

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2021.03.002

影响河北省外来物种入侵的 社会经济因素分析

陈凤新¹, 刘丛楠¹, 张凤娟^{2*}

¹河北大学经济学院, 河北 保定 071002; ²河北大学生命科学学院, 河北 保定 071002

摘要:【目的】探讨影响河北省外来物种入侵的社会经济因素,以期能够为河北省外来物种的防控提供可行性建议对策。【方法】通过查阅期刊、专著和数据库等分析了河北省外来入侵物种情况,对 2003、2007、2011、2015、2019 年 5 个时间节点的进口贸易、旅游人数、境内公路公里数 3 个社会经济变量与外来入侵物种量进行相关性分析,明确影响河北省外来入侵生物的社会经济因素,进而通过建立时间序列模型预测出未来几年进口贸易额的变化情况,利用曲线估计预测 2023 年的外来入侵物种数量。【结果】河北省外来入侵物种数呈现逐年增长的趋势,且在各年的外来入侵物种中均有超过 85%是与人类活动有关;进口贸易总额、入境旅游总人数和境内公路公里数与外来入侵物种数之间都表现出显著的正相关关系;预测显示,到 2023 年河北省的外来入侵物种数将达到 367 种。【结论】社会经济的发展将会带来更多的外来入侵物种,基于河北省外来入侵生物的入侵途径提出了防控外来物种入侵的对策。

关键词: 外来物种入侵; 社会经济因素; 增长预测; 对策建议



开放科学标识码
(OSID 码)

Analysis of socio-economic factors that affected the invasion of alien species in Hebei Province

CHEN Fengxin¹, LIU Congnan¹, ZHANG Fengjuan²

¹*School of Economics, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China;*

²*School of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China*

Abstract: 【Aim】The socio-economic factors that affect the invasion of alien species in Hebei Province were explored to provide feasible countermeasures and suggestions for the prevention and control of alien species. 【Method】The distribution of invasive alien species in Hebei Province was analyzed by reviewing scientific journals, monographs, and databases. To illustrate the socio-economic factors affecting the invasion of alien species in Hebei Province, correlation analysis between the number of invasive alien species and the import trade, number of tourists, and total length of highways within the province in 2003, 2007, 2011, 2015, and 2019 was performed. The change in the value of import trade in the next few years was predicted by establishing a time series model. The number of invasive alien species was predicted by 2023 using a curve estimation. 【Result】The number of invasive alien species in Hebei Province increased yearly, and more than 85% of invasive alien species in each year were introduced by intentional or unintentional human activities. There was a significant positive correlation between the total value of import trade, total number of inbound tourists, and length of the road network and the number of invasive alien species. The number of invasive alien species in Hebei Province was estimated to reach 367 by 2023. 【Conclusion】This study shows that social and economic developments will lead to more invasion of alien species in Hebei Province. Based on the pathways of invasive alien species, countermeasures to prevent and control the invasion of alien species are proposed.

Key words: invasion of alien species; socioeconomic factors; growth forecast; suggestions

收稿日期(Received): 2021-03-30 接受日期(Accepted): 2021-04-29

基金项目: 河北省科技厅软科学项目(20557676D)

作者简介: 陈凤新, 男, 副教授。研究方向: 国际贸易, 生态经济。E-mail: fengxinchen@126.com

* 通信作者(Author for correspondence), E-mail: fengjuanzhang@126.com

随着通关的便利和贸易的自由化,国际间的货物贸易和人员流动日益频繁,加大了外来物种入侵的风险 (Bradley *et al.*, 2012)。外来物种入侵是由原生分布区的生物通过自然的或者人类活动有意或无意引入到另一个新环境,并对当地生态系统甚至经济社会的发展产生严重威胁的过程 (Wan *et al.*, 2017)。全球每年因外来物种入侵所导致的直接或者间接经济损失超过 1.4 万亿美元,占全球经济总量的比例高达 5% (Engeman *et al.*, 2010)。中国是外来物种入侵的重灾国,每年因外来物种入侵导致我国经济损失超过 2 千亿元 (陈宝雄等, 2020)。河北省靠近北京和天津,河北省生物入侵的防范和生态安全的建设是京津冀协同健康发展的重要保障。随着河北省自贸区的设立和交通设施的迅速发展,河北省的贸易往来必然加大 (Chen, 2018),因此,探究影响河北省外来物种入侵的社会经济因素,并针对性地提出防控措施将有利于河北省外来物种的防范。但是,截至目前,相关研究报道还很少。因而,本研究在调查和分析外来物种入侵情况的基础上,通过分析社会经济因素与外来物种入侵之间的相关性,获知影响外来物种分布的主要经济和社会因素,并在此基础上,预测截至 2023 年外来入侵物种数量的变化情况,以期为社会经济发展背景下河北省外来物种入侵的风险预警及防控工作提供一定的对策和建议。

1 研究方法

1.1 数据来源

通过实地调查和查阅相关文献资料 (鞠瑞亭等, 2012; 龙茹等, 2008; 庞立东等, 2015; 洗晓青等, 2018) 以及中国外来入侵物种数据库 (www.chinaias.cn/wjPart/index.aspx), 获得河北省外来生物分布信息, 整理河北省外来入侵生物名录, 得到河北省 2003、2007、2011、2015、2019 年 5 个时间节点的外来入侵物种的种类及数量。

通过查询整理中国经济与社会发展统计数据库 (tongji.cnki.net) 和国家统计局 (www.stats.gov.cn) 数据, 获得了改革开放以来河北省进口贸易总额、入境旅游人数和境内公路总公里数 3 个社会经济指标数据, 因外来入侵物种数量是一个多年来连续的累积量, 因而, 对进口贸易总额、入境旅游人数和境内公路总公里数也采用累积值进行计算。分别得到了 2003、2007、2011、2015、2019 年 5 个时间

节点的进口贸易总额、入境旅游人数和境内公路总公里数累积值。

1.2 外来物种数量与社会经济因素相关性分析

采用 Pearson 相关系数对进口贸易总额、入境旅游人数和境内公路总公里数 3 个社会经济因素与河北省外来物种数量进行相关性分析 (冯建孟等, 2010; 王国欢等, 2017; 吴晓雯等, 2006)。Pearson 相关系数通常用 r 来表示, r 的取值范围位于 $-1 \sim 1$ 。当 $r > 0$ 时, 表明 2 个变量之间呈正相关关系; 当 $r < 0$ 时, 表明 2 个变量之间呈负相关关系; 当 $r = 0$ 时, 表明 2 个变量之间无相关性。 $|r|$ 越接近于 1, 表示 2 个变量之间的相关性越强; $|r|$ 越接近于 0, 表示 2 个变量之间的相关性越弱。

1.3 外来物种数量预测拟合效果最佳模型的筛选

以各时间节点进口总额累积量为自变量、外来物种数量为因变量, 使用 SPSS 软件进行曲线估计 (陈凤新等, 2020), 从线性、对数线性、逆线性、二次、三次、幂、S、增长、指数、Logistic 和复合 11 种模型中选出拟合度最好的模型, 利用该模型进行预测。

1.4 河北省外来物种预测

1.4.1 河北省进口贸易总额的预测 为得到河北省未来 3 年进口贸易额的变化情况, 使用 SPSS 专家建模器对 1978—2020 年河北省进口贸易总额数据进行拟合, 发现最优模型为简单指数平滑模型。并分别对因变量取自然对数和平方根, 得到拟合度最优的为因变量取自然对数后的简单指数平滑模型。

$$S_t = ay_t + (1-a)S_{t-1}$$

(1)

式中, S_t 为 t 时期的平滑值, y_t 为 t 时期的实际值, S_{t-1} 为 $t-1$ 时期的平滑值, $a \in (0, 1)$ 。

1.4.2 河北省外来入侵物种的预测 将最优曲线模型的预测结果用于计算截至 2023 年进口贸易总额, 然后代入曲线估计的最优模型, 从而得到 2023 年河北省外来生物的数量。

2 结果与分析

2.1 河北省外来入侵物种基本概况

2.1.1 外来入侵物种的种类与数量 通过实地调查和查阅相关文献和中国外来入侵物种数据库, 整理获得了河北省 2003、2007、2011、2015、2019 年 5 个时间节点的外来入侵物种的种类及数量。截至 2019 年底, 河北省外来入侵物种 293 种, 其中外来入侵植物 220 种, 外来入侵动物 73 种, 分别约占河北省外来入侵物种总数的 75% 和 25%。外来入侵

动物、植物及总数均呈现逐年增长的趋势且增幅较大(图 1)。

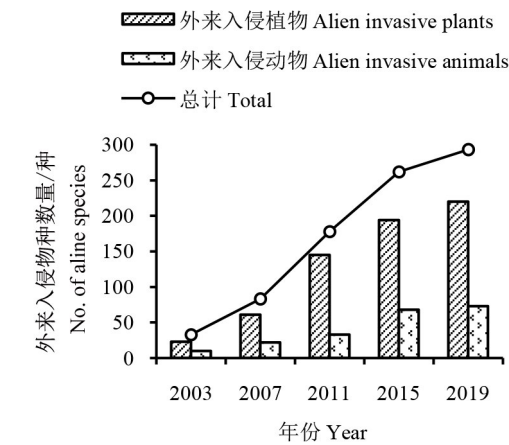


图 1 2003—2019 年河北省外来入侵物种数
Fig.1 The number of invasive alien species in Hebei Province, 2003–2019

2.1.2 外来入侵物种的传入途径分析 如图 2 显示,各年各种情况下的外来入侵物种所占的比例大致相似。在已知的河北省外来入侵物种中,属于人类有意识的活动引入及贸易旅游等无意引入的物种所占的比例超过 85%,这其中有超过 50%的外来物种入侵是由人类有意识、有目的的活动传入的,其次是无意引入,占比超过 30%。而自然侵入所占的比例最小。另外有 10%左右的外来物种入侵方式不详。

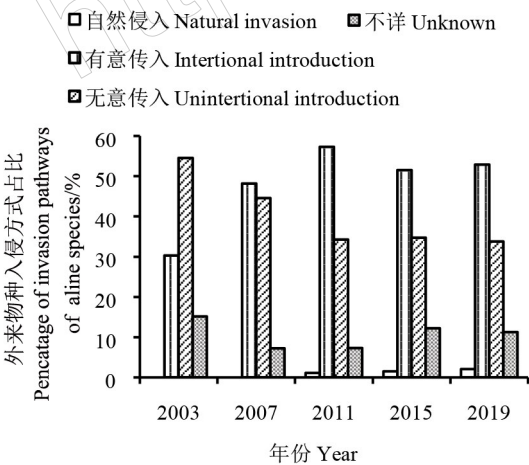


图 2 2003—2019 年河北省外来物种入侵方式
Fig.2 Invasion pathways of alien species in Hebei Province, 2003–2019

2.2 社会经济因素影响河北省外来物种入侵的相关性分析

2.2.1 进口贸易总额与外来入侵物种相关性分析 绘制进口贸易总额与外来入侵物种数之间关系

的散点图(图 3),基于 SPSS 25 软件对 5 个时间节点的进口贸易总额和外来入侵物种数这 2 个变量进行 Pearson 相关性分析,通过测算得到二者的相关性系数 R^2 为 0.977,显著性水平为 0.004, $P<0.01$ 表明在 0.01 的水平下通过了显著性检验,且相关系数十分接近于 1,说明进口贸易总额与外来入侵物种数之间存在着较强的正相关性。数据结果说明,随着进口贸易额的快速增加,外来入侵物种数量必将增加。

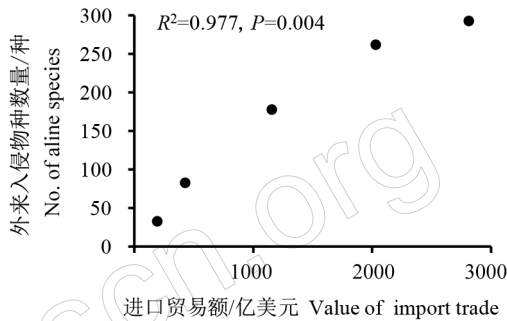


图 3 2003—2019 年河北省进口贸易总额与外来入侵物种数关系散点图
Fig.3 The relationship between the value of value import trade and the number of invasive alien species in Hebei Province, 2003–2019

2.2.2 旅游人数与外来入侵物种相关性分析 通过对入境旅游人数和外来入侵物种数 2 个变量之间的关系进行 Pearson 相关性分析,发现二者的 Pearson 相关系数 R^2 为 0.974,显著性水平为 0.005。 $P<0.01$ 表明在 0.01 的水平下认为二者具有相关性,同时, Pearson 相关系数接近于 1,表明入境旅游人数与外来入侵物种数之间具有很强的正向相关关系。

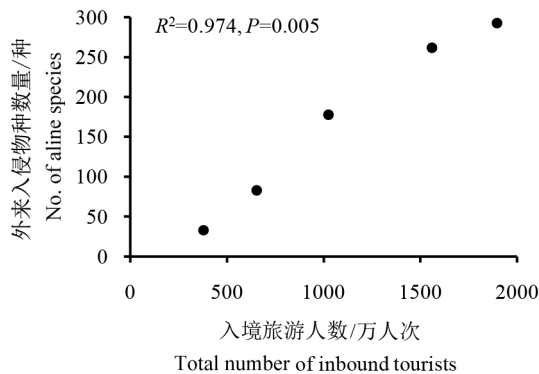


图 4 2003—2019 年河北省入境旅游人数与外来入侵物种数关系散点图
Fig.4 The relationship between the total inbound tourists and the number of invasive alien species in Hebei Province, 2003–2019

2.2.3 河北省境内的公路公里数与外来入侵物种数的相关性分析 河北省境内的公路公里数包括省内高速、国道、省级、县级、乡级公路公里数。河北省境内的公路公里数与河北省外来入侵物种数 2 个变量进行线性相关分析表明(图 5),Pearson 相关系数 R^2 为 0.905, P 值为 0.035,表明在 0.05 的显著性水平下河北省境内公路公里数与河北省外来入侵物种数具有很强的正向相关关系,即随着境内公路公里数的增加,外来入侵物种数也会增大。

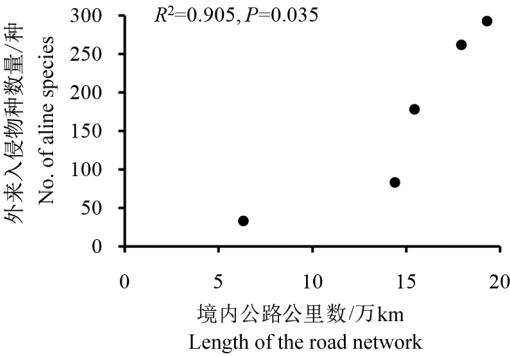


图 5 2003—2019 年河北省境内公路公里数与外来入侵物种数关系散点图

Fig.5 The relationship between the length of the road network and the number of invasive alien species in Hebei Province, 2003–2019

由以上分析可知,社会经济因素与河北省的外来物种数量之间存在显著的正相关关系,且进口贸易总额与河北省外来物种数量之间的关联性最强。

2.3 拟合效果最佳模型筛选结果

通过研究,发现线性回归模型、对数线性回归模型、逆线性回归模型、二次线性回归模型、三次线性回归模型、幂回归模型、S 型模型的显著性水平均小于 0.05,表明这些模型能够用于拟合进口贸易总额累积值和外来入侵物种数量。进一步比较 R^2 ,发现三次线性回归模型的 R^2 值最大,值为 1,说明三次线性回归模型对进口贸易总额和外来入侵物种数量 2 个变量的拟合效果最好。因而选用三次线性回归模型来进行预测,其公式为:

$$y=\beta_0+\beta_1x+\beta_2x^2+\beta_3x^3$$
 (2)

其中, β_0 β_1 β_2 β_3 均为参数, x 表示进口贸易总额的累积值, y 表示外来入侵物种数量。

3 河北省外来物种数量变化的预测分析

3.1 河北省进口贸易额变化的预测

基于因变量取自然对数后的简单指数平滑模

型,其 R^2 为 0.948,表明可以对进口贸易总额的变化做出很好的预测。将河北省各年份的进口贸易额代入公式(1),得到的预测结果显示,2021 年河北省的进口贸易总额为 279.6604 亿美元,2022 年为 286.0366 亿美元,2023 年为 292.4166 亿美元。进口贸易总额呈现不断增加的趋势,且增幅在逐渐加大。

3.2 河北省外来物种数量变化的预测

本研究发现,进口贸易总额与外来入侵物种数量之间显著相关,因而本研究在河北省进口贸易总额的预测数据的基础上预测河北省外来物种数量变化情况。

首先,基于预测得出的 2021、2022 和 2023 年的河北省进口贸易总额,经过加总计算得出 2023 年河北省进口贸易总额为 3941.1379 亿美元。然后,将 2023 年进口贸易总额带入公式(2)三次线性回归模型中进行预测,最终得出:到 2023 年,河北省的外来入侵物种数将达到 300~400 种,约为 367 种,与 2019 年相比增长 74 种,但增速在逐渐放缓。

4 讨论

人类活动导致的物种迁移打破了生物地理屏障,使其从原产地扩散到其他区域(Capinha *et al.*, 2015; van Kleunen *et al.*, 2015),对入侵地的生态和经济造成严重危害。本研究表明,河北省外来入侵物种数呈现逐年增长的趋势,且在各年的外来入侵物种中超过 85%是由人类活动引入的。如来源于南美洲的恶性杂草黄顶菊 *Flaveria bidentis* Kuntze 和假高粱 *Solghum haleponse* (L.) Pers.均为无意引进河北省(郑志鑫等,2018)。因此,相关部门应加强对人类活动有意引入外来入侵物种的监管力度,对于用作农林牧副渔生产和经营需要而引入的外来物种,除要加强对生物安全的宣传教育外,还要建立和完善外来风险评估机制,加强对于引种的监管和追踪调查。河北省政府要加大财政支持力度,加快建立完善的河北省外来入侵物种信息网站,定期报告并公开生物入侵年鉴,为监测预警及相关研究工作的开展提供数据支持。

贸易网络是影响外来物种分布的重要因素。Early *et al.* (2016)、Paini *et al.* (2016) 和 Seebens *et al.* (2015) 等研究表明,贸易和交通网络是外来物种传播的重要途径,已有研究明确了外来生物的入侵概率与进出口额之间的相关性(Essl *et al.*, 2011;

Hulme, 2009; Westphal *et al.*, 2008)。2019 年国务院公布相关方案,在河北省新设河北自贸区,实施范围 119.97 km²,涵盖雄安、正定、曹妃甸以及大兴机场 4 个片区,河北省自贸区的建设和实施为外来物种的传入和传播提供了更多的机会。

由于不同地区经济发展水平和气候环境因素不同,影响其外来物种分布的主要因素则不同(俞红等, 2011)。因而,获知不同地区影响外来物种分布的主要经济因素对加强该地区外来物种的防控具有重要意义。本研究表明,河北省进口贸易总额、入境游总人数和境内公路公里数与外来入侵物种数之间都表现出显著的正相关关系。应针对影响外来物种分布的经济因素,采取相应对策进行防控。随着雄安新区的快速建设及河北省对外交通运输条件的不断完善,河北省进出口贸易额以及国际间旅游等人员流动会不断增加,河北省外来入侵物种种类和数量也将呈现出不断增加的趋势。

首先,加强自贸区和港口外来物种的检测,改进随货物进口贸易无意引入外来入侵物种的检测手段。一方面,要积极完善和规范检验检疫制度,并规定需在贸易合同中注明外来物种入侵的相关条款。另一方面,通过电子政务、“一站式”服务等简化政务流程的同时不能减轻防控力度,利用当前基于互联网、大数据、云计算和区块链的新一代的信息产业,建立和完善对进口货物的网络检查追踪体系,完善进出口检验检疫设备,快速准确地完成检验检疫,适应社会经济发展背景下日益频繁的国际贸易的需要(张明如等, 2009)。

其次,加强正定机场入境旅游人员携带物品的检测。要增加检验检疫人员职业技能和素质培训;提高宣传力度,增强人们的防控意识,并严格检查出入境流通人员等。同时,进一步完善入境后的检疫工作,加大宣传力度,完善相关防控措施。另外,船舶压载水中携带有海洋浮游生物,要加强对港口附近近海地区的监控力度以及船舶压载水的管理,及时发现疫情并采取措施抑制外来入侵物种的繁衍和扩散,将影响降到最低。

第三,加强随交通工具无意引入外来入侵物种的监测和宣传力度,特别是对陆域廊道外来物种的监测。如果某地发现了外来入侵物种,需要对其百公里范围内公路加强监测,防止其进一步扩散。

最后,加快完善河北省外来入侵物种的数据信

息库以及与河北省经济关系密切的地区和国家外来入侵物种的数据信息库,加强省际间和国际间合作,共同应对有害生物。

参考文献

- 陈宝雄, 孙玉芳, 韩智华, 黄宏坤, 张宏斌, 李垚奎, 张国良, 刘万学, 2020. 我国外来入侵生物防控现状、问题 and 对策. *生物安全学报*, 29(3): 157-163.
- 陈凤新, 蒙彦良, 陈名清, 张风娟, 2020. 外来入侵动物在中国的分布格局及增长预测. *河北大学学报(自然科学版)*, 40(6): 637-646.
- 冯建孟, 董晓东, 徐成东, 2010. 中国外来入侵植物物种多样性的空间分布格局及与本土植物之间的关系. *西南大学学报(自然科学版)*, 32(6): 50-57.
- 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(5): 581-611.
- 龙茹, 史风玉, 孟宪东, 徐兴友, 2008. 河北省外来入侵植物的调查分析. *北方园艺* (7): 171-173.
- 蒙彦良, 陈凤新, 2020. 贸易视角下中国外来植物的变化及其增长预测. *植物检疫*, 34(2): 1-8.
- 庞立东, 阿马努拉·依明尼亚孜, 刘桂香, 2015. 内蒙古自治区外来入侵植物的问题与对策. *草业科学*, 32(12): 2037-2046.
- 王国欢, 白帆, 桑卫国, 2017. 中国外来入侵生物的空间分布格局及其影响因素. *植物科学学报*, 35(4): 513-524.
- 吴晓雯, 罗晶, 陈家宽, 李博, 2006. 中国外来入侵植物的分布格局及其与环境因子和人类活动的关系. *植物生态学报*, 2006(4): 576-584.
- 冼晓青, 王瑞, 郭建英, 刘万学, 张桂芬, 孙玉芳, 万方浩, 2018. 我国农林生态系统近 20 年新入侵物种名录分析. *植物保护*, 44(5): 168-175.
- 俞红, 王红玲, 喻大昭, 万鹏, 褚世海, 2011. 中国外来物种入侵的社会经济影响因素及区域比较分析. *统计与决策* (17): 107-109.
- 张明如, 张建国, 王燕, 2009. 浙江生物入侵现状与防范途径的研究. *内蒙古农业大学学报(自然科学版)*, 30(1): 97-100.
- 郑志鑫, 王瑞, 张风娟, 万方浩, 2018. 外来入侵植物黄顶菊在我国地理分布格局及其时空动态. *生物安全学报*, 27(4): 295-299.
- BRADLEY B A, BLUMENTHAL D M, EARLY R, GROSHOLZ E D, LAWLER J J, MILLER L P, SORTE C J B, D'ANTONIO C M, DIEZ J M, DUKES J S, IBANEZ I, OLDEN J D, 2012. Global change, global trade, and the next wave of plant invasions. *Frontiers in Ecology and the*

- Environment*, 10(1): 20–28.
- CAPINHA C, ESSL F, SEEBENS H, MOSER D, PEREIRA H M, 2015. The dispersal of alien species redefines biogeography in the Anthropocene. *Science*, 348: 1248–1251.
- CHEN J H, WAN Z, ZHANG F W, NAM-KYU P, ZHENG A B, ZHAO J, 2018. Evaluation and comparison of the development performances of typical free trade port zones in China. *Transportation Research Part A*, 118: 506–526.
- EARY R, BRADLEY B A, DUKES J S, LAWLER J J, OLDEN J D, BLUMENTHALDM, TATEM A J, 2016. Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature Communications*, 7: 12485.
- ESSL F, DULLINGER S, RABITSCH W, HULME P E, HÜLBER K, JAROŠÍK V, NENTWIG W, 2011. Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 108: 203–207.
- ENGEMAN R M, LABORDE J E, CONSTANTIN B U, SHWIFF S A, HALLI P, DUFFINEY A, LUCIANO F, 2010. The economic impacts to commercial farms from invasive monkeys in Puerto Rico. *Crop Protection*, 29(4): 401–405.
- HULME P E, 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46: 10–18.
- PAINI D R, SHEPPARD A W, COOK D C, DE BARRO P J, WORMER S P, THOMAS M B, 2016. Global threat to agriculture from invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 113: 7575–7579.
- SEEBENS H, ESSL F, DAWSON W, FUENTES N, MOSER D, PERGL J, BLASIUS B, 2015. Global trade will accelerate plant invasions in emerging economies under climate change. *Global Change Biology*, 21: 4128–4140.
- VAN KLEUNEN M, DAWSON W, ESSL F, PERGL J, WINTER M, WEBER E, PYSEK P, 2015. Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature*, 525: 100–103.
- WESTPHAL M, BROWNE M, MACKINNON K, NOBLE I, 2008. The link between international trade and the global distribution of invasive alien species. *Biological Invasions*, 10: 391–398.

(责任编辑: 郭莹)