•研究报告•

广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局

高珂晓 李飞飞 柳晓燕 熊韞琦 李俊生 赵彩云*

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 外来入侵植物快速扩散、蔓延, 有些种类已进入国家级自然保护区, 威胁保护区的生物多样性。本文基于九万山国家级自然保护区134个草本样方的调查数据, 对比分析了外来入侵草本和本地草本物种多样性的空间分布格局, 并阐明了气候因素对物种丰富度分布格局的影响。本研究共记录本地草本143种, 隶属于54科115属; 外来入侵草本16种, 隶属于7科13属。本地草本的物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升显著增加($P < 0.05$), 而外来入侵草本的物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔升高呈下降趋势($P > 0.05$)。本地草本和入侵草本的均匀度随海拔升高变化均不显著($P > 0.05$)。在不同海拔梯度, 本地草本的Shannon-Wiener指数均显著高于外来入侵草本, 均匀度则相反。回归分析表明, 温度和降水量共解释了本地草本物种丰富度差异的41.6%, 其中温度解释率为21.4%, 降水量解释率为10.7%, 且温度的影响达到显著水平($P < 0.05$)。温度和降水量对外来入侵草本的物种丰富度均无显著影响($P > 0.05$), 单一因子解释率均较低, 分别为0.9%和0.4%。这些结果表明, 九万山国家级自然保护区外来入侵草本与本地草本物种多样性随海拔变化呈截然相反的空间分布格局, 且气候因素对两者分布格局的影响不同。外来入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构, 可能会威胁本地植物多样性, 建议加强此海拔区间外来入侵草本植物的管理。

关键词: 外来入侵草本植物; 本地草本植物; 气候因素; 海拔格局; 广义加性模型

Elevational patterns of invasive nonnative and native herbaceous species in Jiuwan Mountain National Nature Reserve of Guangxi

Kexiao Gao, Feifei Li, Xiaoyan Liu, Yunqi Xiong, Junsheng Li, Caiyun Zhao*

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012

Abstract: Invasive nonnative plants spread rapidly. Many have invaded into national nature reserves and are a threat to biodiversity. Based on a survey of 134 plots of herbaceous species in Jiuwan Mountain National Nature Reserve, we compared spatial distribution patterns of invasive and native herbaceous species diversity and examined the impact of climate factors on these patterns. A total of 143 native herbs were recorded, belonging to 54 families and 115 genera. Another 16 were invasive nonnative herbs, belonging to 7 families and 13 genera. With increasing altitude, species richness and the Shannon-Wiener index of native herbs increased significantly ($P < 0.05$), whereas that of invasive herbs decreased ($P > 0.05$). Evenness of neither native herbs nor invasive herbs changed significantly with altitude ($P > 0.05$). At different altitude gradients, the Shannon-Wiener index of native herbs was significantly higher than that of invasive herbs, but evenness was significantly lower. Regression analysis revealed that 41.6% of variance in native herb richness could be explained by temperature and precipitation (temperature = 21.4% of variance and precipitation = 10.7%), and native herb richness was significantly related to temperature ($P < 0.05$). Neither temperature nor precipitation was significantly related to invasive herb richness ($P > 0.05$), and variance explained by these two factors was low (temperature = 0.9% and precipitation = 0.4%). Our results suggest that in Jiuwan Mountain National Nature Reserve, invasive and native species diversity display opposite spatial distribution patterns

收稿日期: 2019-07-09; 接受日期: 2019-10-29

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC1201100)和国家自然科学基金(41701026)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhaocy@craes.org.cn

with altitude, and that climate factors had differential effects on these patterns. Invasive herbs had a relatively diverse community composition and stable community structure at altitudes of 800–1,000 m, which may threaten native herb diversity. We propose that the management of reserves should pay more attention to invasive and nonnative herbs at this altitude range.

Key words: invasive herbs; native herbs; climatic factors; elevational pattern; generalized additive model

我国是遭受生物入侵危害最严重的国家之一, 据外来入侵物种数据库(<http://www.chinaias.cn>)记录, 截至2018年11月, 我国的外来入侵物种已达754种; 在世界自然保护联盟(IUCN)公布的全球100种最具威胁的外来入侵物种中, 我国有50余种(戴小枫等, 2008)。外来入侵物种在“内禀优势-资源机遇-人类干扰”共同作用下可短时间内在入侵地暴发(鞠瑞亭等, 2012), 侵占本地物种的生存空间, 使入侵地生物多样性降低, 威胁生态环境健康(Gooden et al, 2009); 其快速扩散、蔓延给入侵地造成严重的经济损失(闫小玲等, 2012; 胥丹丹等, 2017)。外来入侵植物分布的生境较广泛, 常见于耕地、弃耕地、道路旁等人为干扰较大的生境中。近年来, 随着旅游开发的深入, 自然保护区受到的干扰增加, 外来植物入侵的风险也逐渐增大。目前, 已有53个国家级自然保护区开展了外来入侵植物调查(宫璐等, 2017), 但对于入侵植物在保护区中的分布格局及其影响因素尚缺乏相关的研究资料, 影响了保护区的管理工作。

物种多样性分布格局是生态学研究领域的前沿热点问题之一(Wang et al, 2018), 它有助于了解物种在不同环境梯度的变化规律及影响因素。植物物种多样性不仅受生物因素的影响, 还与非生物因素密不可分(孙岩等, 2018; 吴安驰等, 2018)。温度和降水量是非生物因素中影响物种多样性的重要环境因子(刘晔等, 2016; Panda & Behera, 2019; Zhong et al, 2019), 而海拔梯度变化包含了温度和降水量等多个因素的改变, 是影响植物多样性分布格局的主要环境因子(唐志尧和方精云, 2004; 张帅等, 2010; 何艳华等, 2013)。目前对物种多样性分布格局的研究大多集中于本地植物, 而对外来入侵植物的研究资料较少。许玥等(2016)研究发现怒江河谷地区外来入侵植物的物种丰富度随海拔升高而下降。然而不同地区外来入侵植物种类不同, 不同的种类具有不同的适应性, 且人类干扰程度存在差异, 因而分布格局也有可能不同。掌握特定区域外

来入侵植物的分布格局对预防和管理外来入侵植物具有重要意义。

九万山国家级自然保护区是广西物种数量最多、生物多样性最高的自然保护区之一, 其中珍稀濒危植物有19科29种(初立业等, 2002)。近年来, 有些外来入侵植物进入到该自然保护区中, 但具体种类及其分布格局尚不清楚, 入侵状况不明。本文拟通过对九万山国家级自然保护区不同海拔道路两侧植物进行样方调查, 探索以下科学问题: (1)主要外来入侵植物种类有哪些? (2)外来入侵草本和本地草本物种多样性的垂直分布格局是否有差异? (3)气候因素是否影响两类草本植物物种多样性的垂直分布格局? 通过本文研究, 希望能为保护区内外来入侵植物的防控管理和生物多样性保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

九万山国家级自然保护区(108°35′–108°48′ E, 25°01′–25°19′ N)位于广西北部, 处在河池市与柳州市交界处, 面积约25,212.8 ha。该保护区在苗岭山脉南端, 主体为中山, 南北走向, 山峰海拔普遍高于1,000 m, 最高峰1,693 m。保护区气候类型为中亚热带季风气候, 年均温12.0–17.1℃, 年均降水量1,600–2,100 mm(张艺成等, 2016)。保护区内的国家一级保护植物有3种, 分别为伯乐树(*Bretschneidera sinensis*)、南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*)和合柱金莲木(*Sauvagesia rhodoleuca*); 国家一级保护动物有5种, 为鼋(*Pelochelys cantorii*)、蟒蛇(*Python molurus*)、熊猴(*Macaca assamensis*)、金钱豹(*Panthera pardus*)和林麝(*Moschus berezovskii*) (钟寻等, 2010)。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查

2018年8月, 根据九万山国家级自然保护区的道路分布状况, 在最低至最高海拔区间内沿海拔梯

度共设置6条样线, 结合道路长度确定每条样线布设的样点数量, 每个样点至少调查5个1 m × 1 m样方。所有样方等距离分布在道路两侧, 共设置26个样点134个样方(图1, 附录1)。采用GPS定位, 记录样方的经纬度和海拔, 同时统计样方中草本物种及其个体数量。依据《中国外来入侵植物名录》(马金双和李惠茹, 2018)及专家鉴定区分外来入侵草本和本地草本。

1.2.2 气候因素

温度和降水量是影响植物物种多样性的重要环境因素。采用中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)提供的全国5年(2006–2010年)气象数据, 包括年均温和年均降水量等指标, 运用ArcGIS中的Spatial Analyst Tools功能提取每个调查样方的年均温和年均降水量。

1.2.3 数据分析

1.2.3.1 多样性指数

分别计算每个样方中入侵草本和本地草本的物种多样性, 公式如下(马克平和刘玉明, 1994):

Patrick丰富度指数:

图1 九万山国家级自然保护区植物调查样方分布图

Fig. 1 Plots of plant investigation in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

$$D = S \quad (1)$$

Shannon-Wiener多样性指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

Pielou均匀度指数:

$$J' = \frac{H'}{H_{\max}}, H_{\max} = \ln S \quad (3)$$

式中, S 分别为样方内入侵草本、本地草本数目; P_i 为物种 i 个体数占样方中所有物种个体的比率, $P_i = N_i/N$, N_i 为物种 i 的个体数, N 分别为样方中所有入侵草本、本地草本个体数之和。

1.2.3.2 物种多样性垂直格局

采用一元线性回归模型分别拟合物种丰富度、Shannon-Wiener指数、均匀度与海拔梯度的关系, 以确定九万山国家级自然保护区外来入侵草本和本地草本物种多样性沿海拔的空间分布格局。

1.2.3.3 环境因子对物种丰富度的影响

运用广义加性模型(generalized additive model, GAM)研究物种丰富度与环境因子的关系, 以探讨不同环境因子对物种多样性的影响。广义加性模型通过拟合非参数函数来估计响应变量与解释变量之间的关系, 能够最大限度符合原始数据趋势(Virgili et al, 2017)。研究中响应变量为外来入侵草本和本地草本物种丰富度, 解释变量选择年均降水量和年均温等环境因子。模型表达形式为:

$$g(E(Y)) = \alpha + f_1(x_1) + f_2(x_2) + \cdots + f_n(x_n) \quad (4)$$

式中, $g()$ 为连接函数, $E(Y)$ 表示响应变量 Y 的数学期望, α 为回归模型中的截距, $f_i(x_i)$ 为解释变量 x_i 的拟合函数。

模型回归分析使用R语言mgcv程序包中的gam函数完成(Wood, 2019), 根据赤池信息准则(Akaike Information Criterion, AIC)和各解释变量的显著程度选择GAM模型, 并计算模型可解释偏差。计算公式为:

$$Q = 1 - \text{残差偏差}/\text{无效偏差} \quad (5)$$

式中, Q 为模型可解释偏差, 无效偏差(null deviance)指截距偏差, 残差偏差(residual deviance)为包括截距和解释变量的偏差, 即模型的偏差。

所有样方气候数据使用地理信息系统软件ArcGIS 10.2获取, GAM模型分析与外来入侵草本植物海拔分布范围作图(Wickham et al, 2019)由统计软件R 3.6.0 (<https://www.r-project.org/>)完成。

2 结果

2.1 本地草本和外来入侵草本的组成与分布

134个草本样方共记录到159种草本植物, 其中本地草本植物143种, 隶属于54科115属; 外来入侵草本植物16种, 隶属7科13属(附录2)。本地草本中菊科、禾本科和蔷薇科植物最丰富, 分别为17、14、11种, 共占本地草本种数的29.4%。外来入侵草本中菊科植物最多, 有8种, 占外来入侵草本种数的50%, 分别为小蓬草(*Erigeron canadensis*)、苏门白酒草(*E. sumatrensis*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、大狼把草(*B. frondosa*)、藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)、败酱叶菊芹(*Erechtites valerianifolius*)、钻叶紫菀(*Symphiotrichum subulatum*)、野茼蒿(*Crassocephalum crepidioides*)。野茼蒿和小蓬草是入侵频率最高的两种植物, 分别出现在42.5%和37.3%的调查样方中。

对16种外来入侵草本植物适生海拔分布范围的分析结果表明(图2), 棕叶狗尾草(*Setaria palmifolia*)、野茼蒿、小蓬草、苏门白酒草、藿香蓟、红花酢浆草(*Oxalis corymbosa*)、大狼把草和败酱叶菊芹等8种外来入侵植物在海拔300–1,200 m的范围均有分布, 喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和少花龙葵(*Solanum americanum*)仅分布在保护区海拔1,000 m以上区域, 钻叶紫菀、鬼针草、青葙(*Celosia argentea*)、阔叶丰花草(*Spermacoce alata*)、喀西茄(*Solanum aculeatissimum*)和垂序商陆(*Phytolacca americana*)主要分布在海拔600–1,000 m区域。外来

入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构。

2.2 本地与外来入侵草本物种多样性垂直分布格局

本地草本物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升呈显著线性增加的趋势($P < 0.05$), 物种丰富度在海拔993 m处达到最大值, 平均物种数为11.4(图3)。而外来入侵草本植物多样性垂直格局截然相反: 物种丰富度和Shannon-Wiener指数随海拔上升呈下降的趋势, 物种丰富度在海拔284 m处达到最大值, 平均物种数为3.5(图3)。无论本地草本还是外来入侵草本, 均匀度随海拔升高均变化不显著($P > 0.05$)。在各个海拔范围, 本地草本物种丰富度和Shannon-Wiener指数均高于入侵草本, 均匀度则相反(图3)。

2.3 本地草本和外来入侵草本物种丰富度与气候因素的关系

广义加性模型分析结果表明(表1): 年均温和降水量共解释了本地草本物种丰富度差异的41.6%, 年均温单独解释率为21.4%, 年均降水量解释率为10.7%, 两者对本地草本物种丰富度的影响具有协同效应。本地草本物种丰富度随温度升高而降低, 且温度对其影响达到显著水平($P < 0.05$; 图4), 降水量在海拔区间内变化范围较小, 对本地草本物种丰富度无显著影响($P > 0.05$)。

通过广义加性模型中各环境因子的显著性分析(表1), 发现年均温和年均降水量对外来入侵草本物种丰富度均无显著影响, 且单一因子解释率较低,

图2 九万山国家级自然保护区外来入侵草本植物分布的海拔范围

Fig. 2 The elevation range of invasive herbs distribution in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

图3 九万山国家级自然保护区本地与外来入侵草本丰富度、Shannon-Wiener指数及均匀度指数随海拔的分布
Fig. 3 Elevational pattern of native and invasive herbs species richness, Shannon-Wiener index, and evenness index in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

图4 本地草本物种丰富度与年均温、年均降水量的关系(虚线: 95%置信区间)
Fig. 4 Relationship between native herbaceous richness and temperature or precipitation (dashed lines: 95% confidence bands)

表1 广义加性模型拟合结果偏差分析。* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ 。
Table 1 Analysis of deviance for generalized additive model fitted to research data. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

模型因子 Model factors		P	赤池信息准则 Akaike Information Criterion	偏差解释 Deviance explained (%)
本地草本 Native herbs	年均温 Mean annual temperature	0.017*	115.379	21.4
	年均降水量 Mean annual precipitation	0.103	118.709	10.7
	年均温/年均降水量 Mean annual precipitation/Mean annual temperature	0.006**/0.203	113.215	41.6
入侵草本 Invasive herbs	年均温 Mean annual temperature	0.643	43.340	0.9
	年均降水量 Mean annual precipitation	0.772	43.484	0.4
	年均温/年均降水量 Mean annual precipitation/Mean annual temperature	0.013*/0.103	38.878	34.3

分别为0.9%和0.4%，因此模型中解释变量不可加。

3 讨论

3.1 本地草本和外来入侵草本物种多样性的垂直分布格局

不同生活型植物的物种丰富度垂直分布格局存在差异，例如，伊朗Hyrcanian森林中草本层植物物种丰富度随海拔升高呈增加趋势，而木本层表现为多峰分布(Pourbabaei et al, 2019)。并且不同生境中草本物种丰富度垂直分布格局也有较大差别，例

如，在东非肯尼亚山，草本物种丰富度随海拔变化呈先增后减的单峰格局(Zhou et al, 2019); 在科尔沁沙地，植物物种丰富度与海拔之间存在显著正相关(王寅等, 2018)。此外，即使是在同一地区，起源不同的植物(本地植物和外来植物)，其物种丰富度的分布格局也可能不同。Dar等(2018)揭示了喀什米尔地区喜马拉雅山脉本地和外来植物物种丰富度不同的海拔分布格局，本地植物物种丰富度随海拔上升而增加，外来植物则相反。许玥等(2016)的研究也表明，怒江河谷地区外来入侵草本和本地草本物

种丰富度分布格局不同。

在本研究中,九万山国家级自然保护区外来入侵草本与本地草本物种丰富度在海拔梯度上的分布格局不同。本地草本物种丰富度随海拔升高呈显著增加的趋势,而外来入侵草本物种丰富度随海拔升高呈降低趋势。造成外来入侵植物和本地草本植物多样性垂直分布格局差异的原因主要是影响因素的差别,本地植物多样性垂直格局受温度、降水等环境因子影响较大(许莎莎等, 2011),而外来入侵植物多样性分布主要受人类活动影响(Delnatte & Meyer, 2012; Zhang et al, 2012; Nath et al, 2019)。在该保护区内,外来入侵草本均匀度普遍高于本地草本,结合它们的海拔分布范围,发现外来入侵草本植物在海拔800–1,000 m地区具有相对多样的群落组成和较稳定的群落结构,而本地草本虽然物种丰富度较高,但均匀度低,群落稳定性相对较差。因此,在该海拔区内,外来入侵草本可能会威胁本地草本的生存,降低物种多样性。

3.2 环境因子对本地草本与外来入侵草本物种丰富度格局的影响

环境因子影响物种丰富度分布格局已被广泛认可(Nottingham et al, 2018; Moradi & Oldeland, 2019),其中水分–能量动态假说(water-energy dynamic hypothesis)(Hawkins et al, 2003)是用来解释物种多样性海拔格局的主要假说之一,伴随着海拔升高,水热组合发生变化,植被类型更替明显,群落结构不尽相同,物种丰富度也存在一定差异。本研究中,九万山国家级自然保护区本地草本物种丰富度在海拔梯度上的差异受到水热条件影响较大,解释率达41.6%,符合水分–能量动态假说,未被解释部分可能与土壤、地形、坡向、郁闭度等环境因子(胡芳等, 2018; Dong et al, 2019)及人类活动有关。低海拔地区,本地草本丰富度较低,但降水量和温度相对适宜,主要原因是该区域处在保护区试验区范围,受到人为扰动较大。Hegazy等(2007)认为人类活动压力如砍伐、放牧、开发旅游等导致栖息地退化,植被覆盖度下降,严重威胁生物多样性。

外来入侵草本物种丰富度随海拔梯度变化表现为下降趋势,受温度和降水量影响较小,形成这种格局的原因主要包括: (1)人类活动在高海拔地区减少,一定程度上阻断了种子扩散传播(Guo et al, 2018)。(2)高海拔地区各种环境因素越来越严峻,许

多入侵植物受自身生物学和生态学特性制约,对极端环境的适应性较差,不适合在高海拔地区定殖、生长(Medvecká et al, 2018),例如,原产于热带美洲的阔叶丰花草在我国的分布范围较小,且它的生境海拔一般不超过800 m(Wiersema et al, 2017)。(3)高海拔地区本地草本植物的物种丰富度较高,可能通过种间竞争(吕远等, 2011)、资源利用(Pearson et al, 2018)、化感作用(Adomako et al, 2019)等在一定程度上抵御外来植物的入侵,导致外来入侵草本植物丰富度较低。低海拔地区气候环境因素适合人类生存,频繁的人类活动加剧了外来物种入侵、扩散和传播。Jakobs等(2010)研究表明,随着海拔升高,道路长度减小,人类活动减弱,外来植物物种丰富度降低。海拔梯度包含的水热条件变化并不是导致外来入侵植物物种丰富度垂直分布格局的主要原因,道路、城镇等人类活动及生境适合度可能决定了外来入侵植物的分布(Tanaka & Sato, 2016)。

九万山国家级自然保护区地处我国中亚热带常绿阔叶林带向亚热带常绿阔叶林带过渡的特殊地带,森林生态系统类型丰富多样,是广西三大植物特有现象中心之一(钟寻等, 2010)。景区对外开放,随着旅游的不断开发,人类活动会越来越多,增加了外来植物入侵风险,给生物多样性保护带来困难。因而,建议保护区在开发旅游业过程中,应严格限制对核心区的扰动,控制旅游活动范围,加大对防控外来入侵物种的宣传,减轻外来入侵物种对保护区的影响。同时考虑到在海拔800–1,000 m地区外来入侵植物种类相对较多,且该区间均为保护区核心区范围,建议保护区加强该区间外来入侵植物监测并做好清除工作。海拔800 m以下人类活动相对频繁的实验区需加大对外来入侵植物的监管力度。

致谢: 感谢中央民族大学刘博老师和九万山国家级自然保护区相关工作人员在野外调查及物种鉴定工作中给予的支持和帮助。

参考文献

- Adomako MO, Ning L, Tang M, Du DL, van Kleunen M, Yu FH (2019) Diversity- and density-mediated allelopathic effects of resident plant communities on invasion by an exotic plant. *Plant Soil*, 440, 581–592.

- Chu LY, Ning SJ, Tang RQ (2002) The rare and endangered plants and their conservation policies in Jiuyan Mountain of Guangxi. *Guihaia*, 22, 225–227. (in Chinese with English abstract) [初立业, 宁世江, 唐润琴 (2002) 广西九万山珍稀濒危植物及其保育对策. *广西植物*, 22, 225–227.]
- Dai XF, Wu KM, Wan FH, Chen WQ, Li LH (2008) Discussion on objective and research priority for agricultural biological security in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 41, 1691–1699. (in Chinese with English abstract) [戴小枫, 吴孔明, 万方浩, 陈万全, 李立会 (2008) 中国农业生物安全的科学问题与任务探讨. *中国农业科学*, 41, 1691–1699.]
- Dar PA, Reshi ZA, Shah AB (2018) Altitudinal distribution of native and alien plant species along roadsides in Kashmir Himalaya, India. *Tropical Ecology*, 59, 45–55.
- Delnatte C, Meyer JY (2012) Plant introduction, naturalization, and invasion in French Guiana (South America). *Biological Invasions*, 14, 915–927.
- Dong SK, Sha W, Su XK, Zhang Y, Li S, Gao XX, Liu SL, Shi JB, Liu QR, Hao Y (2019) The impacts of geographic, soil and climatic factors on plant diversity, biomass and their relationships of the alpine dry ecosystems: Cases from the Aejin Mountain Nature Reserve, China. *Ecological Engineering*, 127, 170–177.
- Gong L, Li JS, Liu XY, Zhao XJ, Zhao CY (2017) Analysis of invasive alien species in Chinese national nature reserves. *Ecological Science*, 36, 210–216. (in Chinese with English abstract) [宫璐, 李俊生, 柳晓燕, 赵相健, 赵彩云 (2017) 我国部分国家级自然保护区外来入侵物种的分布概况. *生态科学*, 36, 210–216.]
- Gooden B, French K, Turner PJ, Downey PO (2009) Impact threshold for an alien plant invader, *Lantana camara* L., on native plant communities. *Biological Conservation*, 142, 2631–2641.
- Guo QF, Fei SL, Shen ZH, Iannone III BV, Knott J, Chown SL (2018) A global analysis of elevational distribution of non-native versus native plants. *Journal of Biogeography*, 45, 793–803.
- Hawkins BA, Field R, Cornell HV, Currie DJ, Guegan JF, Kaufman DM, Kerr JT, Mittelbach GG, Oberdorff T, O'Brien EM, Porter EE, Turner JRG (2003) Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology*, 84, 3105–3117.
- He YH, Yan M, Zhang QD, Zhang ZF, Miao YM, Bi RC (2013) Altitudinal pattern of plant species diversity in the Wulu Mountain Nature Reserve, Shanxi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2452–2462. (in Chinese with English abstract) [何艳华, 闫明, 张钦弟, 张直峰, 苗艳明, 毕润成 (2013) 五鹿山国家级自然保护区物种多样性海拔格局. *生态学报*, 33, 2452–2462.]
- Hegazy A, Lovett-Doust J, Hammouda O, Gomaa N (2007) Vegetation distribution along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Community Ecology*, 8, 151–162.
- Hu F, Zeng FP, Du H, Peng WX, Zhang F, Tan WN, Song TQ (2018) Scale-dependent spatial patterns for species diversity in a karst evergreen and deciduous broad-leaved mixed forest of northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 6074–6083. (in Chinese with English abstract) [胡芳, 曾馥平, 杜虎, 彭晚霞, 张芳, 谭卫宁, 宋同清 (2018) 桂西北喀斯特常绿阔叶混交林物种多样性分布格局的尺度效应. *生态学报*, 38, 6074–6083.]
- Jakobs G, Kueffer C, Daehler CC (2010) Introduced weed richness across altitudinal gradients in Hawai'i: Humps, humans and water-energy dynamics. *Biological Invasions*, 12, 4019–4031.
- Ju RT, Li H, Shih CJ, Li B (2012) Progress of biological invasions research in China over the last decade. *Biodiversity Science*, 20, 581–611. (in Chinese with English abstract) [鞠瑞亭, 李慧, 石正人, 李博 (2012) 近十年中国生物入侵研究进展. *生物多样性*, 20, 581–611.]
- Liu Y, Li P, Xu Y, Shi SL, Ying LX, Zhang WJ, Peng PH, Shen ZH (2016) Quantitative classification and ordination for plant communities in dry valleys of Southwest China. *Biodiversity Science*, 24, 378–388. (in Chinese with English abstract) [刘晔, 李鹏, 许玥, 石松林, 应凌霄, 张婉君, 彭培好, 沈泽昊 (2016) 中国西南干旱河谷植物群落的数量分类和排序分析. *生物多样性*, 24, 378–388.]
- Lü Y, Wang GQ, Zheng L, Ni HW (2011) Competitiveness of invasive plant *Flaveria bidentis* with native weed plants. *Chinese Journal of Ecology*, 30, 677–681. (in Chinese with English abstract) [吕远, 王贵启, 郑丽, 倪汉文 (2011) 入侵植物黄顶菊与本地植物的竞争. *生态学杂志*, 30, 677–681.]
- Ma JS, Li HR (2018) The Checklist of the Alien Invasive Plants in China. Higher Education Press, Beijing. (in Chinese) [马金双, 李惠茹 (2018) 中国外来入侵植物名录. 高等教育出版社, 北京.]
- Ma KP, Liu YM (1994) Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (part 2). *Chinese Biodiversity*, 2, 231–239. (in Chinese) [马克平, 刘玉明 (1994) 生物群落多样性的测度方法I. α 多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 2, 231–239.]
- Medvecká J, Zaliberová M, Majeková J, Senko D, Jarolimek I (2018) Role of infrastructure and other environmental factors affecting the distribution of alien plants in the Tatra Mts. *Folia Geobotanica*, 53, 349–364.
- Moradi H, Oldeland J (2019) Climatic stress drives plant functional diversity in the Alborz Mountains, Iran. *Ecological Research*, 34, 171–181.
- Nath A, Sinha A, Lahkar BP, Brahma N (2019) In search of Aliens: Factors influencing the distribution of *Chromolaena odorata* L. and *Mikania micrantha* Kunth in the Terai grasslands of Manas National Park, India. *Ecological Engineering*, 131, 16–26.
- Nottingham AT, Fierer N, Turner BL, Whitaker J, Ostle NJ,

- McNamara NP, Bardgett RD, Leff JW, Salinas N, Silman M, Kruuk L, Meir P (2018) Microbes follow Humboldt: Temperature drives plant and soil microbial diversity patterns from the Amazon to the Andes. *Ecology*, 99, 2455–2466.
- Panda RM, Behera MD (2019) Assessing harmony in distribution patterns of plant invasions: A case study of two invasive alien species in India. *Biodiversity and Conservation*, 28, 2245–2258.
- Pearson DE, Ortega YK, Villarreal D, Lekberg Y, Cock MC, Eren Ö, Hierro J (2018) The fluctuating resource hypothesis explains invasibility, but not exotic advantage following disturbance. *Ecology*, 99, 1296–1305.
- Pourbabaie H, Salehi A, Ebrahimi SS, khodaparast F (2019) Modelling of plant species richness along altitudinal gradient: Asalem Watershed basin, temperate deciduous forests in northern Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 335–347.
- Sun Y, He MZ, Wang L (2018) Effects of precipitation control on plant diversity and biomass in a desert region. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 2425–2433. (in Chinese with English abstract) [孙岩, 何明珠, 王立 (2018) 降水控制对荒漠植物群落物种多样性和生物量的影响. *生态学报*, 38, 2425–2433.]
- Tanaka T, Sato T (2016) Contemporary patterns and temporal changes in alien plant species richness along an elevational gradient in central Japan. *Plant Ecology and Evolution*, 149, 177–188.
- Tang ZY, Fang JY (2004) A review on the elevational patterns of plant species diversity. *Biodiversity Science*, 12, 20–28. (in Chinese with English abstract) [唐志尧, 方精云 (2004) 植物物种多样性的垂直分布格局. *生物多样性*, 12, 20–28.]
- Virgili A, Racine M, Authier M, Monestiez P, Ridoux V (2017) Comparison of habitat models for scarcely detected species. *Ecological Modelling*, 346, 88–98.
- Wang JH, Cai YF, Zhang L, Xu CK, Zhang SB (2018) Species richness of the family Ericaceae along an elevational gradient in Yunnan, China. *Forests*, 9, 511.
- Wang Y, Wang JM, Cui PJ, Zhong YM, Li JW, Chu JM (2018) Biogeographical patterns and environmental interpretation of plant species richness in the Horqin Sandy Lands. *Plant Science Journal*, 36, 794–803. (in Chinese with English abstract) [王寅, 王键铭, 崔盼杰, 钟悦鸣, 李景文, 褚建民 (2018) 科尔沁沙地植物物种丰富度格局及其与环境的关系. *植物科学学报*, 36, 794–803.]
- Wickham H, Cheng W, Henry L, Pedersen TL, Takahashi K, Wilke C, Woo K (2019) Ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2/>. (accessed on 2019-06-10)
- Wiersema JH, Delprete PG, Kirkbride JH, Franck AR (2017) A new weed in Florida, *Spermacoce latifolia*, and the distinction between *S. alata* and *S. latifolia* (Spermacoceae, Rubiaceae). *Castanea*, 82, 114–131.
- Wood S (2019) Mgecv: Mixed GAM computation vehicle with automatic smoothness estimation. <https://CRAN.R-project.org/package=mgecv/>. (accessed on 2019-06-10)
- Wu AC, Deng XW, Ren XL, Xiang WH, Zhang L, Ge R, Niu ZE, He HL, He LJ (2018) Biogeographic patterns and influencing factors of the species diversity of tree layer community in typical forest ecosystems in China. *Acta Ecologica Sinica*, 38, 7727–7738. (in Chinese with English abstract) [吴安驰, 邓湘雯, 任小丽, 项文化, 张黎, 葛蓉, 牛忠恩, 何洪林, 何立杰 (2018) 中国典型森林生态系统乔木层群落物种多样性的空间分布格局及其影响因素. *生态学报*, 38, 7727–7738.]
- Xu DD, Chen L, Wang XW, Lu M (2017) Advances in the research on invasive insects in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 54, 885–897. (in Chinese with English abstract) [胥丹丹, 陈立, 王晓伟, 鲁敏 (2017) 我国入侵昆虫学研究进展. *应用昆虫学报*, 54, 885–897.]
- Xu SS, Sun GJ, Liu HM, Gong XP, Hao YY, Zhang LX (2011) The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 2421–2429. (in Chinese with English abstract) [许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 龚雪平, 郝媛媛, 张立勋 (2011) 黑河河岸植被与环境因子间的相互作用. *生态学报*, 31, 2421–2429.]
- Xu Y, Li P, Liu Y, Zhang WJ, Qin SY, Shen ZH (2016) Spatial patterns and determinants of species richness of alien and native plants in the Nujiang River valley. *Biodiversity Science*, 24, 389–398. (in Chinese with English abstract) [许玥, 李鹏, 刘晔, 张婉君, 秦思雨, 沈泽昊 (2016) 怒江河谷入侵植物与乡土植物丰富度的分布格局与影响因素. *生物多样性*, 24, 389–398.]
- Yan XL, Shou HY, Ma JS (2012) The problem and status of the alien invasive plants in China. *Plant Diversity and Resources*, 34, 287–313. (in Chinese with English abstract) [闫小玲, 寿海洋, 马金双 (2012) 中国外来入侵植物研究现状及存在的问题. *植物分类与资源学报*, 34, 287–313.]
- Zhang S, Guo SL, Guan M, Yin LP, Zhang RX (2010) Diversity differentiation of invasive plants at a regional scale in China and its influencing factors: According to analyses on the data from 74 regions. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 4241–4256. (in Chinese with English abstract) [张帅, 郭水良, 管铭, 印丽萍, 张若轩 (2010) 我国入侵植物多样性的区域分异及其影响因素——以74个地区数据为基础. *生态学报*, 30, 4241–4256.]
- Zhang YC, Wang GJ, Zhu YL (2016) Relationship between NDVI and climate elements in Jiawan Mountain in the last 14 years. *Journal of Central South University of Forestry and Technology*, 36(7), 81–88. (in Chinese with English abstract) [张艺成, 王光军, 朱玉林 (2016) 九万山近14年植被变化与气候因子的相关关系. *中南林业科技大学学报*, 36(7), 81–88.]
- Zhang YY, Feng JC, Sang WG, Xue DY (2012) Distribution of invasive plant species in relation to environmental and anthropogenic factors in five nature reserves in Northern

- China. *Journal of Resources and Ecology*, 3, 278–283.
- Zhong MX, Song J, Zhou ZX, Ru JY, Zheng MM, Li Y, Hui DF, Wan SQ (2019) Asymmetric responses of plant community structure and composition to precipitation variabilities in a semi-arid steppe. *Oecologia*, 191, 697–708.
- Zhong X, Wei GA, Huang WJ (2010) Jiuwan Mountain: Background of the subtropical evergreen broad-leaved forest. *Forest and Humankind*, 12, 114–119. (in Chinese) [钟寻, 韦国安, 黄伟剑 (2010) 九万山: 中亚热带常绿阔叶林的本底. *森林与人类*, 12, 114–119.]
- Zhou Y, Ochola AC, Njogu AW, Boru BH, Mwachala G, Hu G, Xin H, Wang Q (2019) The species richness pattern of vascular plants along a tropical elevational gradient and the test of elevational Rapoport's rule depend on different life-forms and phytogeographic affinities. *Ecology and Evolution*, 9, 4495–4503.
- (责任编辑: 于飞海 责任编辑: 黄祥忠)

附录 Supplementary Material

附录1 九万山国家级自然保护区草本样方调查信息

Appendix 1 Plots investigation of herbs in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019221-1.pdf>

附录2 九万山国家级自然保护区外来入侵植物名录

Appendix 2 The checklist of the alien invasive plants in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019221-2.pdf>

高珂晓, 李飞飞, 柳晓燕, 熊韞琦, 李俊生, 赵彩云. 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1047–1055.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019221>

附录1 九万山国家级自然保护区草本样方调查信息
Appendix 1 Plots investigation of herbs in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

样线 Sampling line	样点 Sampling site	纬度 Latitude (°N)	经度 Longitude (°E)	海拔 Altitude (m)
样线 I	I-1 (5 plots)	25.093803	108.794431	271.68
	I-2 (6 plots)	25.096936	108.787821	506.97
	I-3 (6 plots)	25.088397	108.800899	284.48
	I-4 (5 plots)	25.085221	108.711692	558.27
	I-5 (5 plots)	25.089388	108.710663	660.28
样线 II	II-1 (5 plots)	25.089548	108.704663	677.41
	II-2 (5 plots)	25.090306	108.702095	710.98
	II-3 (5 plots)	25.09305	108.702488	758.77
样线 III	III-1 (5 plots)	25.182946	108.63181	993.37
	III-2 (5 plots)	25.195506	108.641788	1,124.86
	III-3 (5 plots)	25.19378	108.664426	1,147.91
	III-4 (5 plots)	25.193448	108.667324	1,138.93
	III-5 (5 plots)	25.200306	108.671646	1,154.75
样线 IV	IV-1 (5 plots)	25.205807	108.675629	1,193.5
	IV-2 (5 plots)	25.212457	108.673055	1,142.12
	IV-3 (5 plots)	25.222579	108.668699	993.32
	IV-4 (5 plots)	25.22272	108.671247	899.48
	IV-5 (7 plots)	25.219775	108.675711	816.3
样线 V	V-1 (5 plots)	25.194418	108.732694	788.23
	V-2 (5 plots)	25.193367	108.734375	810.34
	V-3 (5 plots)	25.192782	108.734724	828.6
	V-4 (5 plots)	25.188372	108.735479	893.29
	V-5 (5 plots)	25.184683	108.732136	982.7
样线 VI	VI-1 (5 plots)	25.180812	108.731527	1,005.33
	VI-2 (5 plots)	25.180605	108.730203	1,006.64
	VI-3 (5 plots)	25.191054	108.736161	884.96

高珂晓, 李飞飞, 柳晓燕, 熊韞琦, 李俊生, 赵彩云. 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1047–1055.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019221>

附录 2 九万山国家级自然保护区外来入侵植物名录

Appendix 2 The checklist of the alien invasive plants in Jiuwan Mountain National Nature Reserve

物种 Species	原产地 Origin	分布 Distribution
菊科 Asteraceae		
小蓬草 <i>Erigeron canadensis</i>	北美洲 North America	全国 All provinces of China
苏门白酒草 <i>Erigeron sumatrensis</i>	南美洲 South America	安徽, 澳门, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	美洲 America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 山西, 上海, 四川, 台湾, 天津, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
大狼把草 <i>Bidens frondosa</i>	北美洲 North America	安徽, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 云南, 浙江 Anhui, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Yunnan, Zhejiang
藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	热带美洲 Tropical America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 天津, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
败酱叶菊芹 <i>Erechtites valerianifolius</i>	热带美洲 Tropical America	福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 台湾, 香港, 云南 Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Taiwan, Hong Kong, Yunnan
钻叶紫菀 <i>Symphytotrichum subulatum</i>	美洲 America	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
野茼蒿 <i>Crassocephalum crepidioides</i>	非洲 Africa	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
苋科 Amaranthaceae		
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	巴西 Brazil	安徽, 澳门, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 青海, 陕西, 山东, 山西, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Qinghai, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
青葙 <i>Celosia argentea</i>	印度 India	安徽, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 吉林, 江苏, 江西, 辽宁, 内蒙古, 宁夏, 青海, 陕西, 山东, 山西, 四川, 台湾, 西藏, 新疆, 云南, 浙江 Anhui, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jilin, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Neimenggu, Ningxia, Qinghai, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Sichuan, Taiwan, Tibet, Xinjiang, Yunnan, Zhejiang
茄科 Solanaceae		
少花龙葵 <i>Solanum americanum</i>	美洲 America	澳门, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河南, 湖北, 湖南, 江西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Macao, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hubei, Hunan, Jiangxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
喀西茄 <i>Solanum aculeatissimum</i>	巴西 Brazil	重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang

高珂晓, 李飞飞, 柳晓燕, 熊韞琦, 李俊生, 赵彩云. 广西九万山国家级自然保护区外来入侵和本地草本植物多样性垂直分布格局. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1047–1055.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019221>

酢浆草科 Oxalidaceae

红花酢浆草 Oxalis corymbosa	热带美洲 Tropical America	全国 All provinces of China
---------------------------	--------------------------	---------------------------

商陆科 Phytolaccaceae

垂序商陆 Phytolacca americana	北美洲 North America	安徽, 北京, 重庆, 福建, 甘肃, 广东, 广西, 贵州, 海南, 河北, 河南, 黑龙江, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 辽宁, 陕西, 山东, 山西, 上海, 四川, 台湾, 天津, 香港, 新疆, 云南, 浙江 Anhui, Beijing, Chongqing, Fujian, Gansu, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hebei, Henan, Heilongjiang, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Liaoning, Shaanxi, Shandong, Shanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tianjin, Hong Kong, Xinjiang, Yunnan, Zhejiang
------------------------------	----------------------	--

禾本科 Poaceae

棕叶狗尾草 Setaria palmifolia	亚洲 Asia	安徽, 澳门, 重庆, 福建, 广东, 广西, 贵州, 海南, 湖北, 湖南, 江苏, 江西, 内蒙古, 青海, 陕西, 上海, 四川, 台湾, 西藏, 香港, 云南, 浙江 Anhui, Macao, Chongqing, Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Hubei, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Neimenggu, Qinghai, Shaanxi, Shanghai, Sichuan, Taiwan, Tibet, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
-----------------------------	---------	---

茜草科 Rubiaceae

阔叶丰花草 Spermacoce alata	热带美洲 Tropical America	澳门, 福建, 广东, 广西, 海南, 湖南, 江苏, 江西, 台湾, 香港, 云南, 浙江 Macao, Fujian, Guangdong, Guangxi, Hainan, Hunan, Jiangsu, Jiangxi, Taiwan, Hong Kong, Yunnan, Zhejiang
---------------------------	--------------------------	---

各外来入侵植物分布省份来源于《中国外来入侵植物名录》(马金双和李惠茹, 2018)和中国外来入侵物种名单 (<http://www.mee.gov.cn/>)。
Distribution of provinces refers to *The Checklist of the Alien Invasive Plants in China* (Ma & Li, 2018) and the Checklist of the Alien Invasive Species in China (<http://www.mee.gov.cn/>).