogeron annuus* se na úhorech vyskytovaly pouze roztroušeně. Vzhledem k charakteru jejich životního cyklu lze předpokládat vymizení těchto druhů v průběhu sukcese.

Na úhorech byly nalezeny druhy z Červeného seznamu cévnatých rostlin ČR: *Anagallis foemina*, *Filago arvensis*, *Galium spurium*, *Chondrilla juncea*, *Linaria genistifolia*, *Silene noctiflora*. Tyto druhy se vyskytovaly zejména na úhorech ve východní části NP Podyjí a v prvních letech trvání experimentu. Zmíněné druhy preferují časná sukcesní stadia v prvních dvou, maximálně třech letech následujících po orbě. Každoroční pravidelná orba těmto druhům svědčí méně, nežli ponechání dvou či tříletého úhoru.

Na některých lokalitách v bezprostřední blízkosti studovaných ploch se v přechodové zóně úhorů a polních kultur vyskytly i jiné vzácné a ohrožené druhy: *Adonis flammea*, *Ajuga chamaepitys*, *Alcea biennis*, *Bupleurum rotundifolium*, *Filago lutescens*, *Hyoscyamus niger*, *Thymelaea passerina*, *Tordylium maximum* a *Valerianella ramosa*. Tyto druhy přežívají především v půdní semenné bance a vyklíčí za vhodných klimatických podmínek a po disturbanci půdního povrchu. Podrobnější výsledky studia půdní semenné banky úhorových lokalit jsou k dispozici v diplomových pracích Jany Kůrové (KŮROVÁ 2012) a Martiny Entové (ENTOVÁ 2013).

Tab. II. Změny hodnot longevity indexu a příslušností k jednotlivým typům CSR strategie v čase pro jednotlivé typy zásahu, Kruskal-Wallisův test, zobrazeny p-hodnoty, ns = neprůkazný výsledek ($p > 0,05$), šipky ukazují růst (↑) či pokles (↓) dané vlastnosti v čase

Tab. II. Changes in Longevity index values and affiliations with RCS strategies in time in individual types of treatment, Kruskal-Wallis test, p-values and n.s. values ($p > 0,05$) are shown, arrows show increase (↑) or decrease (↓) of given characteristic through time

	oraná plocha (A) ploughed site (A)	úhor (B) fallow (B)	louka (C) grassland (C)
longevity index	p < 0.001 (↑)	ns	ns
příslušnost k R strategii / affiliation with R strategy	ns	p < 0.001 (↓)	p < 0.001 (↓)
příslušnost k C strategii / affiliation with C strategy	ns	ns	ns
příslušnost k S strategii / affiliation with S strategy	p < 0.001 (↓)	ns	ns

DISKUSE

Na sledovaných plochách převažovaly běžné druhy dané oblasti. Nejvyšší počty druhů byly zaznamenány na úhorových plochách. Jednalo se většinou o kombinaci lučních druhů a druhů rostoucích na plochách každoročně oraných. U každoročně oraných ploch postupem času narůstala abundance ruderalních a plevelných druhů, což je zmiňováno i některými autory z jiných území (VÉCRIN et al. 2002, JONGEPIEROVÁ & KLIMEŠ 2004, SMUTNÝ et al. 2005, JONGEPIEROVÁ 2008). Je to dáno především velkou produkcí semen těchto druhů, vedoucí ke každoročnímu zvyšování množství semen v půdní semenné bance. Tento efekt byl pozorovaný na většině studovaných ploch a vyústil v praktické doporučení prostorové rotace úhorových ploch. S postupující sukcesí ruderalní druhy na plochách ubývaly.

Některé studie naopak popisují sukcesí vegetace na úhorech bez větší účasti ruderalních druhů. Časná sukcesní stadia zoraných travních porostů, opuštěných polí, nebo travních porostů po odstranění drnu obsahují jen minimum ruderalních druhů (CHYTRÝ et al. 2001, BOSSUYT & HERMY 2003, VÉCRIN & MULLER 2003, JONGEPIEROVÁ & KLIMEŠ 2004, LAWSON et al. 2004). Během sukcese se vzrůstajícím časem počet druhů roste, zatímco počty ruderalních, jednoletých a plevelných druhů postupem času klesají (VÉCRIN & MULLER 2003, VON BLACKENHAGEN & POSCHLOD 2005).

Na výsledné složení rostlinného společenstva mají vliv nejen druhy rostoucí aktuálně na lokalitě, ale i druhy zastoupené v půdní semenné bance (KŮROVÁ 2012, ENTOVÁ 2013) a semenný déšť (přísun semen na lokalitu z okolních ploch). Všechny tyto faktory vytvářejí „species pool“, který je charakteristický pro danou lokalitu a podmiňuje její rekolonizační možnosti a také určuje směry sukcese vegetace (JONGEPIEROVÁ & KLIMEŠ 2004, VON BLACKENHAGEN & POSCHLOD 2005, VERHAGEN et al. 2001).

Disturbance půdního povrchu má pozitivní vliv na biodiverzitu rostlinného společenstva, orbou jsou semena vynesena na povrch půdy a dostanou tak šanci vyklíčit.

Z hlediska rostlinné biodiverzity jsou druhově nejbohatší sukcesní stadia mezi opuštěnými poli popisována z bazických substrátů v nejteplejších oblastech ČR

(PRACH et al. 2008, SOUKUPOVÁ 1984). Část úhorů v oblasti NP Podyjí sice spadá mezi nejteplejší oblasti ČR, ale zároveň se nenacházejí na bazických substrátech. Logicky tedy nepatří mezi druhově nejbohatší, i když nalezené počty druhů rostlin, pohybující se kolem 45 druhů na plochu snímku 4 × 4 metry, jsou rozhodně vysoké. Na druhé straně, vysoký obsah živin v půdě, hlavně dusíku, na mnoha lokalitách podporuje mohutný rozvoj několika dominantních ruderálních druhů bylinného patra, které velmi výrazně konkurenčně omezí, až znemožní výskyt kompetičně slabších druhů a později i nástup dřevin. Jedná se zejména o pýrové (3.–8. rok) a ovsíkové (8.–10. rok) stádium sukcese (PRACH et al. 2008).

Při studiu sukcesních stadií na antropogenních stanovištích v ČR byly jako nejčastější dominanty iniciálních stadií nalézány druhy *Apera spica-venti*, *Chenopodium album*, *Galium aparine*, *Juncus bufonius*, *Papaver rhoeas*, *Persicaria lapathifolia*, *Stellaria media*, *Tripleurospermum inodorum*. Pro mladá sukcesní stadia pak byly nejčastějšími druhy *Artemisia vulgaris*, *Carduus acanthoides*, *Cirsium arvense*, *Elytrigia repens*, *Glechoma hederacea*, *Hypericum perforatum*, *Juncus effusus*, *Ranunculus repens* (PRACH et al. 2008, SOUKUPOVÁ 1984).

Pokud tyto výsledky srovnáme s iniciálními a mladými sukcesními stadii na studovaných lokalitách, jejich druhové složení je obdobné. Pouze druh *Calamagrostis epigejos* se po několika letech vracel zpět na úhor, kde byl prvních několik let po orbě zcela eliminován.

Z hlediska zastoupení jednotlivých CSR strategií je zajímavý nízký výskyt S strategií a to i na louce, kde by se dalo očekávat jejich vyšší zastoupení. Právě snižující se zastoupení R strategií a zvyšující se zastoupení C strategií v čase se jeví jako jeden z indikátorů přibližování úhoru během sukcese směrem k louce. V našem případě na loukách dominovali C strategií, možná jako důsledek agrární minulosti sledovaných lokalit. Nízké zastoupení S strategií v loukách může také odrážet v minulosti nedostatečně uplatňovaný management (kosení), který by omezoval kompetici a tím podporoval výskyt S strategií. Tímto způsobem se zřejmě studované louky v NP Podyjí odlišují od staletých luk s pravidelným kosením, například od luk v Bílých Karpatech (JONGEPIEROVÁ 2008).

Na základě analýzy dat jsme zjistili, že vzácné a ohrožené druhy rostlin se vyskytovaly pouze zřídka. Sporadické výskyty vzácných a ohrožených druhů rostlin se dají v našem případě vysvětlit ruderalní minulostí ploch – všechny plochy byly v blízké či vzdálenější minulosti poli. Podobné výsledky byly zjištěny ze sukcese suchých vápnomilných trávníků Evropy autory ŌDMAN et al. (2012).

Kriticky ohrožený druh *Pseudognaphalium luteoalbum* byl nalezen jako zcela nový druh pro NP Podyjí. Rostliny tohoto druhu vyklíčily z půdního vzorku odebraného ze semenné banky na jedné ze studovaných lokalit (Hnanice – úhor na okraji potoka Daníže asi 1,2 km ZSZ od kostela v obci). Podrobnosti jsou uvedeny v článku Entové (ENTOVÁ 2011).

SHRNUTÍ A ZÁVĚRY PRO PRAXI

Podle našich výsledků je opětovná orba opuštěných polí nebo luk, s následným ponecháním přirozené sukcese, vhodným typem managementu pro zvyšování biodiverzity a mozaikovitosti krajiny. Úhory umožňují především jednoletým (efemérním) a dvouletým druhům reprodukovat se z půdní semenné banky. Tento způsob regene-

race z půdní semenné banky je velmi významný především v oblastech bez dostatku zdrojů diaspor vhodných druhů v okolí.

Na úhorech převažují druhy běžně se vyskytující v kulturní krajině, na polních okrajích a mezích. Výskyt invazních nebo expanzivních druhů je minimální, což je podstatné z hlediska ochrany přírody i zemědělství. U některých vzácných a ohrožených druhů se potvrdil předpoklad, že úhory mohou v krajině fungovat jako jejich významná refugia. Ruderální druhy z našich úhorových ploch s časem rychle ubývaly, jejich nárůst byl pozorován pouze na několika lokalitách u každoročně oraných ploch. Z toho vyplývá, že ruderální druhy nepředstavují významnější riziko z hlediska maloplošného úhorového managementu lučních porostů.

Na základě našich výsledků bychom každoroční orbu všech úhorových ploch nedoporučovali. Naopak, jako vhodné se jeví rotace ploch oraných, ploch jednoletých a ploch dvouletých v rámci jedné lokality. Existencí více menších, různě starých sukcesních stadií dosáhneme nejvyšší biodiverzity v rámci lokality. Některé plochy lze ponechat i spontánní dlouhodobější sukcesi tak, aby se udržela stadia hostící největší množství ohrožených a vzácných druhů rostlin, zejména ze skupiny xerothermických plevelů a ruderálů.

SUMMARY

According to our results the repeated ploughing of abandoned fields or grasslands, with subsequent natural succession, is suitable type of management for increasing both biodiversity and landscape mosaic. Fallows enable the annual (ephemeral) and biennial species to reproduce from the soil seed bank. Such a way of regeneration is very important especially in the areas without available sources of species diaspores. On fallows common species of agricultural landscape, field margins and balks prevail. The occurrence of invasive and expansive species is only marginal, which is essential from the point of view of nature conservation and agriculture. In some rare and endangered species it was confirmed, that fallows can play a role as important refuges. Ruderal species on our fallow plots significantly decreased in cover with time. The increase of cover was observed only on several ploughed plots of some localities. It can be concluded, that ruderal species do not represent significant risk from the point of view of small-plot fallow management within grasslands.

Based on our results the annual ploughing of all fallow plots cannot be recommended. On the contrary, the rotation of ploughed plots within one locality in three years cycle could be recommended. The highest biodiversity within a locality can be reached by the creation of mosaic of different successional stages. Some species-rich plots could be left to spontaneous long lasting succession. These plots are able to keep the exceptional diversity of endangered and rare plant species, mainly from the group of xerothermic weeds and ruderal species.

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování za konzultaci statistických analýz a laskavé pročtení rukopisu patří Mgr. Janu Šipošovi, Ph.D. Příspěvek vznikl částečně za institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace „Zemědělský výzkum, spol. s r. o.“, za finanční podpory MŠMT ČR (výzkumný záměr MSM 2629608001) a AV ČR, v. v. i. (výzkumný záměr AV0Z 60050516 a dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace – RVO 67985939).

LITERATURA

- BEKKER R., BAKKER J., GRANDIN U., KALAMEES R., MILBERG P., POSCHLOD P., THOMPSON K. & WILLEMS J. H. (1998): Seed size, shape and vertical distribution in the soil: indicators of seed longevity. – *Funct. Ecol.*, 12 (5): 834–842.

- BOSSUYT B. & HERMY M. (2003): The potential of soil seed banks in the ecological restoration of grassland and heathland communities. – *Belg. J. Bot.*, 136 (1): 23–34.
- BOSSUYT B. & HONNAY O. (2008): Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. – *J. Veg. Sci.*, 19 (6): 875–884.
- BUTAYE J., ADRIAENS D. & HONNAY O. (2005): Conservation and restoration of calcareous grasslands: a concise review of the effects of fragmentation and management on plant. – *Biotechnol. Agron. Soc.*, 9 (2): 111–118.
- ENTOVÁ M. (2011): Úhory v Národním parku Podyjí jako možná lokalita pro protěž žlutobílou (*Pseudognaphalium luteoalbum*). – *Thayensia* (Znojmo), 8: 311–314.
- ENTOVÁ M. (2013): Sukcese vegetace na úhorech v Národním parku Podyjí – maloplošný management opuštěných ploch. – [diplomová práce, ms. depon. in Katedra botaniky, PřF UK Praha].
- GÖRN S., DOBNER B., SUCHANEK A. & FISCHER K. (2014): Assessing human impact on fen biodiversity: Effects of different management regimes on butterfly, grasshopper, and carabid beetle assemblages. – *Biodivers. Conserv.*, 23 (2): 309–326.
- GRIME J. P. (1979): Plant strategies and vegetation processes. – Wiley, Chichester.
- GRULICH V. (2012): Red List of vascular plants of the Czech Republic: 3rd edition. – *Preslia*, 84(3): 631–645.
- HENNEKENS S. M. & SCHAMINÉE J. H. J. (2001): TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. – *J. Veg. Sci.*, 12 (4): 589–591.
- CHYTRÝ M. (ed.) (2007): Vegetace České republiky 1. Travninná a keřičková vegetace / Vegetation of the Czech Republic 1. Grassland and Heathland Vegetation. – Academia, Praha.
- CHYTRÝ M., SEDLÁKOVÁ I. & TICHÝ L. (2001): Species richness and species turnover in a successional heathland. – *Appl. Veg. Sci.*, 4: 89–96.
- JONGEPIEROVÁ I. & KLIMEŠ L. (2004): Restoring grasslands on arable land: an example of a fast spontaneous succession without weed-dominated stages. – *Preslia*, 76: 361–369.
- JONGEPIEROVÁ I. (2008): Louky Bílých Karpat. – ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Moravou.
- KLAUDISOVÁ A. (1978): Opuštěná pole a jejich funkce v krajině. – [rigorózní práce, ms. depon. in Katedra botaniky, PřF UK Praha].
- KLEYER M., BEKKER R. M., KNEVEL I. C., BAKKER J. P., THOMPSON K., SONNENSCHIN M., POSCHLOD P., VAN GROENENDAEL J. M., KLIMEŠ L., KLIMEŠOVÁ J., KLOTZ S., RUSCH G. M., HERMY M., ADRIAENS D., BOEDELITJE G., BOSSUYT B., DANNEMANN A., ENDELS P., GÖTZENBERGER L., HODGSON J. G., JACKEL A-K., KÜHN I., KUNZMANN D., OZINGA W. A., RÖMERMANN C., STADLER M., SCHLEGELMILCH J., STEENDAM H. J., TACKENBERG O., WILMANN B., CORNELISSEN J. H. C., ERIKSSON O., GARNIER E. & PECO B. (2008): The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. – *J. Ecol.*, 96(6): 1266–1274.
- KLOTZ S., KÜHN I. & DURKA W. (eds.) (2002): BIOLFLOR: Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. – *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, 38: 1–334.
- KRAUSMANN F. (2004): Milk, manure, and muscle power. Livestock and the transformation of preindustrial agriculture in Central Europe. – *Hum. Ecol.*, 32(6): 735–772.
- KUBÁT K., HROUDA L., CHRTEK J. jun., KAPLAN Z., KIRSCHNER J. & ŠTĚPÁNEK J. (eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. – Academia, Praha.
- KÚROVÁ J. (2012): Vztah půdní semenné banky a aktuální vegetace na loukách a úhorech v NP Podyjí. – [diplomová práce, ms. depon. in Ústav botaniky a zoologie, PřF MU Brno].
- LAWSON C. S., FORD M. A. & MITCHLEY J. (2004): The influence of seed addition and cutting regime on the success of grassland restoration on former arable land. – *Appl. Veg. Sci.*, 7: 259–266.
- LUTMAN P. J. W., CUSSANS G. W., WRIGHT K. J., WILSON B. J., WRIGHT G. M. & LAWSON H. M. (2002): The persistence of seeds of 16 weed species over six years in two arable fields. – *Weed Res.*, 42: 231–241.
- MÍKO L. & HOŠEK M. (eds.) (2009): Příroda a krajina České republiky. Zpráva o stavu 2009. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- ÖDMAN A. M., SCHNOOR T. K., RIPA J. & OLSSON P. (2012): Soil disturbance as a restoration measure in dry sandy grasslands. – *Biodivers. Conserv.*, 21(8): 1921–1935.
- OSBORNŮVÁ J., KOVÁŘOVÁ M., LEPŠ J. & PRACH K. (eds.) (1990): Succession in abandoned fields. Studies in Central Bohemia, Czechoslovakia. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- PENK J. (2007): Úhor na zemědělské půdě v ČR, jeho plošné zastoupení a vývoj v letech 1990–2007, příčiny a projevy úhoru z pohledu ochrany přírody a krajiny. – [ms. depon. in Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha].
- PRACH K. & PYŠEK P. (2001): Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. – *Ecol. Eng.*, 17: 55–62.
- PRACH K., BASTL M., KONVALINKOVÁ P., KOVÁŘ P., NOVÁK J., PYŠEK P., ŘEHOUNKOVÁ K. & SÁDLO J. (2008): Sukcese vegetace na antropogenních stanovištích v České republice – přehled dominantních druhů a stadií. – *Příroda*, 26: 5–26.
- PYŠEK, P., DANIHELKA J., SÁDLO J., CHRTEK J. jun., CHYTRÝ M., JAROŠÍK V., KAPLAN Z., KRAHULEC F., MORAVIDOVÁ L., PERGL J., ŠTAJEROVÁ K. & TICHÝ L. (2012): Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. – *Preslia*, 84: 155–255.
- R CORE TEAM (2013): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- SMUTNÝ V., DVOŘÁK J. & WINKLER J. (2005): The influence of short-term fallow on the change of weed bank. – In: BADALÍKOVÁ B. (ed.): Proceedings of International Conference: ISTRO 2005 Soil – Agriculture, Environment, Landscape. ISTRO – Czech Branch, Troubsko, 315–318.
- SOONS M. (2003): Habitat fragmentation and connectivity. Spatial and temporal characteristics of the colonization process in plants. – [Ph. D. Thesis, ms. depon. in Utrecht University Repository, Utrecht].
- SOUKUPOVÁ L. (1984): Změny ve struktuře vegetace na opuštěných polích Českého krasu. – *Studie ČSAV* 18, Academia, Praha.
- TER HEERDT G. N. J., VERWEIJ G. L., BEKKER R. M. & BAKKER J. P. (1996): An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. – *Functional ecology*, 10: 144–151
- TER BRAAK C. J. F. & ŠMILAUER P. (2012) Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0). – Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- VÉCRIN M. P. & MULLER S. (2003): Top-soil translocation as a technique in the re-creation of species-rich meadows. – *Appl. Veg. Sci.*, 6: 271–278.
- VÉCRIN M. P., VAN DIGGELEN R., GRÉVILLIOT R. & MULLER S. (2002): Restoration of species-rich flood-plain meadows from abandoned arable fields in NE France. – *Appl. Veg. Sci.*, 5: 263–270.
- VERHAGEN R., KLOOKER J., BAKKER J. P. & VAN DIGGELEN R. (2001): Restoration success of low-production plant communities on former agricultural soils after top-soil removal. – *Appl Veg Sci.*, 4:75–82.
- VON BLANCKENHAGEN B. & POSCHLOD P. (2005): Restoration of calcareous grasslands: the role of the soil seed bank and seed dispersal for recolonisation processes. – *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 9(2): 143–149.
- WELLSTEIN C., OTTE A. & WALDHARDT R. (2007): Seed bank diversity in mesic grasslands in relation to vegetation type, management and site conditions. – *J. Veg. Sci.*, 18: 153–162.