

Impact scoring as a basis for the management of invasive plants

Provedli jsme první kvantitativní vyhodnocení environmentálních a socioekonomických důsledků rostlinných invazí v rámci Evropy (1), založené na široké škále dopadů na druhy, společenstva a ekosystémy (2, 3). Tento přístup, reflektující zavádění nové legislativy EU o invazních druzích (4), přinesl informace, jež umožnily sestavit pro MŽP první národní seznam nebezpečných invazních druhů (tzv. *Black List*), a těch, které je nutno monitorovat coby potenciálně nebezpečné (*Watch List*) (5).

1. Rumlerová Z., Vilà M., Pergl J., Nentwig W. & Pyšek P. (2016): Scoring environmental and socioeconomic impacts of alien plants invasive in Europe. *Biological Invasions* 18: 3697–3711 (doi: 10.1007/s10530-016-1259-2). – 2. Nentwig W., Bacher S., Pyšek P., Vilà M. & Kumschick S. (2016): The Generic Impact Scoring System (GISS): a standardized tool to quantify the impacts of alien species. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 315 (doi: 10.1007/s10661-016-5321-4). – 3. Gioria M. & Pyšek P. (2016): The legacy of plant invasions: changes in the soil seed bank of invaded plant communities. *BioScience* 66: 40–53 (doi: 10.1093/biosci/biv165). – 4. Pergl J., Genovesi P. & Pyšek P. (2016): Better management of alien species. *Nature* 531: 173. – 5. Pergl J., Sádlo J., Petrussek A., Laštůvka Z., Musil J., Perglová I., Šanda R., Šefrová H., Šíma J., Vohralík V. & Pyšek P. (2016): Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* 28: 1–37 (doi: 10.3897/neobiota.28.4824)

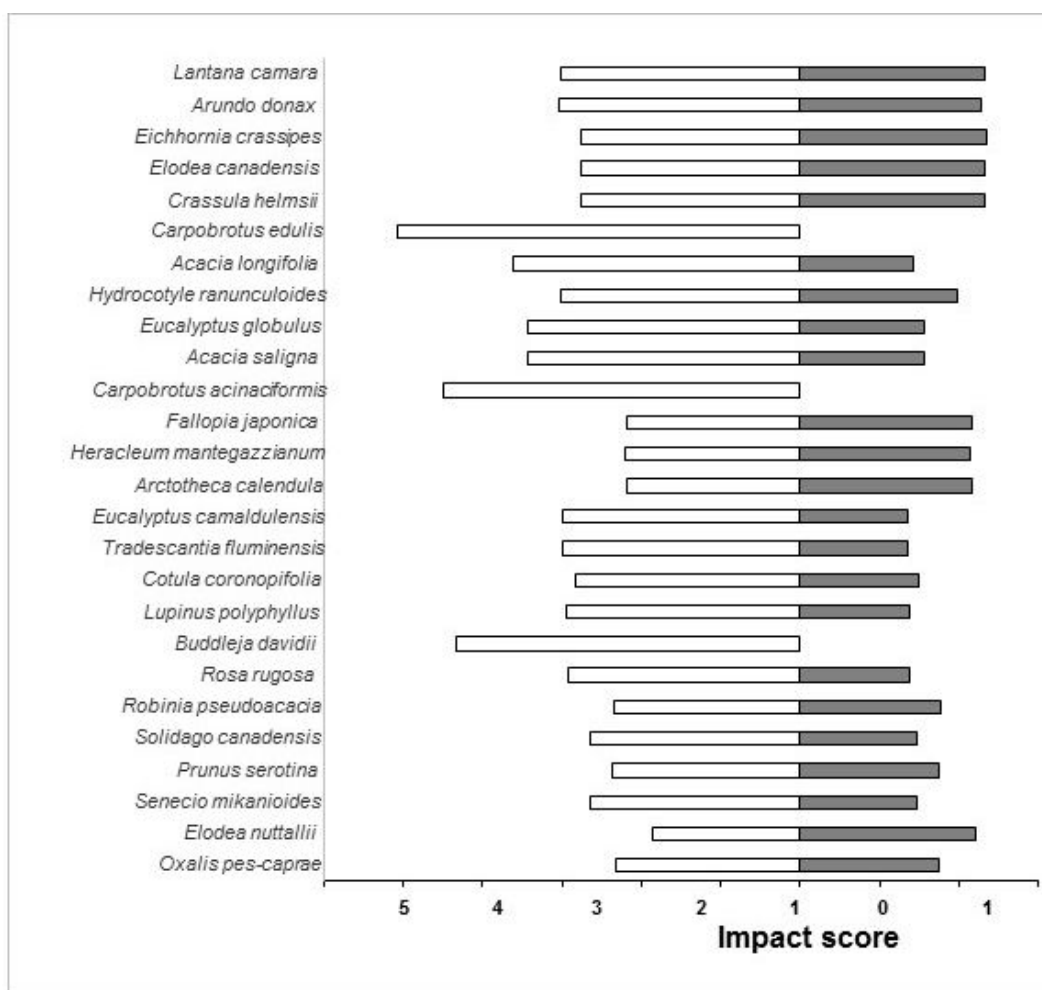


Fig. 1. Invasive plants with greatest impacts on resident ecosystems and socioeconomy in Europe. Fig. 1. Top alien species ranked according to decreasing environmental (white bars) and socioeconomic (grey bars) impacts. Taken from Rumlerová et al., *Biological Invasions*, 18: 3697–3711, 2016.

Testing the role of species traits in plant invasions by using global information on naturalized species diversity

Whether some species are predisposed to become successful invaders in regions beyond their native distribution because they possess specific traits is a key question in biological invasions, that is usually being answered by comparing closely related species (1) or based on biogeographical comparisons (2). These approaches benefit from eliminating phylogenetic and ecological biases, or allow for assessing post-invasion evolutionary changes, respectively. Recently, however, the introduction of the Global Naturalized Alien Flora (GloNAF database) by our research team, providing information on the distribution of naturalized plant species world-wide, open new ways for the robust testing of the role of traits in plant invasions. We illustrate the potential of this new data source by testing one of the first general predictions in plant invasion biology. To become naturalized in the new region, plant species introduced there by humans have to establish self-sustaining populations; theory predicts that plants with selfing ability should be more likely to establish outside their historical range because they can reproduce from a single individual when mates or pollinators are not available. We compiled a global breeding-system database of 1,752 angiosperm species and tested relationships between selfing ability, life history, native range size and global naturalization status. We found that species with a high selfing ability are likely to be naturalized in more regions of the world, and are therefore more successful than those with lower capacity for selfing. Our results thus provide robust evidence across flowering plants at the global scale that a high selfing ability fosters alien plant naturalization (3). In another paper using the GloNAF database, the results suggest that niche shifts are frequent in plant invasions but evolutionary potential may not be of major importance for such shifts. Niche dynamics rather appear to be driven by changes of the realized niche without adaptive change of the fundamental climatic niche (4).

1. Čuda J., Skálová H., Janovský Z. & Pyšek P. (2016) Juvenile biological traits of *Impatiens* species are more strongly associated with naturalization in temperate climate than their adult traits. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 20: 1–10 (doi: 10.1016/j.ppees.2016.02.007). – 2. Alba C., Moravcová L. & Pyšek P. (2016): Geographic structuring and transgenerational maternal effects shape germination in native, but not in introduced, populations of a widespread plant invader. *American Journal of Botany* 103: 837–844 (doi: 10.3732/ajb.1600099). – 3. Razanajatovo M., Maurel N., Dawson W., Essl F., Kreft H., Pergl J., Pyšek P., Weigelt P., Winter M. & van Kleunen M. (2016) Plants capable of selfing are more likely to become naturalized. *Nature Communications* 7: 13313 (doi: 10.1038/ncomms13313). – 4. Dellinger A. S., Essl F., Hojsgaard D., Kirchheimer B., Klatt S., Dawson W., Pergl J., Pyšek P., van Kleunen M., Weber E., Winter M., Hörandl E. & Dullinger S. (2016) Niche dynamics of alien species do not differ among sexual and apomictic flowering plants. *New Phytologist* 209: 1313–1323 (doi: 10.1111/nph.13694)

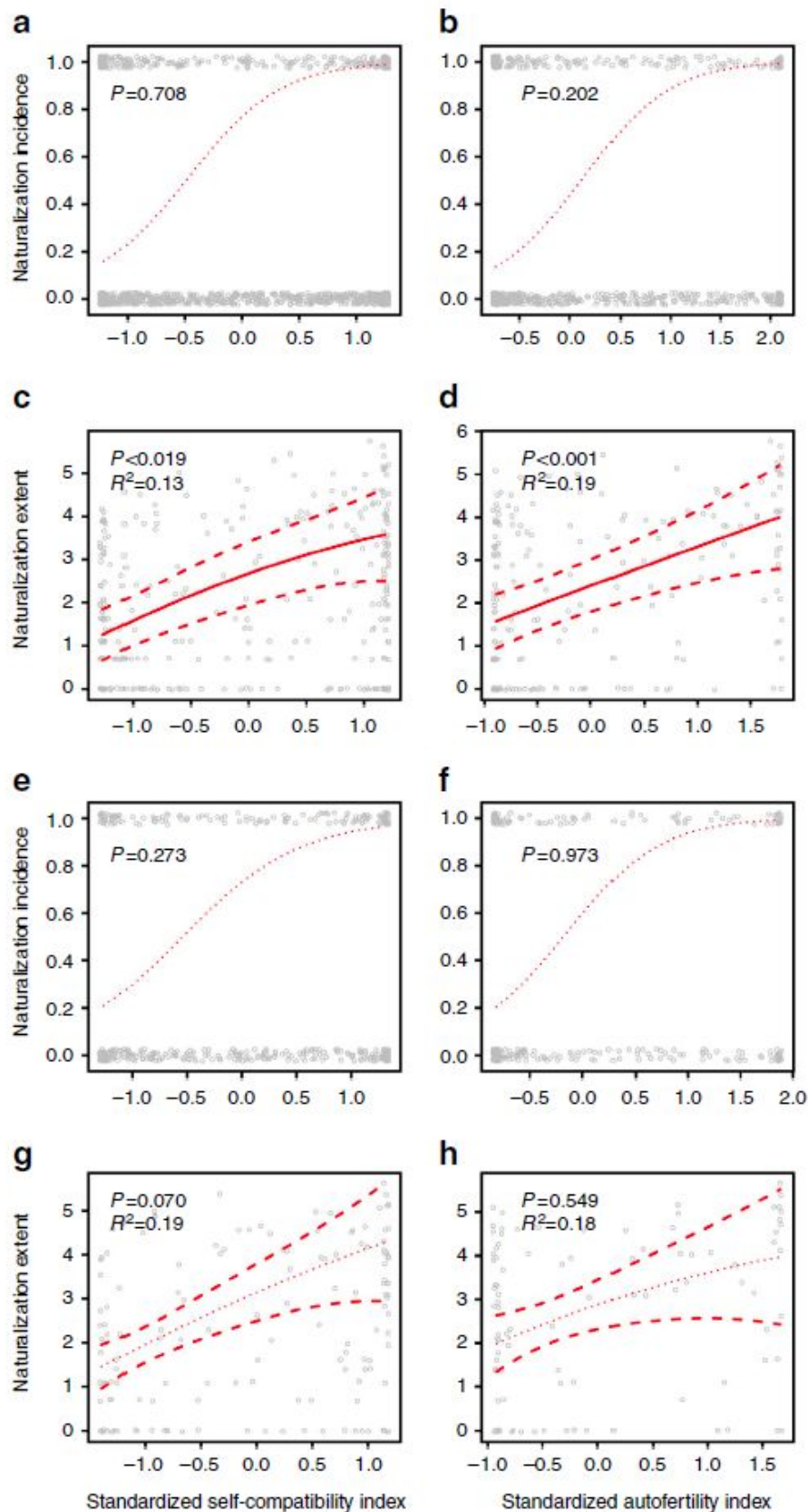


Fig. 2. Relationship between indices describing selfing ability and global invasion success of plant species. Note the positive relationship between selfing and number of global regions where the species is naturalized. Taken from Razajantovo et al., Nature Communications 7: 13313, 2016.

Comparative macroecology of biological invasions across taxa

One trend in invasion biology that appears in focus since the last decade is search for generalities across taxa. We were involved in a series of macroecological studies addressing plant, bird (1), and insect (2, 3) invasions in Europe and worldwide. In insects, the invasion pathway was found to play a dominant role in shaping the composition of non-native assemblages, and the results emphasize that there is a difference between natural background colonization of islands and anthropogenic colonization events (2). A European-wide analysis of the rates of alien insects spread indicated that the political changes following the collapse of the Iron Curtain in 1989, and the further dismantling of customs checkpoints within an enlarged European Union (EU) have facilitated the faster spread of alien insect species (3). For birds and plants, human population size determines the number of alien species that arrive on an island, while the effect of native species richness is driven by the influence of habitat heterogeneity on the likelihood that alien populations persist (1). The fact that invasions by different taxa are often driven by specific mechanisms opens discussion about colonization processes in the era of global change and where is the dividing line between natural and human-caused changes in distribution. This can be illustrated by ongoing processes of mammal migration, such as the beginning of the golden jackal establishment in central Europe; the attitude towards this species in EU countries varies (4). However, it is necessary to keep in mind that biological invasions and natural colonisations differ in ways that are crucial for science, management, and policy. At the heart of invasion science is the realisation that biological invasions are not just a biological phenomenon: the human dimension of invasions is a fundamental component in the social-ecological systems in which invasions need to be understood and managed (5).

- Blackburn T. M., Delean S., **Pyšek P.** & Cassey P. (2016) On the island biogeography of aliens: a global analysis of the richness of alien plant and bird species on oceanic islands. *Global Ecology and Biogeography* 25: 859–868 (doi: 10.1111/geb.12339). – 2. Liebhold A. M., Yamanaka T., Roques A., Augustin S., Chown S. L., Brockerhoff E. G. & **Pyšek P.** (2016) Global compositional variation among native and non-native regional insect species assemblages emphasizes the importance of pathways. *Biological Invasions* 18: 893–905 (doi: 10.1007/s10530-016-1079-4). – 3. Roques A., Auger-Rozenberg M.-A., Blackburn T. M., Duncan R. P., Garnas J., **Pyšek P.**, Rabitsch W., Richardson D. M., Wingfield M. J. & Liebhold A. M. (2016) Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. *Biological Invasions* 18: 907–920 (doi: 10.1007/s10530-016-1080-y). – 4. **Pyšková K.**, Storch D., Horáček I., **Kauzál O.** & **Pyšek P.** (2016) Golden jackal (*Canis aureus*) in the Czech Republic: the first record of a live animal and its long-term persistence in the colonized habitat. *ZooKeys* 641: 151–163 (doi: 10.3897/zookeys.641.10946). – 5. Wilson J. R. U., García-Díaz P., Cassey P., Richardson D. M., **Pyšek P.** & Blackburn T. M. (2016) Biological invasions and natural colonisations are different: the need for invasion science. *NeoBiota* 31: 87–98 (doi: 10.3897/neobiota.31.9185).

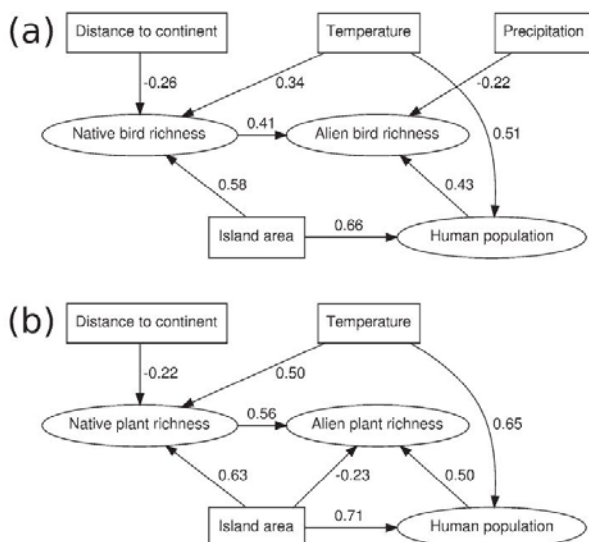


Fig. 3. Path analysis depicting the relationships between factors determining the richness of alien birds (a) and plants (b) on islands world-wide. From Blackburn et al., *Global Ecology and Biogeography* 25: 859–868, 2016.

Horticulture as a driver of plant invasions

Horticulture is one of the most important pathways for alien plants but little is known about the precise mechanisms by which ornamental plants become naturalized. We estimated the direct effects of geographical origin and biological traits on naturalization, and their indirect effects mediated by year and/or frequency of introduction. The number of botanical gardens where a species is planted increased naturalization success directly, while most of the species characteristics had indirect effects on naturalization – failure to recognize such introduction biases could thus impair our ability to explain the success of alien plant species (1). In another paper, by acquiring quantitative data about the pool of plant species planted in private gardens in the Czech Republic, we were able to quantify so-called *propagule pressure*; almost 80% among the 1842 taxa recorded are alien, from which future invaders could be recruited (2).

1. Maurel N., Hanspach J., Kühn I., **Pyšek P.** & van Kleunen M. (2016) Introduction bias affects relationships between the characteristics of ornamental alien plants and their naturalization success. *Global Ecology and Biogeography* 25: 1500–1509 (doi: 10.1111/geb.12520). – 2. **Pergl J., Sádlo J., Petřík P., Danihelka J., Chrtek J. Jr., Hejda M., Moravcová L., Perglová I., Štajerová K. & Pyšek P.** (2016) Dark side of the fence: ornamental plants as a source for spontaneous flora of the Czech Republic. *Preslia* 88: 163–184.

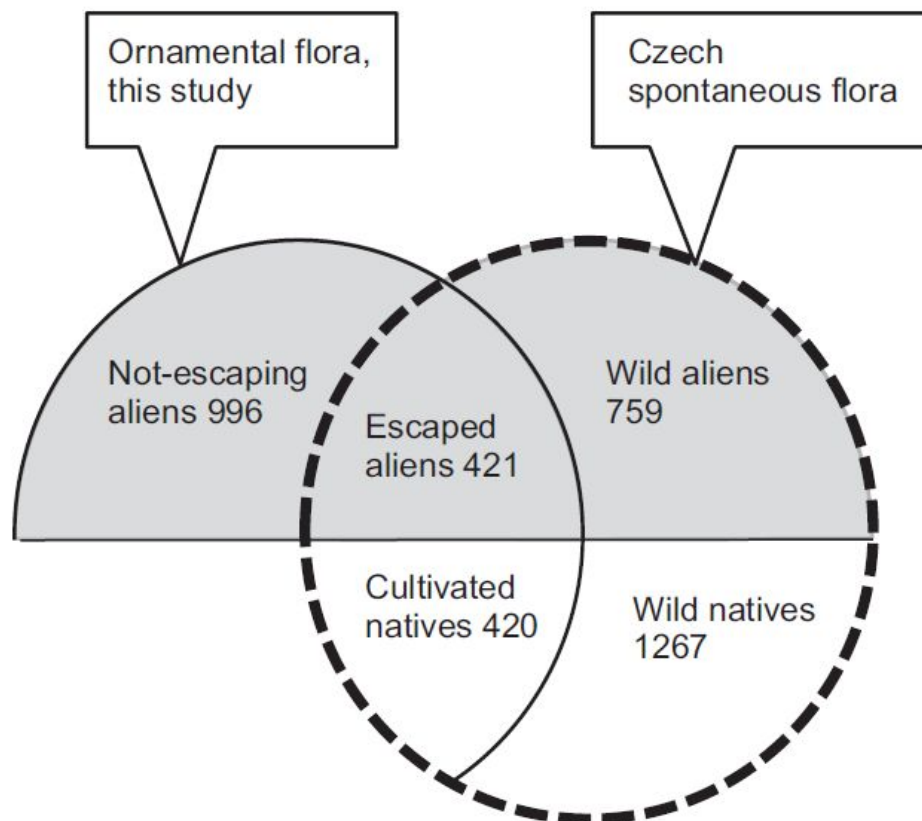
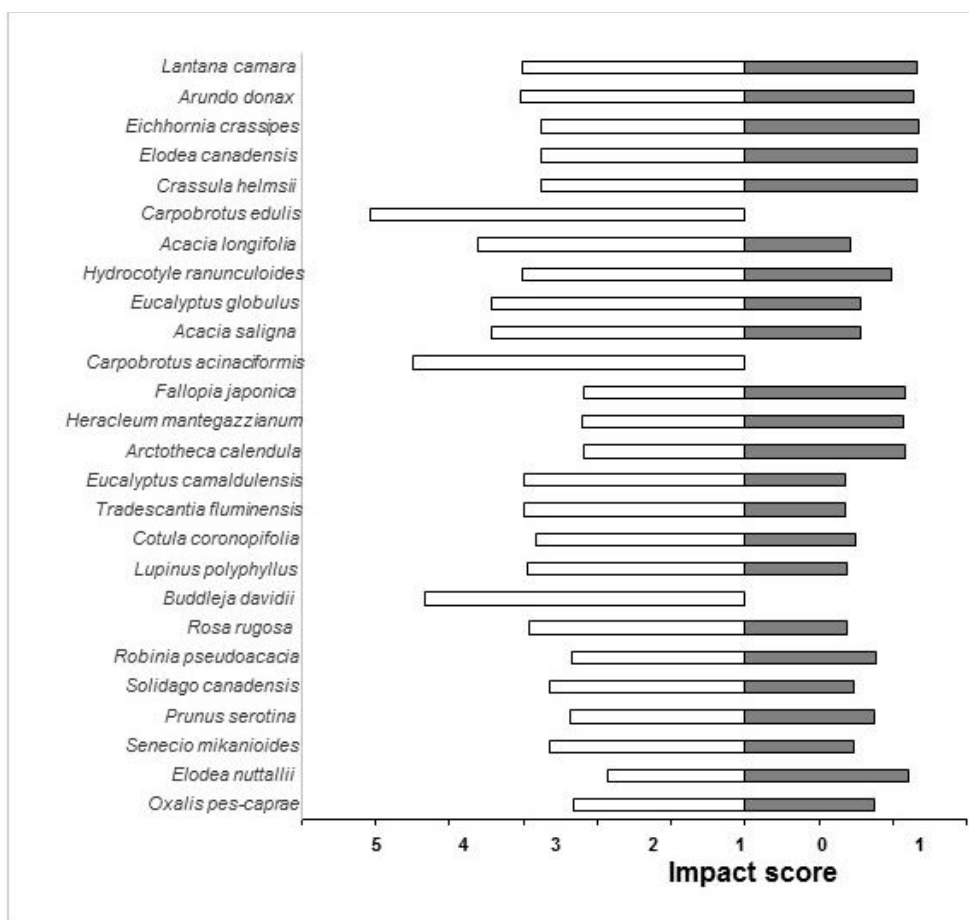


Fig. 4. Structure of the species pool recorded in private gardens and its comparison with spontaneous flora. Wild natives – native taxa only growing in the wild and never cultivated; cultivated natives – growing both in the wild and in cultivation; wild aliens – alien taxa only growing in the wild; escaped aliens – growing both in the wild and in cultivation); and not-escaping aliens (only grown in cultivation). From Pergl et al., *Preslia* 88: 163–184.

Kvantitativní hodnocení dopadů invazních rostlin jako základ pro diferencovaný management

We conducted the first quantitative scoring of environmental and socioeconomic impacts of invasive plants in Europe (1), based on a wide range of effects on resident species, communities and ecosystems (2, 3). This approach, reflecting the newly introduced EU legislation on invasive species, yielded information that made it possible to elaborate the first national checklist of noxious plant and animal invaders (*Black List*) as well as of those that may become dangerous in the future (*Watch List*) (4).

1. Rumlerová Z., Vilà M., Pergl J., Nentwig W. & Pyšek P. (2016): Scoring environmental and socioeconomic impacts of alien plants invasive in Europe. *Biological Invasions* 18: 3697–3711 (doi: 10.1007/s10530-016-1259-2). – 2. Nentwig W., Bacher S., Pyšek P., Vilà M. & Kumschick S. (2016): The Generic Impact Scoring System (GISS): a standardized tool to quantify the impacts of alien species. *Environmental Monitoring and Assessment* 188: 315 (doi: 10.1007/s10661-016-5321-4). – 3. Gioria M. & Pyšek P. (2016): The legacy of plant invasions: changes in the soil seed bank of invaded plant communities. *BioScience* 66: 40–53 (doi: 10.1093/biosci/biv165). – 4. Pergl J., Genovesi P. & Pyšek P. (2016): Better management of alien species. *Nature* 531: 173. – 5. Pergl J., Sádlo J., Petrušek A., Laštůvka Z., Musil J., Perglová I., Šanda R., Šefrová H., Šíma J., Vohralík V. & Pyšek P. (2016): Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota* 28: 1–37 (doi: 10.3897/neobiota.28.4824)

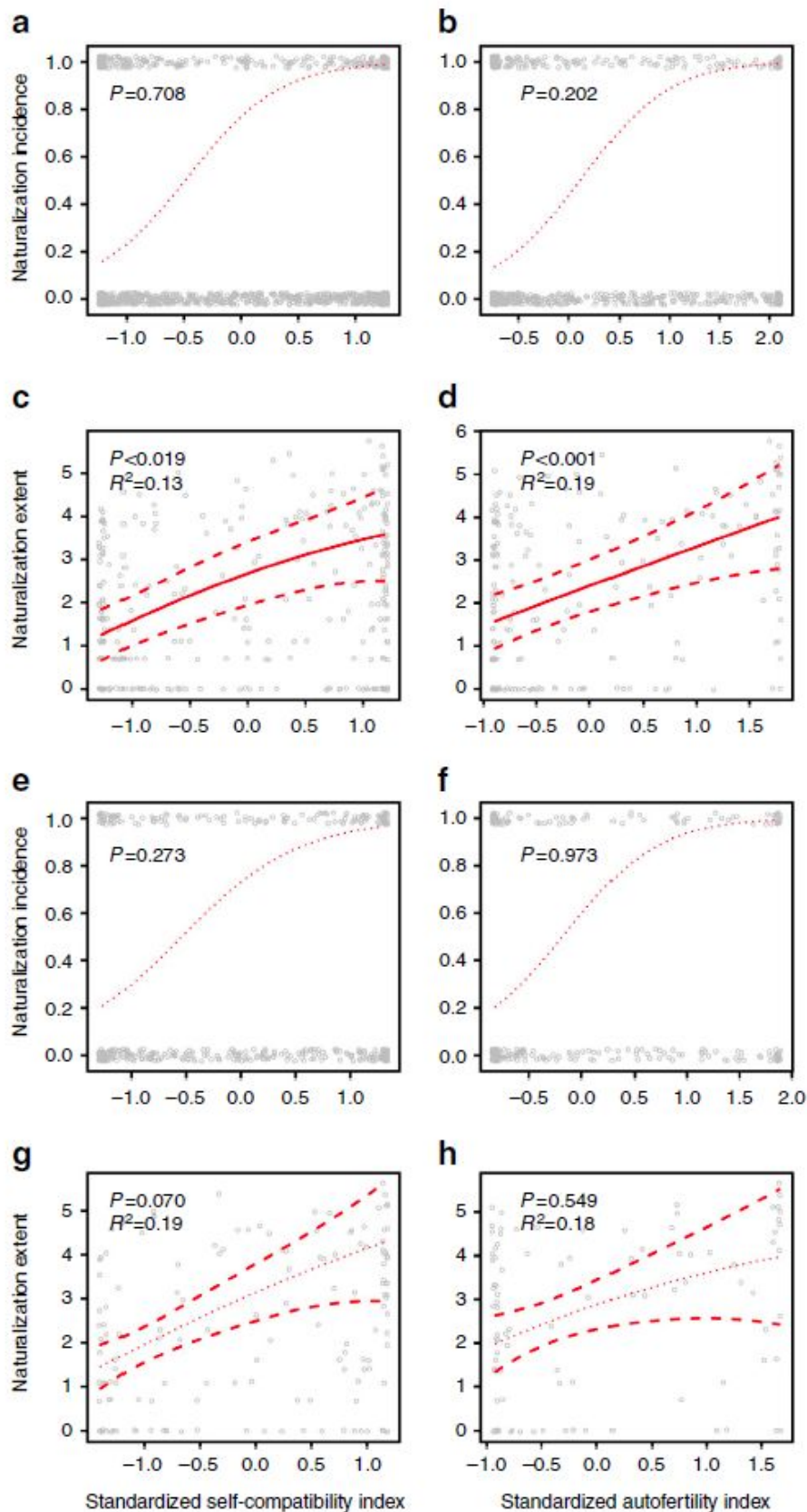


Obr. 1. Evropské invazní rostliny s nejzávažnějšími environmentálními a socioekonomickými dopady. Evropské invazní rostliny řazené podle míry environmentálních a socioekonomických dopadů invaze. Převzato z Rumlerové et al., *Biological Invasions*, 18: 3697–3711, 2016.

Testování vlivu druhových vlastností na úspěšnost invaze pomocí globálních dat o rozšíření naturalizovaných druhů

Otázka, zda jsou některé invazní druhy úspěšné díky vlastnostem, kterými disponují, je odedávna v centru pozornosti invazních biologů; obvykle se na ni snažíme odpovědět srovnáváním blízce příbuzných druhů (1) nebo biogeografickými postupy (2). První přístup umožňuje eliminovat zkreslující okolnosti spojené s fylogenetickými a ekologickými rozdíly, pomocí druhého můžeme studovat případné změny, ke kterým došlo po zavlečení z původního areálu do nového území. Nedávné spuštění databáze GloNAF (Global Naturalized Alien Flora), která obsahuje informace o celosvětovém rozšíření naturalizovaných nepůvodních druhů, otevřelo nové možnosti rigorózního testování významu vlastností invazních rostlin. Potenciál tohoto nového informačního zdroje ilustrujeme na příkladu testování jednoho z obecně přijímaných předpokladů v rostlinných invazích. Teorie predikuje, že rostliny schopné samooplození (tudíž nepotřebující k rozmnožení partnera) mají větší šanci zdomácnět mimo oblast původního rozšíření, tedy vytvořit tam životaschopné, reprodukcující se populace. Sestavili jsme globální databázi způsobů rozmnožování 1752 druhů cévnatých rostlin a testovali vztah mezi schopností samooplození, životní formou, velikostí původního areálu a úspěšností naturalizace ve světě. Druhy s velkou schopností samooplození jsou naturalizované ve více oblastech světa, než druhy, které tuto schopnost nemají tak vyvinutou. Tyto výsledky poskytují robustní důkaz, že schopnost samooplození podporuje naturalizaci (3). Další práce využívající databázi GloNAF ukázala, že při rostlinných invazích dochází k častým posunům ekologických nik mezi původním a invadovaným areálem, nemusí však jít o adaptivní změny fundamentálních klimatických nik (4).

1. Čuda J., Skálová H., Janovský Z. & Pyšek P. (2016) Juvenile biological traits of *Impatiens* species are more strongly associated with naturalization in temperate climate than their adult traits. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 20: 1–10 (doi: 10.1016/j.ppees.2016.02.007). – 2. Alba C., Moravcová L. & Pyšek P. (2016): Geographic structuring and transgenerational maternal effects shape germination in native, but not in introduced, populations of a widespread plant invader. *American Journal of Botany* 103: 837–844 (doi: 10.3732/ajb.1600099). – 3. Razanajatovo M., Maurel N., Dawson W., Essl F., Kreft H., Pergl J., Pyšek P., Weigelt P., Winter M. & van Kleunen M. (2016) Plants capable of selfing are more likely to become naturalized. *Nature Communications* 7: 13313 (doi: 10.1038/ncomms13313). – 4. Dellinger A. S., Essl F., Hojsgaard D., Kirchheimer B., Klatt S., Dawson W., Pergl J., Pyšek P., van Kleunen M., Weber E., Winter M., Hörandl E. & Dullinger S. (2016) Niche dynamics of alien species do not differ among sexual and apomictic flowering plants. *New Phytologist* 209: 1313–1323 (doi: 10.1111/nph.13694)

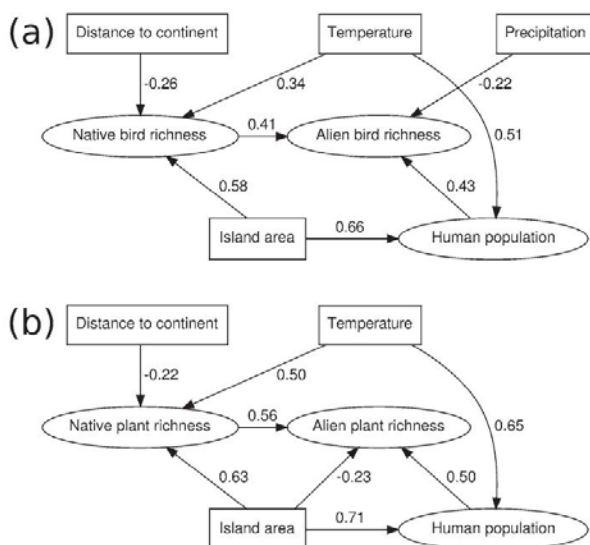


Obr. 2. Vztah mezi indexy charakterizujícími schopnost samooplození a globálním invazním úspěchem rostlinných druhů. Počet regionů, ve kterých druh po zavlečení zdomácněl, stoupá s mírou samooplození. Podle Razajantovo et al., Nature Communications 7: 13313, 2016.

Makroekologické srovnání invazí různých skupin organismů

Jedním z trendů ve výzkumu biologických invazí, který se projevuje v posledním desetiletí, je snaha najít obecné principy, platné pro širší okruh různých skupin organismů. Určité srovnání umožňují studie invazí u ptáků, rostlin (1) a hmyzu (2, 3), na nichž jsme se podíleli. U hmyzu hraje dominantní roli tzv. *pathway*, způsob zavlečení, který určuje složení nepůvodních společenstev, přičemž zákonitosti přirozené kolonizace ostrovů hmyzími druhy se liší od procesů probíhajících v důsledku lidské činnosti (2). V Evropě se pomocí analýzy rychlosti šíření nepůvodních druhů hmyzu prokázalo, že politické změny iniciované pádem železné opony v roce 1989 (a volný pohyb zboží a osob v rámci EU) usnadnily šíření hmyzu v rámci kontinentu, které se poté zrychlilo (3). U ptáků a rostlin je hlavním činitelem určujícím počet nepůvodních druhů zavlekaných na ostrovy hustota tamního obyvatelstva, zatímco druhová bohatost původních biot ovlivňuje spolu s heterogenitou habitatů pravděpodobnost, že se zavlekané druhy uchytí (1). Skutečnost, že invaze různých taxonomických skupin jsou řízeny specifickými mechanismy, může vést k diskusím, kde v době současných globálních změn končí přirozená kolonizace a začíná invaze. Tento rozpor lze ilustrovat na příkladu některých migrujících savců, například šakala, jehož počínající naturalizaci ve střední Evropě se nám daří monitorovat (4) – přístup k tomuto druhu se v jednotlivých členských zemích EU diametrálně liší. Přesto je třeba mít na paměti, že biologické invaze a přirozené kolonizace jsou odlišné procesy a tento rozdíl má zásadní důsledky pro výzkum, management a politické rozhodování (5).

1. Blackburn T. M., Delean S., **Pyšek P.** & Cassey P. (2016) On the island biogeography of aliens: a global analysis of the richness of alien plant and bird species on oceanic islands. *Global Ecology and Biogeography* 25: 859–868 (doi: 10.1111/geb.12339). – 2. Liebhold A. M., Yamanaka T., Roques A., Augustin S., Chown S. L., Bockerhoff E. G. & **Pyšek P.** (2016) Global compositional variation among native and non-native regional insect species assemblages emphasizes the importance of pathways. *Biological Invasions* 18: 893–905 (doi: 10.1007/s10530-016-1079-4). – 3. Roques A., Auger-Rozenberg M.-A., Blackburn T. M., Duncan R. P., Garnas J., **Pyšek P.**, Rabitsch W., Richardson D. M., Wingfield M. J. & Liebhold A. M. (2016) Temporal and interspecific variation in rates of spread for insect species invading Europe during the last 200 years. *Biological Invasions* 18: 907–920 (doi: 10.1007/s10530-016-1080-y). – 4. **Pyšková K.**, Storch D., Horáček I., **Kauzál O.** & **Pyšek P.** (2016) Golden jackal (*Canis aureus*) in the Czech Republic: the first record of a live animal and its long-term persistence in the colonized habitat. *ZooKeys* 641: 151–163 (doi: 10.3897/zookeys.641.10946). – 5. Wilson J. R. U., García-Díaz P., Cassey P., Richardson D. M., **Pyšek P.** & Blackburn T. M. (2016) Biological invasions and natural colonisations are different: the need for invasion science. *NeoBiota* 31: 87–98 (doi: 10.3897/neobiota.31.9185).

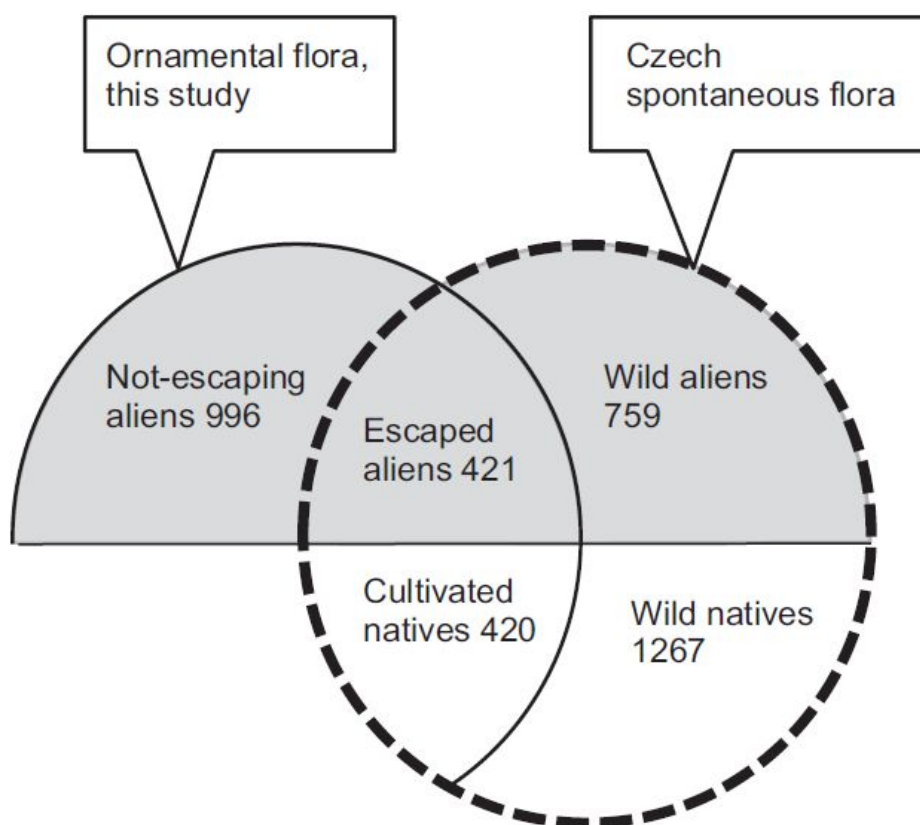


Obr. 3. Analýza cest zobrazující vztahy mezi faktory určujícími druhovou bohatost nepůvodních druhů ptáků (a) a rostlin (b) na ostrovech po celém světě. Podle Blackburna et al., *Global Ecology and Biogeography* 25: 859–868, 2016.

Okrasné rostliny jako zdroj invazí

Zahradnictví a s ním spojené pěstování okrasných rostlin představuje jeden z nejvýznamnějších způsobů zavlékání nepůvodních rostlin, mechanismy podmiňující tyto procesy a jejich úloha v naturalizaci jsou však stále nedostatečně známy. Vyjádřili jsme přímý vliv oblasti původu a biologických vlastností na naturalizaci a srovnali je s nepřímým vlivem zprostředkovaným rokem introdukce a frekvencí, s jakou byly druhy introdukovány. Počet botanických zahrad, kde se druh pěstuje (tedy míra frekvence pěstování) přímo zvyšoval pravděpodobnost naturalizace, zatímco většina vlastností rostlin měla vliv nepřímý (1). V další práci jsme pomocí dat o složení flóry pěstované v soukromých zahrádkách v ČR kvantifikovali tzv. *propagule pressure*, tedy intenzitu, s jakou jsou jednotlivé druhy introdukovány; téměř 80 % z nich jsou druhy nepůvodní, představující zásobárnu, která může generovat budoucí invaze (2).

1. Maurel N., Hanspach J., Kühn I., **Pyšek P.** & van Kleunen M. (2016) Introduction bias affects relationships between the characteristics of ornamental alien plants and their naturalization success. *Global Ecology and Biogeography* 25: 1500–1509 (doi: 10.1111/geb.12520). – 2. **Pergl J., Sádlo J., Petřík P., Danihelka J., Chrtek J. Jr., Hejda M., Moravcová L., Perglová I., Štajerová K. & Pyšek P.** (2016) Dark side of the fence: ornamental plants as a source for spontaneous flora of the Czech Republic. *Preslia* 88: 163–184.



Obr. 4. Struktura flóry pěstované v zahrádkách v ČR a její srovnání se spontánní květenou. *Wild natives* jsou původní druhy, které se nepěstují, *cultivated natives* původní druhy, které jsou rovněž pěstovány v zahradách. *Wild aliens* jsou nepůvodní druhy známé pouze jako zavlečené do volné přírody, *escaped aliens* pěstované nepůvodní druhy, které uplaňují, *not-escaping aliens* pěstované, avšak nezplaňující. From Pergl et al., *Preslia* 88: 163–184.