

Diverzita rostlinných společenstev evropských měst

Diversity of European urban plant communities

Zdeňka L o s o s o v á

Ústav botaniky a zoologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: lososova@sci.muni.cz.

Abstract

Patterns and factors affecting biodiversity of urban habitats are reviewed and put into context of recent research topics in urban ecology in general. During the past decades the research has focused on patterns of urban biodiversity, the structure of urban flora, factors driving urban biodiversity, effects of alien species on the biotic homogenization of urban floras, temporal changes, and finally on the functional and phylogenetic structure of urban floras.

K e y w o r d s: alien species, biotic homogenization, city, functional and phylogenetic diversity, native species, richness, urban ecology.

Úvod

Více než 50 % evropské krajiny zaujímají člověkem vytvořená stanoviště, jakými jsou lidská sídla, obdělávaná zemědělská půda, okraje komunikací, různé skládky, lomy a výsypky (vdb.czso.cz). Žijeme v době, kdy se na celém světě lidé masově stěhují do měst, která se v důsledku rozrůstají, a tak jejich vliv na diverzitu městské bioty stále roste. Co tedy víme o městském prostředí a o flóře, která se zde vyskytuje? Jsou města druhově chudá ve srovnání s okolní krajinou nebo ne? Které rostliny jsou schopny v nich přežít? A jak tyto rostliny ovlivňují obyvatele měst? To jsou otázky, které s rostoucí urbanizací nabývají na významu.

Lidská sídla a především města představují pro rostliny zcela unikátní prostředí, které se v mnoha ohledech liší od okolní krajiny. Zpočátku byla urbanizace krajiny spojována výhradně s destrukcí přirozených stanovišť a tedy i s mizením nemalého počtu rostlinných druhů a celkovým ochuzením flóry (Wittig 2002). Srovnání druhové bohatosti velkých měst s okolní krajinou však ukázalo, že jejich květena je druhově bohatší než květena jejich okolí (Pyšek 1993, Deuschewitz et al. 2003, Kühn et al. 2004). Je to dáno tím, že vedle domácích druhů rostlin, kterým vyhovují některé městské biotopy, se ve městech nachází také velké množství nepůvodních druhů. Pyšek (1998) uvádí, že flóra velkých měst

může obsahovat 30–50 % nepůvodních druhů, což je mnohem více než nalezneme v okolní krajině.

K vysoké druhové bohatosti přispívá několik faktorů současně. Města tvoří pestrá mozaika biotopů, panuje zde čilý dopravní ruch a liší se i některé podmínky prostředí oproti okolní krajině (Williams et al. 2009). Ve městech se oproti okolní krajině mění např. teplota, obsah polutantů v ovzduší, proudění vzduchu, vlastnosti půdy a vodní režim (např. Sukopp & Starfinger 1999, Williams et al. 2015). Všechny tyto jevy ovlivňují výskyt rostlin. Časté disturbance uvolňují dostatek živin a tím nepřímo podporují růst vybraných rostlin včetně řady invazních druhů (Davis et al. 2000). Dostatek živin spolu s teplejším klimatem a neustálý přísun diaspor spolu umožňují, aby se ve městech dlouhodobě uchytily rostliny zavlečené z teplejších oblastí, nejen z jižní a jihovýchodní Evropy, ale také z jiných částí světa. Především ve městech je výskyt rostlin do jisté míry ovlivněn také našimi preferencemi. Zatímco vybrané rostliny opakovaně vysazujeme a umožňujeme jim tak aklimatizaci a následně šíření z mnoha zahrad, jiné druhy, které považujeme za plevelné, potlačujeme (Williams et al. 2009, Dullinger et al. 2017). Výskyt rostlin ve městě není tedy pouze výsledkem přirozené kolonizace stanovišť a následné kompetice, ale významnou roli zde hrají také socioekonomické faktory.

Město jako mozaika biotopů

Kühn et al. (2004) poukazuje na fakt, že velká města byla historicky zakládána v oblastech s pestrou geologií a geomorfologií, které poskytovaly strategickou výhodu. Samo umístění města v přirozeně heterogenním prostředí je prvním předpokladem vysoké diverzity původních druhů rostlin (Kowarik 1995, Kühn et al. 2004, Kühn & Klotz 2006). Činností člověka ve městech vzniká široké spektrum různých biotopů, které se liší frekvencí a intenzitou narušování, což ještě dále zvyšuje heterogenitu stanovišť (Godefroid & Koedam 2007). Ve velkoměstech a městských aglomeracích se totiž vedle zbytků polopřirozených a přirozených biotopů (dnes jsou to často zvláště chráněná území) vyskytují umělá stanoviště s různou četností a mírou narušování vegetačního krytu – např. silniční okraje, říční nábřeží, parky a příměstské lesíky, kulturní trávníky, záhony, sešlapávaná místa, zdi, zbořeníště, průmyslové areály apod. Rozdíly mezi stanovišti jsou nejvýznamnějším faktorem pro vysvětlení variability rostlinných společenstev ve městech střední Evropy (Lososová et al. 2011, 2012a,b).

Fragmenty jednotlivých biotopů jsou ve městech často izolovány od ostatních. Dokonce samotná města mohou být do jisté míry považována za ostrovy (Clergeau et al. 2004, Begon et al. 2006). Velikost těchto „ostrovů“, tvar a míra jejich izolace od podobných stanovišť samozřejmě ovlivňují výskyt rostlin. Ve své publikaci Čeplová et al. (2017a) ukázala, že na vydlážděných náměstích velkých měst převažují nepůvodní druhy, na obdobných stanovištích malých sídel převažují původní druhy, které se sem mohou rozšířit z okolních biotopů. Ve velkých městech jsou obdobná stanoviště již příliš izolovaná.

Jsou dostupná pro autogamní rostliny, a pro některé anemochorní taxony, jejichž diaspory se mohou šířit na velké vzdálenosti jako vrby nebo topoly (Lososová et al. 2016a).

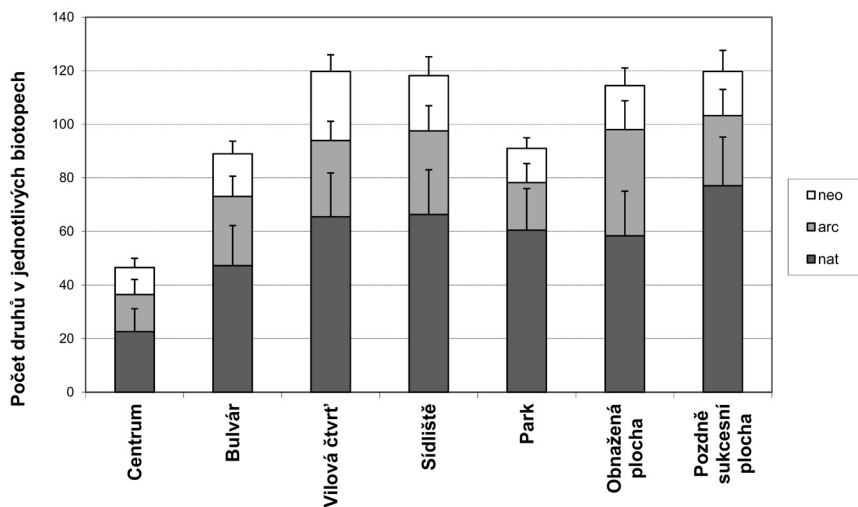
Vliv tepelného ostrova

Dalším charakteristickým rysem městského prostředí je celková změna přírodních podmínek. Mnohonásobný odraz slunečního záření a s ním související zvýšená míra pohlcování tepla, vysoký podíl nepropustných povrchů kumulujících teplo, zvýšení intenzity vypařování vody a odpadní teplo vznikající lidskou činností způsobují vznik tzv. tepelného ostrova (Landsberg 1981, Oke 1982, Sukopp 1998, Gaston et al. 2010). Vyšší teploty vedou ke změnám v druhovém složení městské květeny (Wittig 2002, Knapp et al. 2009, Schmidt et al. 2014). Obecně se předpokládalo, že tento efekt je výraznější ve velkých městech. Čeplová et al. (2017a) srovnala teplotní nároky rostlin městských biotopů rozdílně velkých měst. Zjistila, že rostliny městských center jsou vždy teplomilnější než rostliny biotopů vyskytujících se na periferii města a to platí vždy, nezávisle na velikosti sídla.

Kolik rostlinných druhů se tedy nachází v našich městech?

Výzkum flóry a vegetace měst a obcí má v České republice dlouhou tradici. V druhé polovině 20. století vzniklo několik obsáhlých studií věnovaných ruderalní vegetaci velkých měst, a to Plzně (A. Pyšek 1978, Chocholoušková 2003), jihozápadní části Prahy (Kopecký 1980, 1981, 1982a,b, 1983, 1984a), Brna (Grüll 1981), Olomouce (Tlusták 1990), Liberce (Višňák 1992) a Ostravy (Višňák 1996a,b). Přesto souhrnná data, která by ukázala, kolik druhů spontánních rostlin se v současnosti v našich sídlech vyskytuje, jsou sporadická. Z dostupných útržkovitých informací vyplývá, že nejvíce druhů rostlin (1890 taxonů) bylo zaznamenáno v Praze (Špryňar & Münzbergová 1998), téměř o polovinu méně v Plzni (1034; Chocholoušková & Pyšek 2003). Menší města, jakými jsou Horažďovice nebo Kostelec nad Černými lesy, hostí méně druhů (405 a 337 taxonů; Pyšek 1998, La Sorte et al. 2007). Doložená čísla samozřejmě souvisí s velikostí měst a jejich členitostí.

Počet nalezených rostlinných druhů má omezenou vypovídající schopnost. Samotný výčet druhů neříká nic ani o velikosti jednotlivých rostlinných populací, ani o druhové skladbě flór jednotlivých městských biotopů, natož pak o původu vyskytujících se druhů. Celkový počet nalezených druhů však poskytuje možnost porovnat údaje o druhové bohatosti různých území. Uvědomíme-li si, že nejnovější přehled cévnatých rostlin České republiky zahrnuje 3754 druhů a poddruhů a 618 kříženců (Daníhelka et al. 2012), z toho 2938 domácích a 1334 zavlečených (Pyšek et al. 2012), pak je zřejmé, že Praha hostí téměř polovinu českých taxonů, zatímco Plzeň asi třetinu. Uvedené počty se vztahují jen na spontánně se vyskytující rostliny, pokud bychom se zaměřili i na ty, které jsou v kultuře, byl by počet ještě mnohem větší. Lze tedy říct, že květena velkých měst je velmi bohatá, neboť je obvykle bohatší než květena okolní, spíše homogenní krajiny.



Obr. 1. – Rozdíly v průměrných počtech a zastoupení původních (nat) a nepůvodních druhů rostlin mezi studovanými městskými biotopy v 32 městech střední a severozápadní Evropy. Nepůvodní druhy jsou rozděleny na archeofyty (arc) a neofyty (neo). Převzato a upraveno podle Lososová et al. (2012a).

Fig. 1. – Average numbers of native and alien species in different urban habitats of 32 cities of Central and Northwestern Europe. Aliens are divided into two groups; archaeophytes (arc) and neophytes (neo). Adapted and modified according to Lososová et al. (2012a).

Původ rostlin ve městech

Květena Evropských měst je tvořena původními a nepůvodními druhy. Největší procentuální zastoupení mají původní rostliny (Lososová et al. 2012a), nepůvodní druhy tvoří asi 30 % (Pyšek 1998, Lososová et al. 2012a). Podíl nepůvodních druhů se liší v závislosti na typu biotopu. Nejvyšší podíl nepůvodních druhů lze najít v nejvíce urbanizovaných biotopech (např. v centrech měst), ve vilových čtvrtích nebo na sídlištích (Obr. 1). Nepůvodní druhy tu zplauňují zpravidla z okrasných výsadeb. Naopak nejnižší podíl spontánně se vyskytujících nepůvodních druhů hostí městské parky a opuštěné plochy na městské periferii. Přesto i tyto biotopy jsou více invadované než jakýkoli vegetační typ v okolní krajině (srov. Chytrý 2008).

Mohlo by se zdát, že z důvodu převahy obecně rozšířených rostlin, nebudou mezi květenami velkých evropských měst velké rozdíly. Není to tak. Druhové složení měst se liší v závislosti na změnách klimatických podmínek. Ty ovlivňují především výskyt původních druhů a o něco méně výskyt nepůvodních druhů (Lososová et al. 2012a,b,

2016b, 2018). Nejmenší variabilita v druhovém složení je v rozšíření archeofytů. Ve městech tvoří archeofyty jen relativně málo početnou skupinu druhů (Lososová et al. 2012). Tyto rostliny jsou ale velmi četné, měly už dostatek času osídlit všechna vhodná stanoviště a lze je tedy nalézt téměř ve všech městech Evropy. Naopak neofyty jsou sice celkově početnější, jejich výskyt je ale geograficky omezenější než je tomu u archeofytů. Můžeme tedy říct, že archeofyty zvyšují podobnost mezi městskými florami, zatímco neofyty podobnost mezi florami snižují (Knapp et al. 2008a, Lososová et al. 2012b, 2016b, Čeplová et al. 2015). Všechna uve-dená čísla se týkají pouze spontánně se vyskytujících rostlin ve městech. Nezanedbatelnou část vyskytujících se druhů nalezneme však ve výsadbách v parcích, stromořadích a soukromých zahrádkách. Tyto rostliny zcela významně ovlivňují městské prostředí. Opakované výsadby nepůvodních druhů umožňují jejich aklimatizaci a zvyšují pravděpodobnost, že druh posléze zplaní a naturalizuje se (Williamson 1999, Lockwood et al. 2005, Dehnen-Schmutz et al. 2007a,b, Hulme et al. 2008, Essl et al. 2015, Čeplová et al. 2017b, Dullinger et al. 2017) Naše znalosti o této složce bioty měst jsou zatím spíše kusé. Příkladem mohou být údaje o pěstovaných dřevinách v Brně. Ve výsadbách převažují stromy původem z temperátní oblasti Evropy, Severní Ameriky a východní Asie, Dřeviny těchto regionů se také jsou schopny nejlépe šířit z kultury (Čeplová et al. 2017b).

Které rostliny preferují městské prostředí?

Rostliny preferující městské prostředí se vyznačují specifickými vlastnostmi. Přestože se různé životní strategie mohou uplatnit na různých městských stanovištích, lze obecně říci, že ve městech se nejlépe daří druhům, které jsou šířeny člověkem, mají R, CR, nebo C životní strategii (Grime 1979) a jsou přizpůsobeny životu na středně až vysoce živinami zásobených půdách (Knapp et al. 2010, Lososová et al. 2016a, Kalusová et al. 2017). Knapp et al. (2008b, 2010) prokázala, že v Halle převažují druhy s nižšími hodnotami SLA a s mezomorfními a hygromorfními listy. Výhodou jsou malá, lehká semena, která umožňují kolonizovat i izolovaná stanoviště. Naprostou většinu rostlin tvoří obecně rozšířené druhy (Hill et al. 2002, Lososová et al. 2012a, Williams et al. 2015). Naopak vzácné se zde vyskytují S strategové, vyhledávající živinami chudá, suchá stanoviště nebo naopak velmi zamokřená místa (Knapp et al. 2010, Kalusová et al. 2017), což souvisí s mizením těchto stanovišť vlivem urbanizace. Podrobně se touto problematikou zabývá Kateřina Šumberová ve svém článku v tomto čísle (viz Šumberová 2018).

Studium dalších rostlinných vlastností nepřineslo žádné konzistentní výsledky (Williams et al. 2015). Důvodem je především heterogenita městského prostředí, kde každý biotop hostí jinou skupinu druhů. Sporné je i porovnání měst z různých klimatických oblastí, které nemusí vždy vést k jednoznačným závěrům. Tak se tedy na jedné straně například dozvídáme, že ve městech jsou zvýhodněny vysoké rostliny (Thompson & McCarthy 2008) a jinde zase, že častější jsou rostliny nižšího vzrůstu, zatímco v okolní krajině to je naopak (Knapp et al. 2009).

Přestože se ve městech vyskytuje velké množství druhů, jejich funkční a fylogenetická variabilita je relativně nízká (Ricotta et al. 2008, 2009, 2012, Lososová et al. 2016a). Oproti vegetaci okolní krajiny je městská vegetace funkčně a fylogeneticky více homogenní. Mezi funkční a fylogenetickou strukturou společenstev jednotlivých městských biotopů jsou rozdíly, které nelze vysvětlit zcela jednoznačně (Knapp et al. 2010, Lososová et al. 2016a). Obecně lze říci, že s vyšším zastoupením nepůvodních druhů fylogenetická variabilita klesá (Ricotta et al. 2012, Čeplová et al. 2015). Nepůvodní druhy tedy pravděpodobně nepřinášejí žádné nové vlastnosti, ale mají obdobné strategie jak využívat zdroje na stanovišti jako mají původní druhy.

Jak se mění složení městské flóry v čase?

Přestože jsou současná města druhově bohatá, nevíme téměř nic o tom, jak vypadala flóra zastavěného území před vznikem měst. Urbanizace je jedním z nejdůležitějších faktorů ohrožujících biodiverzitu, vedoucí k úbytku původních druhů a rozšíření generalistů snášejících četné disturbance (Beauvais et al. 2016). V Evropě však data o úbytku druhů nebo o změnách druhového složení vlivem urbanizace nejsou dostupná. Srovnávací studie mohou zaznamenat časové změny v minulých 50–200 letech (McGill et al. 2015, Knapp et al. 2017). K lokálním extinkcím však v zastavěných oblastech Evropy docházelo mnohem dříve. Přesto i srovnání změn městské vegetace v posledních desetiletích přináší zajímavé výsledky. Vývoj městské flóry za minulých 120 let studovali Chocholoušková a Pyšek (2003). Prokázali, že celkový počet druhů se za sledované období mírně snížil a že se zvýšil podíl neofytů na úkor původních druhů. Zastoupení archeofytů zůstalo nezměněné. Podrobnější změny jsou zaznamenány za posledních třicet let (Pyšek et al. 2004). Na úrovni jednotlivých fytoocenologických snímků došlo za studované období k poklesu počtu druhů, k vymizení některých vegetačních typů a ke změnám v druhovém složení, především k ústupu archeofytů. Ve srovnání s předchozími studiemi je zřejmé, že pravděpodobně ve městě vymizely specializované archeofytární plevele a jiné se naopak rozšířily, takže celkový počet druhů ve městě se nezměnil.

Unikátní datový soubor byl shromážděn pro vývoj flóry v Halle za posledních 320 let. Knapp et al. (2017) zjistila, že za tu dobu nedošlo k úbytku druhů, naopak postupně se celkový počet druhů ve městě zvyšuje. Porovnáním funkční a fylogenetické diverzity flór jednotlivých časových období však zjistila, že obě tyto složky diverzity se v čase zmenšují. Ubývají tedy specializované druhy z izolovaných fylogenetických linií a nově zavlečené nepůvodní rostliny nejsou schopny tuto ztracenou funkční a fylogenetickou diverzitu plně nahradit. K podobným závěrům došla jiným způsobem i Čeplová et al. (2015), která ukázala, že nově zavlečené druhy snižují fylogenetickou diverzitu rostlinných společenstev.

Do budoucna lze očekávat, že s postupným globálním oteplováním se bude měnit i druhové složení městských flór. Ve městech střední Evropy budou častější jednoleté rostliny nyní typické pro mediteránní města, naopak ustupovat bude zastoupení vytrvalých rostlin, nejvíce ohrožené budou rostliny nyní typické pro oceanická, temperátní města Ev-

ropy (Lososová et al. 2018). Kromě těch, které už ve městech jsou, se budou šířit nové druhy (Klonner et al. 2017, Mayer et al. 2017, Seebens et al. 2017).

Závěr

Ve městech nás obklopuje větší množství rostlinných druhů, než jich hostí neosídlená nebo řídce osídlená okolní krajina. Na tomto druhovém bohatství mají rozhodující podíl původní druhy a neofyty, přičemž většina archeofytů je všude téměř stejná, ať se nacházíme v kterémkoli středoevropském velkoměstě. Hlavním zdrojem biodiverzity městských oblastí tak zůstávají pouze zbytky původní flóry na městských periferiích a v ostrůvcích polopřirozené a přirozené vegetace. Přestože ve městech celkový počet druhů spíše narůstá, funkční a fylogenetická diverzita květeny klesá. To znamená, že nově zavlečené druhy rostlin nejsou schopny nahradit specializované původní rostliny, které ustoupily vlivem urbanizace. Pokud chceme žít v městech s pestrou květenou, je třeba především udržovat mozaiku biotopů s pozůstatky původní přirozené a polopřirozené vegetace.

Literatura

- Beauvais M. P., Pellerin S. & Lavoie C. (2016): Beta diversity declines while native plant species richness triples over 35 years in a suburban protected area. – *Biol. Conserv.* 195: 73–81.
- Begon M., Townsend C. R. & Harper J. L. (2006): *Ecology: from individuals to ecosystems*. – Blackwell, Oxford.
- Clergeau P., Croci S. & Jokimäki J. (2004): How useful are urban island ecosystems for defining invader patterns? – *Envir. Conserv.* 31: 181–184.
- Čeplová N., Kalusová V. & Lososová Z. (2017a): Effects of settlement size, urban heat island and habitat type on urban plant biodiversity. – *Landsc. Urban Planning* 159: 15–22.
- Čeplová N., Lososová Z. & Kalusová V. (2017b): Urban ornamental trees: a source of recent invaders. A case study from European city. – *Urban Ecosystems* 20: 1135–1140.
- Čeplová N., Lososová Z., Zelený D., Chytrý M., Danihelka J., Fajmon K., Láníková D., Preislerová Z., Řehořek V. & Tichý L. (2015): Phylogenetic diversity of central-European urban plant communities: effects of alien species and habitat types. – *Preslia* 87: 1–16.
- Danihelka J., Chrtěk J. Jr. & Kaplan Z. (2012): Checklist of vascular plants of the Czech Republic. – *Preslia* 84: 647–811.
- Davis M. A., Grime J. P. & Thompson K. (2000): Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. – *J. Ecol.* 88: 528–534.
- Dehnen-Schmutz K., Touza J., Perrings C. & Williamson M. (2007a): A century of the ornamental plant trade and its impact on invasion success. – *Divers. Distrib.* 13: 527–534.
- Dehnen-Schmutz K., Touza J., Perrings C. & Williamson M. (2007b): The horticultural trade and ornamental plant invasion in Britain. – *Conserv. Biol.* 21: 224–231.
- Deutschewitz K., Lausch A., Kühn I. & Klotz S. (2003): Native and alien plant species richness in relation to spatial heterogeneity on a regional scale in Germany. – *Global Ecol. Biogeogr.* 12: 299–311.
- Dullinger I., Wessely J., Bossdorf O., Dawson W., Essl F., Gatringer A., Klonner G., Kreft H., Kuttner M., Moser D., Pergl J., Pyšek P., Thuiller W., van Kleunen M., Weigelt P., Winter M. & Dullinger S. (2017): Climate change will increase the naturalization risk from garden plants in Europe. – *Global Ecol. Biogeogr.* 26: 45–53.

- Gaston K. J., Davies Z. G. & Edmondson J. L. (2010): Urban environments and ecosystem functions. – In: Gaston K. J. [ed.], *Urban ecology*, p. 35–52, Cambridge University Press, Cambridge.
- Godefroid S. & Koedam N. (2007): Urban plant species patterns are highly driven by density and function of built-up areas. – *Landsc. Ecol.* 22: 1227–1239.
- Grime J. P. (1979): *Plant strategies and vegetation processes*. – Wiley, Chichester.
- Grüll F. (1981): Fytocenologická charakteristika ruderálních společenstev na území města Brna. – *Stud. ČSAV* 10: 5–127.
- Hill M. O., Roy D. B. & Thompson K. (2002): Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact. – *J. Appl. Ecol.* 39: 708–720.
- Hulme P. E., Bacher S., Kenis M., Klotz S., Kühn I., Minchin D., Nentwig W., Olenin S., Panov V., Pergl J., Pyšek P., Roques A., Sol D., Solarz W. & Vilà M. (2008): Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. – *J. Appl. Ecol.* 45: 403–414.
- Chocholoušková Z. (2003): Změny ve flóře a vegetaci Plzně v období 25 let. – Ms. [Disert. práce; depon. in: Knihovna katedry botaniky PřF UK, Praha]
- Chocholoušková Z. & Pyšek P. (2003): Changes in composition and structure of urban flora over 120 years: a case study of the city Plzeň. – *Flora* 198: 366–376.
- Chytrý M. & Pyšek P. (2008): Invasze nepůvodních druhů v rostlinných společenstvech. – *Zprávy Čes. Bot. Společ., Materiály* 23: 17–40.
- Kalusová V., Čeplová N. & Lososová Z. (2017): Which traits influence the frequency of plant species occurrence in urban habitat types? – *Urban Ecosystems* 20: 65–75.
- Klonner G., Dullinger I., Wessely J., Bossdorf O., Carboni M., Dawson W., Essl F., Gatringer A., Haeuser E., van Kleunen M., Kreft H., Moser D., Pergl J., Pyšek P., Thuiller W., Weigelt P., Winter M. & Dullinger S. (2017): Will climate change increase hybridization risk between potential plant invaders and their congeners in Europe? – *Divers. Distrib.* 23: 934–943.
- Knapp S., Kühn I., Bakker J. P., Kleyer M., Klotz S., Ozinga W. A., Poschlod P., Thompson K., Thuiller W., & Römermann C. (2009): How species traits and affinity to urban land use control large-scale species frequency. – *Divers. Distrib.* 15: 533–546.
- Knapp S., Kühn I., Stolle J. & Klotz S. (2010): Changes in the functional composition of a Central European urban flora over three centuries. – *Persp. Pl. Ecol. Evol. Syst.* 12: 235–244.
- Knapp S., Kühn I., Schweiger O. & Klotz S. (2008a): Challenging urban species diversity: contrasting phylogenetic patterns across plant functional groups in Germany. – *Ecol. Letters* 11: 1054–1064.
- Knapp S., Kühn I., Wittig R., Ozinga W. A., Poschlod P. & Klotz S. (2008b): Urbanization causes shifts in species' trait state frequencies. – *Preslia*, 80: 375–388.
- Knapp S., Dinsmore L., Fissore C., Hobbie S. E., Jakobsdottir I., Kattge J., King J. Y., Klotz S., McFadden J. & Cavender-Bares J. (2012): Phylogenetic and functional characteristic of household yard floras and their changes along an urbanization gradient. – *Ecology (Supplement)* 93: S83–S98.
- Knapp S., Winter M. & Klotz S. (2017): Increasing species richness but decreasing phylogenetic richness and divergence over a 320-year period of urbanization. – *J. Appl. Ecol.* 54: 1152–1160.
- Kopecký K. (1980): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (1). – *Preslia* 52: 241–267.
- Kopecký K. (1981): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (2). – *Preslia* 53: 121–145.
- Kopecký K. (1982a): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (3). – *Preslia* 54: 67–89.
- Kopecký K. (1982b): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (4). – *Preslia* 54: 123–139.
- Kopecký K. (1983): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (5). – *Preslia* 55: 289–298.

- Kopecký K. (1984a): Die Ruderalpflanzengesellschaften im südwestlichen Teil von Praha (6). – *Preslia* 56: 55–72.
- Kühn I., Brandl R. & Klotz S. (2004): The flora of German cities is naturally species rich. – *Evol. Ecol. Research* 6: 749–764.
- Kowarik I. (1995): On the role of alien species in urban flora and vegetation. – In Pyšek P., Prach K., Rejmánek M. & Wade M. [eds], *Plant invasions: general aspects and special problems*, p. 85–103, SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Kühn I. & Klotz S. (2006): Urbanization and homogenization – Comparing the floras of urban and rural areas in Germany. – *Biol. Conserv.* 127: 292–300.
- La Sorte F. A., McKinney M. L. & Pyšek P. (2007): Compositional similarity among urban floras within and across continents: biogeographical consequences of human-mediated biotic interchange. – *Global Change Biol.* 13: 913–921.
- Landsberg H. (1981): *The urban climate*. – Academic Press, New York.
- Lockwood J. L., Cassey P. & Blackburn T. (2005): The role of propagule pressure in explaining species invasions. – *Trends Ecol. Evol.* 20: 223–228.
- Lososová Z., Horský M., Chytrý M., Čejka T., Danihelka J., Fajmon K., Hájek O., Juříčková L., Kintrová K., Láníková D., Otýpková Z., Řehořek V. & Tichý L. (2011): Diversity of Central European biota: effects of human-made habitat types on plants and land snails. – *J. Biogeogr.* 38: 1152–1163.
- Lososová Z., Chytrý M., Tichý L., Danihelka J., Fajmon K., Hájek O., Kintrová K., Kühn I., Láníková D., Otýpková Z. & Řehořek V. (2012a): Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 cities of central Europe. – *Global Ecol. Biogeogr.* 21: 545–555.
- Lososová Z., Chytrý M., Tichý L., Danihelka J., Fajmon K., Hájek O., Kintrová K., Láníková D., Otýpková Z. & Řehořek V. (2012b): Biotic homogenization of Central European urban floras depends on residence time of alien species and habitat types. – *Biol. Conserv.* 145: 179–184.
- Lososová Z., Čeplová N., Chytrý M., Tichý L., Danihelka J., Fajmon K., Láníková D., Preislerová Z. & Řehořek V. (2016a): Is phylogenetic diversity a good proxy for functional diversity of plant communities? A case study from urban habitats. – *J. Veg. Sci.* 27: 1036–2046.
- Lososová Z., Chytrý M., Danihelka J., Tichý L. & Ricotta C. (2016b): Biotic homogenization of urban floras by alien species: the role of species turnover and richness differences. – *J. Veg. Sci.* 27: 452–459.
- Lososová Z., Tichý L., Divišek J., Čeplová N., Danihelka J., Dřevojan P., Fajmon K., Kalníková V., Kalusová V., Novák P., Řehořek V., Wirth T. & Chytrý M. (2018): Projecting potential future shifts in species composition of European urban plant communities. – *Divers. Distrib.* 24(6): 765–775. DOI: 10.1111/ddi.12725.
- Mayer K., Haeuser E., Dawson W., Essl F., Kreft H., Pergl J., Pyšek P., Weigelt P., Winter M., Lenzner B. & van Kleunen M. (2017): Current and future local naturalization potential of ornamental species planted in urban green spaces and private gardens. – *Biol. Invasions* 19: 3613–3627.
- McGill B. J., Dornelas M., Gotelli N. J. & Magurran A. E. (2015): Fifteen forms of biodiversity trend in the Anthropocene. – *Trends Ecol. Evol.* 30: 104–113.
- Oke T. R. (1982): The energetic basis of the urban heat-island. – *Quarterly J. Royal Meteorological Soc.* 108: 1–24.
- Pyšek A. (1978): *Ruderální vegetace Velké Plzně*. – Ms. [Kand. disert. práce; depon. in: Knih. Botanického ústavu AV ČR, Průhonice]
- Pyšek P. (1993): Factors affecting the diversity of flora and vegetation in central European settlements. – *Vegetatio* 106: 89–100.
- Pyšek P. (1998): Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison. – *J. Biogeogr.* 25: 155–163.
- Pyšek P., Chocholoušková Z., Pyšek A., Jarošík V., Chytrý M. & Tichý L. (2004): Trends in species diversity and composition of urban vegetation over three decades. – *J. Veg. Sci.* 15: 781–788.

- Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtek J. Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová 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.
- Ricotta C., DiNepi M., Guglietta D. & Celesti-Grapow L. (2008): Exploring taxonomic filtering in urban environments. – *J. Veg. Sci.* 19: 229–238.
- Ricotta C., La Sorte F. A., Pyšek P., Rapson G. L., Celesti-Grapow L. & Thompson K. (2009): Phyloecology of urban alien floras. – *J. Ecol.* 97: 1243–1251.
- Ricotta C., La Sorte F. A., Pyšek P., Rapson G. L., Celesti-Grapow L. & Thompson K. (2012): Phylogenetic beta diversity of native and alien species in European urban floras. – *Global Ecol. Biogeogr.* 21: 751–759.
- Seebens H., Blackburn T. M., Dyer E. E., Genovesi P., Hulme P. E., Jeschke J. M., Pagad S., Pyšek P., Winter M., Arianoutsou M., Bacher S., Blasius B., Brundu G., Capinha C., Celesti-Grapow L., Dawson W., Dullinger S., Fuentes N., Jäger H., Kartesz J., Kenis M., Kreft H., Kühn I., Lenzner B., Liebhold A., Mosena A., Moser D., Nishino M., Pearman D., Pergl J., Rabitsch W., Rojas-Sandoval J., Roques A., Rorke S., Rossinelli S., Roy H. E., Scalera R., Schindler S., Štajerová K., Tokarska-Guzik B., van Kleunen M., Walker K., Weigelt P., Yamanaka T. & Essl F. (2017): No saturation in the accumulation of alien species worldwide. – *Nature Comm.* 8: 14435.
- Schmidt K. J., Poppendieck H. H., & Jensen K. (2014): Effects of urban structure on plant species richness in a large European city. – *Urban Ecosystems* 17: 427–444.
- Sukopp H. (1998): Urban Ecology – Scientific and Practical Aspects. – In: Breuste J., Feldmann H. & Uhlmann O. [eds], *Urban ecology*, p. 3–16, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sukopp H. & Starfinger U. (1999): Disturbance in urban ecosystems. – In: Walker L. R. [ed.], *Ecosystems of disturbed grounds*, p. 397–413, Elsevier, Amsterdam.
- Špryňar P. & Münzbergová Z. (1998): *Prodromus pražské květeny*. – *Muz. a Součas.*, ser. natur., 12: 129–222.
- Thompson K. & McCarthy M. A. (2008): Traits of British alien and native urban plants. – *J. Ecol.* 96: 853–859.
- Tlusták V. (1990): *Ruderální společenstva Olomouce*. – Ms. [Kand. disert. práce; depon. in: Knihovna Botanického ústavu AV ČR, Průhonice]
- Višňák R. (1992): *Vegetace a flóra města Liberec I–III*. – Ms. [Dipl. práce; depon. in: Knihovna katedry botaniky PfF UK, Praha]
- Višňák R. (1996a): Synantropní vegetace na území města Ostravy. 1. část. – *Preslia* 67 (1995): 261–299.
- Višňák R. (1996b): Synantropní vegetace na území města Ostravy. 2. část. – *Preslia* 68: 59–94.
- Williams N. S. G., Schwartz M. W., Vesk P. A., McCarthy M. A., Hahs A. K., Clemants S. E., Corlett R. T., Duncan R. P., Norton B. A., Thompson K. & McDonnell M. J. (2009): A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on floras. – *J. Ecol.* 97: 4–9.
- Williams N. S. G., Hahs A. K. & Vesk P. A. (2015): Urbanisation, plant traits and the composition of urban floras. – *Persp. Pl. Ecol. Evol. Syst.* 17: 78–86.
- Williamson M. (1999): *Invasions*. – *Ecography* 22: 5–12.
- Wittig R. (2002): *Siedlungsvegetation*. – Ulmer, Stuttgart.