

Výsledky Oddělení ekologie invazí Botanického ústavu AV ČR za rok 2012

1. Sto let ve flóře České republiky: od endemitů k invazím

(společně s Oddělením taxonomie & Oddělením vegetační ekologie Brno)

U příležitosti 100 let od založení České botanické společnosti byla provedena inventarizace současného stavu květeny České republiky, shrnut současný stav poznání a vyhodnoceny změny, ke kterým dochází v posledních desetiletích (Pyšek et al. 2012a). Ve speciálním čísle časopisu *Preslia* byl vůbec poprvé v moderní historii české botaniky publikován kompletní aktualizovaný seznam cévnatých rostlin květeny České republiky, do něhož byly zapracovány veškeré dostupné informace o nových floristických nálezech a taxonomických a nomenklatorických novinkách; zahrnuje 3557 původních, zavlečených a často pěstovaných taxonů (Danihelka et al. 2012).

Další článek přináší základní přehled flóry a fyto geografie České republiky, charakterizující květenu po stránce systematické, z hlediska životních forem, výskytu glaciálních a postglaciálních reliktních a geoelementů. Popsáno je i fyto geografické členění České republiky a poloha všech fytochorionů je zobrazena na mapě (Kaplan 2012). Zvláštní pozornost je věnována českým endemitům. Míra endemismu je v České republice relativně nízká, zastoupeny jsou však arktické, boreální, alpské, stepní a další skupiny reliktních. Výrazné klimatické výkyvy související se střídáním dob ledových a meziledových v pleistocénu opakovaně drasticky ochuzovaly místní flóru. Veškeré české endemity jsou proto čtvrtohorního stáří (neoendemity), třetihorní endemity (paleoendemity) se u nás nevyskytují. Na základě taxonomické a chorologické revize květeny byl vytvořen seznam 74 endemických druhů a subspecií, což odpovídá 2 % celkové diverzity našich cévnatých rostlin. Nejvíce endemitů se vyskytuje v Krkonoších, vysokohorské endemity rostou ale také na Králickém Sněžníku a v Hrubém Jeseníku. V nižších polohách se endemity nejčastěji vyskytují na skalách a v přilehlých řídkých teplomilných lesích a na trávnících, méně často na hadcových výchozech, písčinách, slatinách, v různých typech lesů, výjimečně i na jiných stanovištích. Díky umístění České republiky ve středu Evropy se na našem území v minulosti protínaly různé migrační proudy. Česká flóra proto obsahuje téměř všechny floristické elementy ovlivňující střední Evropu (Kaplan 2012).

Změny ve složení květeny ČR však nejlépe vyniknou právě srovnáním trendů ve výskytu endemických druhů, představujících ohroženou skupinu rostlin, s dlouhodobou dynamikou druhů invazních, které naopak původní flóru ohrožují. Aktualizace předchozího seznamu zavlečených druhů, publikovaného v roce 2002, ukázala, že nepůvodní flóra České republiky zahrnuje 1454 taxonů, z nichž 350 (24,1%) jsou archeofyty, rostliny zavlečené před koncem středověku, a 1104 (75,9%) neofyty, zavlečené později. Seznam obsahuje 44 taxonů, které jsou uváděny pro Českou republiku poprvé jako zavlečené, nebo pro něž je podán první důkaz o jejich zplaňování. Z celkového počtu 1454 taxonů je jich 985 klasifikováno jako přechodně zavlečené, 408 jako naturalizované a 61 jako invazní (Pyšek et al. 2012b). Nepůvodní taxony tvoří 33,3 % z celkové flóry, která kdy byla na území ČR zaznamenána, na v současnosti přítomné květeně se podílejí 14,6 %. Nejvíce invadována jsou lidská sídla a jejich okolí, nížiny velkých řek, narušená krajina v severních oblastech země a zemědělsky a lesnický využívané klimaticky teplé nížiny (Pyšek et al. 2012b; obr. 1).

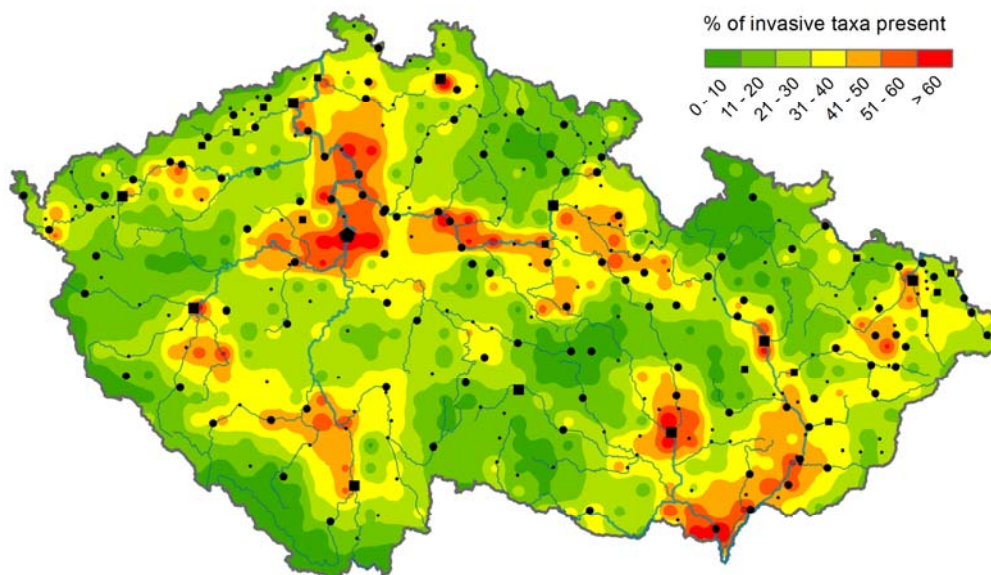
V rámci speciálního čísla časopisu *Preslia* se pracovníci BÚ podíleli i na historickém přehledu vývoje botaniky na území ČR (Krahulec 2012) a na publikaci aktualizovaného seznamu lišejníků (Liška 2012).

Pyšek P., Chytrý M., Kaplan Z. & Danihelka J. (eds) 2012a. Flora and vegetation of the Czech Republic. *Preslia* 84: 391–862.

Danihelka J., Chrtěk J. Jr. & Kaplan Z. 2012. Checklist of vascular plants of the Czech Republic. *Preslia* 84: 647-811.

Kaplan Z. (2012): Flora and phytogeography of the Czech Republic. *Preslia* 84: 505-573

- Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtěk J. Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K. & Tichý L. 2012b. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia* 84: 155–255.
- Pyšek P., Chytrý M., Pergl J., Sádlo J. & Wild J. 2012c. Plant invasions in the Czech Republic: current state, introduction dynamics, invasive species and invaded habitats. *Preslia* 84: 576–630.
- Krahulec F. 2012. History of the studies on the flora and vegetation in the Czech Republic. *Preslia* 84: 397–426.
- Liška J. 2012. Lichen flora of the Czech Republic. *Preslia* 84: 851–862.



Obr. 1. Intenzita rostlinných invazí v České republice, vyjádřená prostřednictvím výskytu invazních druhů v mapovací síti 6 × 10 minut. Nejvíce invadováno je okolí velkých městských aglomerací, těžbou narušená krajina v severních částech země a nížiny velkých řek v klimaticky teplých oblastech. Převzato z Pyšek et al. 2012c

2. Globální zhodnocení dopadu rostlinných invazí na místní druhy, společenstva a ekosystémy: interakce s vlastnostmi invadujících druhů a biotem

Invazní druhy představují riziko pro původní biodiverzitu po celém světě (Pyšek et al. 2012); méně už se bere v úvahu, že současným působením člověka, zejména v důsledku mezinárodního obchodu, vzniká vůči biodiverzitě dluh, který bude nutno splácet v budoucnosti (Essl et al. 2012). Přitom důsledky biologických invazí se projevují i v oblastech, které jsou poměrně málo osídleny, jako je třeba Antarktida; ukazuje se, že k zavlékání nepůvodních druhů zde přispívá větší měrou vědecký personál než turisté a že management biologických invazí v Antarktidě vyžaduje širokou mezinárodní součinnost a důraz na prevenci (Hulme et al. 2012).

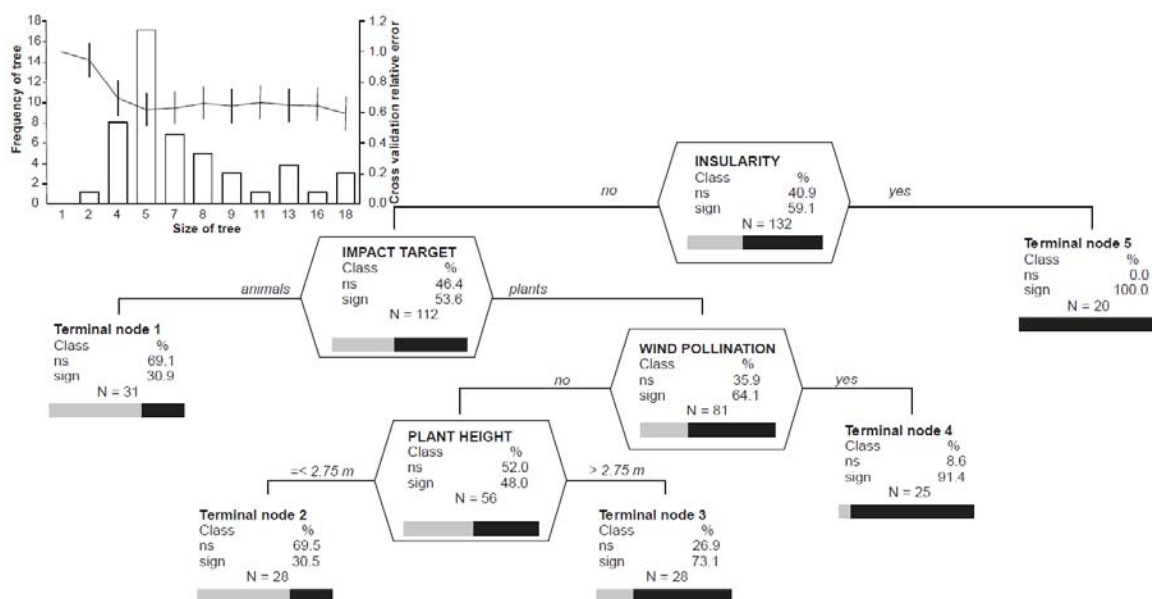
Abychom mohli důsledkům rostlinných invazí čelit, je třeba vědět, které druhy s vysokou pravděpodobností způsobí významné změny v ekosystémech invadovaných oblastí a těmto druhům věnovat zvýšenou pozornost. Studium tohoto tzv. impaktu je však v invazní ekologii poměrně novým tématem a ucelená globální data dosud chyběla. Publikovali jsme proto první globální analýzu toho, zda a kdy rostlinné invaze průkazně ovlivňují původní druhy, společenstva a ekosystémy. Studie založená na dostupných datech pro 167 invazních druhů z celého světa ukázala, že záleží především na tom, jak impakt měříme. Některé charakteristiky invadovaných společenstev a ekosystémů jsou ovlivněny bez ohledu na další okolnosti, u jiných je průkaznost impaktu výslednicí interakce mezi vlastnostmi invadujících druhů a biotem, ve kterém invaze probíhá; na oceanických ostrovech například invaze průkazně snižují druhovou diverzitu vždy,

zatímco na pevnině to závisí na dalších interakcích (obr. 2). Druhy s určitými vlastnostmi však vykazují průkazný impact bez ohledu na stanoviště či geografickou oblast invaze. Těchto zjištění lze využít k predikci dopadů rostlinných invazí, protože manažeři se mohou soustředit na druhy určitých vlastností, které po zavlečení do jejich území budou mít s vysokou pravděpodobností závažné důsledky pro druhovou diverzitu a fungování místních ekosystémů (Pyšek et al. 2012).

Pyšek P., Jarošík V., Hulme P. E., Pergl J., Hejda M., Schaffner U. & Vilà M. 2012. A global assessment of invasive plant impacts on resident species, communities and ecosystems: the interaction of impact measures, invading species' traits and environment. *Global Change Biology* 18: 1725–1737

Hulme P. E., Pyšek P. & Winter M. 2012. Biosecurity on thin ice in Antarctica. *Science* 336: 1101–1102.

Essi F., Winter M. & Pyšek P. 2012. Trade threat could be even more dire. *Nature* 487: 39.



Obr. 2. Klasifikační strom popisující pravděpodobnost, že rostlinné invaze budou mít statisticky průkazný ■ nebo neprůkazný □ vliv na místní druhovou diverzitu. Na oceanických ostrovech je diverzita vždy průkazně redukována, na pevnině záleží na vlastnostech invadujícího druhu a na tom, zda je měřítkem diverzity rostlin či živočichů. Převzato z Pyšek et al. 2012

3. Projekce budoucích trendů rostlinných invazí v Evropě při různých scénářích socioekonomického vývoje

(společně s Laboratoří GIS a DPZ)

Z našich předchozích studií víme, že biotop a typ vegetace, který v něm roste, poskytuje klíčovou informaci o tom, s jakou pravděpodobností a do jaké míry bude příslušné stanoviště invadováno (Chytrý et al. 2012); klíčovou roli při tom hrají disturbance (Catford et al. 2012a). Teoretická práce zaměřená na nalezení objektivních kritérií klasifikace invadovaných a k invazí náchylných ekosystémů navrhuje nejvhodnější standardní ukazatele v podobě dvou základních indexů. Relativní počet nepůvodních druhů a jejich relativní abundance dobře vypovídají o roli, kterou tyto druhy ve společenstvu hrají. Snadno se měří, lze je použít pro různé taxonomické skupiny a data z různých oblastí a ekosystémů jsou dobře srovnatelná. Vztah mezi počtem druhů a jejich abundancí může indikovat, zda je některý z nepůvodních druhů dominantní a jaké jsou časové trendy invazí.

Umožňuje také vymezit ekosystémy a stanoviště, která jsou silně invadovaná nebo k invazím náchylná. Zavedení standardizované míry invadovanosti umožní lepší srovnání invazí v různých studiích, ekosystémech a společenstvech (Catford et al. 2012b). Dalším krokem ve studiích měřících invadovanost podle typu stanoviště bylo, že jsme na základě dříve vytvořené mapy rostlinných invazí v Evropě a alternativních scénářů budoucího socioekonomického vývoje (s důrazem na 1. ekonomický růst, 2. udržitelný rozvoj nebo 3. pokračování současných trendů) provedli projekce invazí na tomto kontinentu v letech 2020, 2050 a 2080. Při všech scénářích lze očekávat nárůst invazí v severozápadní a severní Evropě, scénáře 1 a 3, předpokládající snížení výměry zemědělské půdy, povedou k poklesu invadovanosti v zemědělských oblastech. Ani implementace scénáře zaměřeného na udržitelný rozvoj by však neznamenal, že se problém rostlinných invazí v Evropě automaticky zmírní, natož pak vyřeší (Chytrý et al. 2012).

- Chytrý M., Wild J., **Pyšek P.**, Jarošík V., Dendoncker N., Reginster I., Pino J., Maskell L., Vilà M., **Pergl J.**, Kühn I., Spangenberg J. & Settele J. 2012. Projecting trends in plant invasions in Europe under different scenarios of future land-use change. *Global Ecology and Biogeography* 21: 75–87
- Catford J. A., Daehler C. C., Murphy H. T., Sheppard A. W., Hardesty B. D., Westcott D. A., Rejmánek M., Bellingham P. J., **Pergl J.**, Horvitz C. C. & Hulme P. E. 2012a. The intermediate disturbance hypothesis and plant invasions: Implications for species richness and management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14: 231–241.
- Catford J., Vesik P., Richardson D. M. & **Pyšek P.** 2012b. Quantifying invasion level: towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems. *Global Change Biology* 18: 44–62

4. Svatý grál invazivnosti rostlinných druhů je třeba hledat v časnějších fázích invazního procesu

(společně s Laboratoří průtokové cytometrie)

Invazní biologie nabídla v posledních desetiletích řadu hypotéz, vysvětlujících, proč jsou některé druhy úspěšné. Většina takových konceptů je však poměrně specifická a jejich vysvětlovací potenciál klesá v čase; je třeba hledat obecná vysvětlení, platná pro rostliny i živočichy (Jeschke et al. 2012). Poznání dále omezuje to, že mnoho studií nerozlišuje mezi jednotlivými stádii invaze a literatura se zaměřuje především na invazní druhy (tedy ty, které se šíří a v kolonizovaných společenstvech dominují). Přitom klíč k pochopení invazivnosti rostlinných druhů je třeba hledat v časnějších fázích invazního procesu, jako je naturalizace, tedy zdomácnění druhu v novém území. Procesy vedoucí k naturalizaci rostlinných druhů fungují v závislosti na biogeografickém kontextu a jsou výslednicí interakcí populačně-biologických, makroekologických a antropogenních faktorů (Richardson & Pyšek 2012). K lepšímu pochopení invazivnosti rostlinných druhů však přispívá také podrobné studium vlastností, které byly až dosud často opomíjeny, jako jsou např. ploidní poměry (te Beest et al. 2012), schopnost vytvářet semennou banku (Gioria et al. 2012), alelopatické působení (Moravcová et al. 2011) či plasticita (Skálová et al. 2011).

- Richardson D. M. & **Pyšek P.** 2012. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographic patterns. *New Phytologist* 196: 383–396
- Jeschke J. M., Aparicio L. G., Haider S., Heger T., Lortie C. J., **Pyšek P.** & Strayer D. L. 2012. Taxonomic bias and lack of cross-taxonomic studies in invasion biology. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10: 349–350
- te Beest M., Le Roux J. J., Richardson D. M., Brysting A. K., Suda J., Kubešová M. & **Pyšek P.** 2012. The more the better? The role of polyploidy in facilitating plant invasions. *Annals of Botany* 109: 19–45
- Gioria M., **Pyšek P.** & **Moravcová L.** 2012. Soil seed banks in plant invasions: promoting species invasiveness and long-term impact on plant community dynamics. *Preslia* 84: 327–350.
- Moravcová L.**, **Pyšek P.**, **Jarošík V.** & Zákavský P. 2011. Potential phytotoxic and shading effects of invasive *Fallopia* (Polygonaceae) taxa on the germination of dominant native species. *NeoBiota* 9: 31–47.
- Skálová H.**, **Havlíčková V.** & **Pyšek P.** 2012. Seedling traits, plasticity and local differentiation as strategies of invasive species of *Impatiens* in central Europe. *Annals of Botany* 110: 1429–1438 [4.030]

5. Perzistence bolševníku velkolepého na historických lokalitách – měříme rozšíření invazních druhů správně?

Teenní ověření výskytu bolševníku velkolepého na historických lokalitách, udávaných v literatuře v průběhu minulého století, odhalilo, že populace přetrvávají jen na zhruba 24 % lokalit; perzistence závisela významně na typu stanoviště a vzdálenosti od Slavkovského lesa, oblasti, kam byl druh v ČR poprvé introdukovan. Ukazuje se tak, že v literatuře běžný způsob mapování rozšíření invazních druhů pomocí kumulativního výskytu (pokud je druh v mapovací jednotce zaznamenán, považuje se tato za oblast výskytu bez ohledu na časovou dynamiku) může vést k významnému nadhodnocení skutečného aktuálního rozšíření, a to zejména u druhů s nízkou mírou dlouhodobého přetrvávání na lokalitách (Pergl et al. 2012).

Pergl J., Pyšek P., Perglová I. & Jarošík V. (2012): Low persistence of a monocarpic invasive plant in historical sites biases our perception of its actual distribution. – *Journal of Biogeography* 39: 1293–1302

6. Co určuje, zda bude eradikace invazních druhů úspěšná: kvantitativní analýza

Vůbec první kvantitativní analýza faktorů, které rozhodují o pravděpodobnosti, že eradikace invazního druhu bude úspěšná (173 zásahů proti 94 druhům invazních organismům, z nichž zhruba polovina dosáhla svého cíle) ukázala, že snáze se lze těchto druhů zbavit na antropogenních stanovištích než v přirozených biotopech. Zásahy měly dále obecně vysokou úspěšnost v Australasii, zatímco v Evropě a Americe se lépe daří eradikovat druhy lokálně, nebo při mezinárodních kampaních, které využívají přeshraniční spolupráce. Důležité je zahájit kampaň předtím než rozsah invaze překročí kritický rozsah – zhruba do čtyř let poté, co byl problémový druh zaznamenán (Pluess et al. 2002a). Srovnání dvou studií využívajících odlišný přístup k analýze dat naznačuje (Pluess et al. 2012a, b) že metody „data mining“ jsou schopny odhalit faktory, které při rigorózním testování hypotéz zůstanou skryty. Eradikaci je však nutno považovat až za poslední, konečné řešení, účinnější je invazím předcházet pomocí metod hodnocení rizik, založených na vlastnostech druhů a zkušenostech s jejich chováním při předchozích invazích (Kenis et al. 2012), na analýze jejich klimatických nároků (Eyre et al. 2012) a vytypování oblastí, kde má smysl zasahovat proti škodlivým organismům (Baker et al. 2012).

Pluess T., Cannon R., **Jarošík V.**, **Pergl J.**, **Pyšek P.** & Bacher S. 2012a. When are eradication campaigns successful? A test of common assumptions. *Biological Invasions* 14: 1365–1378

Pluess T., **Jarošík V.**, **Pyšek P.**, Cannon R., **Pergl J.**, Breukers A. & Bacher S. 2012b. Which factors affect the success or failure of eradication campaigns against alien species? *PLoS One* 7: e48157

Kenis M., Bacher S., Baker R. H. A., Branquart E., Brunel S., Holt J., Hulme P. E., Macleod A., **Pergl J.**, Petter F., **Pyšek P.**, Schrader G., Sissons A., Starfinger U. & Schaffner U. 2012. New protocols to assess the environmental impact of pests in the EPPO decision-support scheme for pest risk analysis. *EPPO Bulletin* 42: 21–27.

Eyre D., Baker R. H. A., Brunel S., Dupin M., **Jarošík V.**, Kriticos D. J., Makowski D., **Pergl J.**, Reynaud P., Robinet C. & Worner S. 2012. Rating and mapping the suitability of the climate for pest risk analysis. *EPPO Bulletin* 42: 48–55.

Baker R. H. A., Benninga J., Bremmer J., Brunel S., Dupin M., Eyre D., Ilieva Z., **Jarošík V.**, Kehlenbeck H., Kriticos D. J., Makowski D., **Pergl J.**, Reynaud P., Robinet C., Soliman T., Van der Werf W. & Worner S. 2012. A decision-support scheme for mapping endangered areas in pest risk analysis. *EPPO Bulletin* 42: 65–73.

7. Predikce pronikání invazních rostlin do národního parku Kruger v Jižní Africe.

Výskyt šesti invazních druhů, které pronikají do Kruger National Park v Jihoafrické republice lze predikovat pomocí obecného modelu, založeného na celkovém výskytu invazních druhů. Nejvýznamnějšími faktory jsou říční sítě a cesty v okolí parku, z faktorů uvnitř parku pak přítomnost řeky a charakter vegetace na okraji parku. Prediktory vně a uvnitř parku jsou komplementární, první z nich však poskytují spolehlivější predikci budoucích invazí a umožňují identifikovat rizikové oblasti. Charakter krajiny v okolí lze využít jako základ pro preventivní management invazí.

Jarošík V., Pyšek P., Foxcroft L. C., Richardson D. M., Rouget M. & MacFadyen S. 2011. Predicting incursion of plant invaders into Kruger National Park, South Africa: the interplay of general drivers and species-specific factors. PLoS ONE 6: e28711

8. Doba zavlečení určuje vliv nepůvodních druhů na fylogenetickou strukturu evropských městských flór

Srovnání fylogenetické beta diversity evropských městských flór ukázalo, že archeofyty (druhy zavlečené od počátku neofytu do konce středověku) přispívají ke snižování této charakteristiky, zatímco invaze neofytů (druhy zavlečené od počátku novověku) vedou k fylogenetické diferenciaci flór. Neofyty nezpůsobují fylogenetickou homogenizaci díky svému rozmanitému geografickému původu a krátkou dobou přítomnosti v invadovaných oblastech (Ricotta et al. 2012).

Ricotta C., La Sorte F. A., Pyšek P., Rapson G. L., Celesti-Grappo L. & Thompson K. 2012. Phylogenetic beta diversity of native and alien species in European urban floras. Global Ecology and Biogeography 21: 751–759