

黑龙江小北湖国家级自然保护区外来入侵植物研究

项凤影¹, 孙继旭¹, 关艳辉¹, 郭世贤¹, 夏本志¹, 穆立蓄²

(1. 黑龙江小北湖国家级自然保护区管理局, 黑龙江牡丹江 157499; 2. 东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 [目的] 探明黑龙江小北湖国家级自然保护区外来入侵植物现状, 为该辖区生态安全、生物多样性的有效保护提供参考。[方法] 通过野外调查及查阅文献资料, 对小北湖保护区外来入侵植物种类、入侵等级、原产地及引入途径等进行分析。[结果] 小北湖保护区共有外来入侵植物 23 种, 隶属 9 科 17 属。其中, 种数最多的是菊科, 有 9 种, 占外来入侵植物总种数的 39.13%。从生活型来看, 均为草本植物。从原产地来看, 以美洲和欧洲为主, 分别为 12 种(占 52.17%) 和 7 种(占 30.43%)。从科、属层面分析其分布区类型, 世界分布、泛热带和北温带分布具明显优势。入侵途径以有意引入和无意引入为主。[结论] 通过对外来入侵植物进行研究, 提出了有效的管理措施及防治建议。

关键词 外来入侵植物; 原产地; 入侵途径; 植物区系; 小北湖自然保护区

中图分类号 S759.9 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)03-0136-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.03.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Sudy on Alien Invasive Plants in Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve

XIANG Feng-ying, SUN Ji-xu, GUAN Yan-hui et al (Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve Administration, Mudanjiang, Heilongjiang 157499)

Abstract [Objective] The invasive alien plants in Heilongjiang Xiaobeihu National Nature Reserve were investigated to provide reference for the effective protection of ecological security and biodiversity. [Method] The species, life form, invasion level, origin and invasive pathway of alien invasive plants in Xiaobeihu National Reserve were analyzed based on a field investigation and literature review. [Result] The results showed that there were 23 species of alien invasive plants in Xiaobeihu Nature Reserve, belonging to 17 genera and 9 families. Among them, composite had the largest number of species, 9 species, accounting for 39.13% of the total alien invasive plants. From the perspective of life form, they were all herbaceous plants. In terms of origin, 12 species and 7 species were found in America and Europe, accounting for 52.17% and 30.43% respectively. The distribution types were analyzed from the two levels of families and genera. The cosmopolitan distribution, pantropic distribution and north temperate distribution had obvious advantages. The main ways of invasion were intentional introduction and unintentional introduction. [Conclusion] Some effective management measures and control suggestions were put forward according to its current situation in the local area.

Key words Alien invasive plants; Origin; Invasive pathway; Flora; Xiaobeihu Nature Reserve

世界经济一体化的加速以及全球气候的变化, 使物种跨地域传播的可能性大大提高, 目前世界范围内入侵植物种数共计 6 075 种, 广泛分布于中国、美国及其他国家境内。外来入侵植物易引发生物同质化^[1], 严重威胁着全球生物多样性, 对入侵地自然生态、经济环境及人类健康^[2] 造成了严重损害, 已经成为 21 世纪最难解决的环境问题之一^[3]。

我国对生态安全的研究从 20 世纪末起步并逐渐为人们所重视。我国外来入侵植物种数由最初 1998 年监测统计的 58 种^[4] 上升到 515 种^[5], 入侵种数持续上升。黑龙江省也由早期监测的 25 种上升到 105 种^[6-7]。由此可见, 无论是国家还是省层面, 外来入侵植物种数都呈持续增加趋势。

生物入侵一旦开始, 入侵的代价在很大程度上是自我延续的。查阅文献可知^[8-11], 许多外来入侵物种已经侵入自然保护区, 并对保护区内的生态系统及重点保护的珍稀濒危物种构成了较大威胁。因此, 了解保护区外来入侵植物的入侵动态, 是制订保护策略重点考虑的问题。笔者对黑龙江小北湖国家级自然保护区外来入侵植物进行了调查, 旨在为该辖区生态安全、生物多样性的有效保护和科学管理提供科学依据。

1 材料与方

1.1 研究地概况 黑龙江小北湖国家级自然保护区(以下

简称“小北湖保护区”), 面积 20 834 hm², 位于黑龙江省宁安市境内, 地处长白山北部支脉张广才岭中段, 地理坐标为 128°33'07"~128°45'48"E, 44°03'16"~44°18'59"N。地势西高东低, 海拔在 360~1 260 m, 平均海拔高度 810 m, 属中低山丘陵区。小北湖保护区地处温带大陆性季风气候区, 因受海洋暖湿气流和西伯利亚冷空气的双重影响, 四季气候变化明显。年均气温在 2.5℃左右, 年降水量在 650 mm 左右, 主要集中在 7—8 月, 无霜期 90~100 d。在植被分区上, 拥有森林、灌丛、草甸、沼泽和草塘共 5 个自然植被类型, 森林覆盖率 95.7%^[12]。近年来, 保护区周边贸易、交通及旅游业发展迅速。小北湖保护区优越的地理条件和气候环境为外来植物的入侵提供了便利条件。

1.2 研究方法 于 2017 年 6 月至 2021 年 10 月, 通过查阅文献、标本馆查阅、专家咨询与野外调查相结合的方式调查小北湖保护区外来入侵植物。根据《中国入侵植物名录》^[13]、中国外来入侵物种信息系统、中国植物物种信息数据库、Global Invasive Species Database 等, 结合相关文献^[14-16] 查询小北湖保护区外来入侵植物的原产地、生活型、引入方式等相关信息, 整理出小北湖保护区外来入侵植物名录, 并将其作为进一步研究、科普和管理的重要参考资料。

2 结果与分析

2.1 种类组成 根据调查可知, 小北湖保护区共有外来入侵植物 23 种, 隶属 9 科 17 属, 占黑龙江省外外来入侵植物总种

作者简介 项凤影(1989—), 女, 黑龙江绥化人, 工程师, 硕士, 从事野生动植物保护研究。

收稿日期 2022-01-18

数的 21.90%, 占全国外来入侵植物总种数的 4.47%。小北湖保护区外来入侵植物均为被子植物, 其中双子叶植物 21 种, 单子叶植物 2 种。从生活型来看, 小北湖保护区外来入侵植物均为草本植物, 其中一、二年生草本植物 21 种, 多年生草本植物 2 种。从科的构成来看, 种数最多的是菊科, 有 9 种, 占外来入侵植物总种数的 39.12%, 其次是豆科, 共 4 种 (占 17.38%), 苋科、锦葵科、禾本科均含 2 种 (各占 8.70%), 其余 4 科均仅含 1 种 (各占 4.35%)。从各科所含属数来看, 菊科含 6 属, 豆科、锦葵科和禾本科均含 2 属, 其余各科均含 1 属 (表 1)。从各属所含种数来看, 苋属、草木樨属、车轴草属、豚草属、鬼针草属和飞蓬属均含 2 种, 其余各属均含 1 种。

由于草本植物具有适应性广、繁殖力强、易于扩散等特点, 外来植物入侵后, 竞争、占据本地物种生态位, 进而造成生态环境破坏等灾害。因此, 必须定期监测外来入侵草本植物的种类分布及数量, 掌握动态变化, 尤其是豚草、三裂叶豚草等有害检疫杂草。

2.2 入侵等级划分 根据外来入侵植物入侵等级划分^[13],

小北湖保护区 1 级恶性入侵类 8 种, 占总入侵种数的 34.78%, 2 级严重入侵类 6 种 (占 26.09%), 3 级局部入侵类 1 种 (占 4.35%), 4 级一般入侵类 7 种 (占 30.43%), 5 级有待观察类 1 种 (占 4.35%) (表 2)。

表 1 小北湖自然保护区外来入侵植物种类组成

Table 1 The species composition of alien invasive plants in Xiaobeihu Nature Reserve

科名 Family	属数 Number of genera	百分比 Percentage %	种数 Number of species	百分比 Percentage %
藜科 Chenopodiaceae	1	5.88	1	4.35
苋科 Amaranthaceae	1	5.88	2	8.70
豆科 Leguminosae	2	11.77	4	17.38
锦葵科 Malvaceae	2	11.77	2	8.70
柳叶菜科 Onagraceae	1	5.88	1	4.35
旋花科 Convolvulaceae	1	5.88	1	4.35
茄科 Solanaceae	1	5.88	1	4.35
菊科 Compositae	6	35.29	9	39.12
禾本科 Gramineae	2	11.77	2	8.70
合计 Total	17	100	23	100

表 2 小北湖自然保护区外来入侵植物名录

Table 2 List of alien invasive plants in Xiaobeihu Nature Reserve

序号 No.	科名 Family	种名 Species	生活型 Life form	原产地 Origin	引入途径 Invasive pathway	入侵等级 Intrusion level	用途 Function
1	藜科 Chenopodiaceae	杂配藜 <i>Chenopodium hybridum</i>	一年生草本	欧洲和西亚	无意引入	2	杂草
2	苋科 Amaranthaceae	凹头苋 <i>Amaranthus blitum</i>	一年生草本	热带美洲	无意引入	2	杂草
3		反枝苋 <i>A. retroflexus</i>	一年生草本	美洲	有意引入	1	饲草
4	豆科 Leguminosae	白花草木樨 <i>Melilotus albus</i>	一、二年生草本	西亚至南欧	有意引入	4	饲草
5		草木樨 <i>M. officinalis</i>	二年生草本	西亚至南欧	有意引入	4	饲草
6		红车轴草 <i>Trifolium pratense</i>	多年生草本	欧洲	有意引入	2	饲草
7		白车轴草 <i>T. repens</i>	多年生草本	欧洲	有意引入	2	饲草
8	锦葵科 Malvaceae	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	一年生草本	亚洲 (印度)	有意引入	3	纤维
9		野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i>	一年生草本	非洲	无意引入	4	杂草
10	柳叶菜科 Onagraceae	月见草 <i>Oenothera biennis</i>	二年生草本	北美洲	有意引入	2	药用
11	旋花科 Convolvulaceae	圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	一年生缠绕草本	美洲	有意引入	1	观赏
12	茄科 Solanaceae	毛酸浆 <i>Physalis philadelphica</i>	一年生草本	北美洲 (墨西哥)	无意引入	4	杂草
13	菊科 Compositae	* 豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	一年生草本	北美洲	无意引入	1	杂草
14		* 三裂叶豚草 <i>A. trifida</i>	一年生草本	北美洲	无意引入	1	杂草
15		鬼针草 <i>Bidens bipinnata</i>	一年生草本	美洲	无意引入	1	杂草
16		大狼把草 <i>B. frondosa</i>	一年生草本	北美洲	无意引入	1	杂草
17		屋根草 <i>Crepis tectorum</i>	一、二年生草本	欧洲	无意引入	5	杂草
18		一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	一年生草本	北美洲	自然扩散	1	杂草
19		小蓬草 <i>E. canadensis</i>	一年生草本	北美洲	自然扩散	1	杂草
20		牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	一年生草本	南美洲	无意引入	2	杂草
21		欧洲千里光 <i>Senecio vulgaris</i>	一年生草本	欧洲	无意引入	4	杂草
22	禾本科 Gramineae	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	一年生	非洲	无意引入	4	杂草
23		芒颖大麦草 <i>Hordeum jubatum</i>	二年生	北美洲	有意引入	4	饲草

注: * 为检疫杂草; 1. 恶性入侵类, 2. 严重入侵类, 3. 局部入侵类, 4. 一般入侵类, 5. 有待观察类。

Note: * refers to quarantine weed; 1. Malignant invasion, 2. Serious invasion, 3. Local invasion, 4. General invasion, 5. To be observed.

《中国入侵植物名录》^[13]中给出了对于外来入侵植物的具体管理建议: 发现 4 级 (一般入侵类)、5 级 (有待观察类) 入侵植物需记录, 以备后续研究; 发现 3 级 (局部入侵类) 入侵植物须报告或报道, 且不鼓励栽培使用; 发现 2 级 (严重入侵类) 入侵植物要报告或报道, 且不允许栽培使用和进口; 发

现 1 级 (恶性入侵类) 入侵植物要在 2 级管理的基础上必须根除。因此, 应将豚草、三裂叶豚草、小蓬草等风险等级为 1 级的外来入侵植物进行拔除, 控制其蔓延。

2.3 原产地分析 小北湖保护区外来入侵植物的原产地以美洲 (主要为北美洲) 最多, 共 13 种, 占总入侵种数的

56.52%,其次为欧洲,共7种(占30.43%);亚洲4种(占17.39%);非洲2种(占8.70%)(表2)。

小北湖保护区外来入侵植物原产地以美洲和欧洲占绝对优势,这与郑宝江等^[16]对黑龙江省外来入侵植物的研究结果相同。依据大陆漂移学说的内容,北美及东亚植物拥有相似的遗传背景,由于地理隔离,积累了大量可以在该区域传播扩散的种类。此外,小北湖保护区与欧洲很多地区的气候相近,植物区系存在温带性质成分,导致欧洲的外来植物更易入侵。因此,要特别注意防范来自美洲和欧洲的外来植物,对其进行系统的风险评估,慎重引种利用。

2.4 传入途径 传入途径分为有意引入、无意引入和自然扩散3类。小北湖保护区外来入侵植物有意引进类有9种,其中有作为观赏、药用植物的圆叶牵牛、月见草等,有作为牧草引进的红车轴草、白花草木樨、草木樨等,有用于制作麻类织物引进的苘麻。无意引入类有12种,随国际农产品、货物、旅客、交通工具等方式带入,如杂配藜、豚草、三裂叶豚草等。自然扩散类有2种,其利用种实的特性,借助气流、水流等自然扩散方式传播,如一年蓬、小蓬草(表2)。小北湖保护区外来入侵植物主要是人类活动(有意引入和无意引入)引入的。因此,加大巡护力度,控制人类活动应作为外来入侵植物管理规划中主要考虑问题。

事实上,外来植物可能是通过多途径传入,且多次输入。因此,小北湖保护区应定期根据监测数据做好合理规划。

2.5 区系分析 根据吴征镒等^[17]《世界种子植物科的分布区类型系统》进行分析,小北湖保护区外来入侵植物科的分布区类型以世界分布最多,共8科,兼有泛热带分布1科。根据吴征镒^[18]《中国种子植物属的分布区类型》进行分析,小北湖保护区外来入侵植物属的分布区类型以世界分布最多,共8属,兼有泛热带分布4属,北温带分布3属,热带亚洲和热带美洲间断分布1属,旧世界温带分布1属。从科、属层面的分布区类型来看,小北湖保护区外来入侵植物以世界分布为主,其次是泛热带分布和北温带分布(表3)。

表3 小北湖自然保护区外来入侵植物的分布区类型

Table 3 Distribution types of alien invasive plants in Xiaobeihu Nature Reserve

分布区类型 Distribution type	科数 Number of families	属数 Number of genera
世界分布 Cosmopolitan	8	8
泛热带分布 Pantropic	1	4
热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	—	1
北温带分布 North Temperate	—	3
旧世界温带分布 Old World Temperate	—	1
合计 Total	9	17

3 管理与防治对策

小北湖保护区是我国北方温带森林生态系统保存较完整的地区,也是我国北方生态环境建设中极具潜力和价值的地区之一。保护区缓冲区有通往地下森林景区的公路,旅游高峰期人流量较大,与此同时,保护区优越的地理条件和气

候环境也为外来植物的侵入提供了有利条件。为了有效减少外来入侵植物对小北湖保护区的威胁,建议采取如下措施:

(1)加强外来入侵植物危害性的宣传教育,提高保护区周边群众和游客对其危害性的认识;加强对保护区旅游公路等区域环境的巡护管理,对进入保护区的车辆实行管控,限制外地车辆进入保护区。与动植物检验检疫等多部门联动,从源头做起,加强外来植物管控。慎重引种利用,植树造林、退耕还林及园林绿化时尽量选用本地物种。

(2)建立包括分类地位、生活型、起源、引入途径、植物图片、分布现状和生态影响等信息的小北湖保护区外来入侵植物数据库。定期监测,掌握外来入侵植物的种群动态,并及时采取有效的防治措施。如对反枝苋、豚草、小蓬草等入侵等级为1级的外来入侵植物进行拔除,控制其蔓延。尽量做到早发现早管控,争取把对保护区生物多样性和生态环境的影响降至最低。

(3)加强与科研单位合作,对保护区外来入侵植物进行深入研究,建立具有特色的外来入侵植物风险评估与预警体系,如可将区系成分、原产地等作为评估内容加入外来入侵植物风险评估体系中。

(4)组织人员培训。加强对外来入侵植物识别、风险评估技术及防治管理措施的培训。

(5)进行保护地整合优化。根据鲁萍等^[19]研究表明,黑龙江省具有保护区面积大的地区受到外来入侵植物影响较小的规律,由此可知,建立保护区对于控制外来植物入侵具有重要意义,可以更有效地保护植物多样性和生态系统的完整。因此,建议在现有基础上合理增加保护区面积,或将距离较近的保护区进行整合,可以更好地抵御外来植物的入侵。

参考文献

- [1] 王光美,杨景成,姜闯道,等. 生物同质化研究透视[J]. 生物多样性, 2009, 17(2): 117-126.
- [2] 万方浩,郭建英,王德辉. 中国外来入侵生物的危害与管理对策[J]. 生物多样性, 2002, 10(1): 119-125.
- [3] LUDSIN S A, WOLFE A D. Biological invasion theory: Darwin's contributions from the origin of species[J]. BioScience, 2001, 51(9): 780-789.
- [4] 《中国生物多样性国情研究报告》编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1998: 58-61.
- [5] 芮振宇. 安徽省外来植物入侵现状及环境因子对入侵的影响[D]. 合肥:安徽农业大学, 2019: 1-6.
- [6] LIU J, LIANG S C, LIU F H, et al. Invasive alien plant species in China: Regional distribution patterns[J]. Diversity and distributions, 2005, 11(4): 341-347.
- [7] 闫小玲,刘全儒,寿海洋,等. 中国外来入侵植物的等级划分与地理分布格局分析[J]. 生物多样性, 2014, 22(5): 667-676.
- [8] 宋小玲,曹飞,何云核,等. 广东省鼎湖山国家级自然保护区外来入侵植物调查[J]. 浙江林学院学报, 2009, 26(4): 538-543.
- [9] 郭婷婷. 东北三省外来入侵植物特征分析及风险评价[D]. 沈阳:沈阳大学, 2014: 5-13.
- [10] 王磊,张彤,卢训令,等. 河南省鸡公山国家级自然保护区外来入侵植物 1994—2014 年间的变化[J]. 植物科学学报, 2016, 34(3): 361-370.
- [11] 李中林,孟洪淇,楚克林,等. 天津大黄堡省级自然保护区外来入侵植物的调查与分析[J]. 杂草学报, 2021, 39(2): 20-27.
- [12] 孙继旭,项凤影,马云,等. 黑龙江小北湖保护区春季鸟类多样性研究[J]. 国土与自然资源研究, 2017(4): 93-96.
- [13] 马金双. 中国入侵植物名录[M]. 北京:高等教育出版社, 2013: 1-292.

感觉锥周围被环形围栏状的微毛所包围,据此可以判断其是感受嗅觉的感器这一类型。

鳞形感器是鳞翅目昆虫所特有的一类感受器。在螟蛾科的二化螟(*Chilo suppressalis*)^[29]中被认为起到感受机械刺激的功能。甘蓝夜蛾鳞形感器的功能有待于采用电生理试验来进一步验证。

该研究表明甘蓝夜蛾触角表面各感器类型较丰富,其具体功能还有待于以后采用包括单细胞记录、触角电位等电生理手段进一步研究证实,为以后揭示甘蓝夜蛾的寄主选择、产卵、交配等行为选择机制奠定理论基础。

参考文献

- [1] 乔志文,王积琛,李彦丽.甘蓝夜蛾研究进展[J].中国农学通报,2020,36(18):147-153.
- [2] 胡胜昌.甘蓝夜蛾的生物学特性[J].昆虫知识,1990,27(3):144-147.
- [3] 于洪春,邓佳佳,王雨薇,等.温度与光周期对甘蓝夜蛾哈尔滨种群滞育诱导的影响[J].东北农业大学学报,2013,44(1):133-136.
- [4] 史树森,崔娟,武婷婷,等.甘蓝夜蛾幼虫为害大豆取食规律及其生长发育的研究[J].吉林农业大学学报,2014,36(3):271-275.
- [5] 张丽,张仙红,张建刚.高效氯氟菊酯对甘蓝夜蛾幼虫中肠消化酶活性的影响[J].江苏农业科学,2018,46(11):74-77.
- [6] SCHNEIDER D. Insect antennae [J]. Annual review of entomology, 1964, 9:103-122.
- [7] ZACHARUK R Y. Antennae and sensilla [M]//KERKUT G A, GILBERT L I. Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology. Oxford, United Kingdom; Pergamon Press, 1985:1-69.
- [8] SEADA M A. Antennal morphology and sensillum distribution of female cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of basic & applied zoology, 2015, 68:10-18.
- [9] CHANG X Q, ZHANG S, LV L, et al. Insight into the ultrastructure of antennal sensilla of *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Journal of insect science, 2015, 15(1):1-8.
- [10] 邓顺,舒金平,董双林,等.笋秀夜蛾触角感器的扫描电镜观察[J].林业科学,2010,46(12):101-105.
- [11] 徐进,李怡萍,成卫宁,等.甜菜夜蛾触角感器种类与分布的形态学研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(1):189-193.
- [12] BIRCH M C. Response of both sexes of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) to virgin females and to synthetic pheromone [J]. Ecological entomology, 1977, 2(2):99-104.
- [13] PALANASWAMY P, SEABROOK W D. Behavioral responses of the female eastern spruce budworm *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera, Tortricidae) to the sex pheromone of her own species [J]. Journal of chemical ecology, 1978, 4(6):649-655.
- [14] FAUCHEUX M J. Morphology and distribution of sensilla on the cephalic appendages, tarsi and ovipositor of the European sunflower moth, *Homoeosoma nebulella* Den. & Schiff. (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. International journal of insect morphology and embryology, 1991, 20(6):291-307.
- [15] ROH H S, PARK K C, OH H W, et al. Morphology and distribution of an-

tennal sensilla of two tortricid moths, *Cydia pomonella* and *C. succedana* (Lepidoptera) [J]. Microscopy research and technique, 2016, 79(11):1069-1081.

- [16] FAUCHEUX M J. Morphology and distribution of antennal neuroreceptors in male and female *Zygaena hippocrepidis* Hübner (Lepidoptera: Zygaenidae) [J]. Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France (ns), 1987, 9:164-177.
- [17] SUN X, WANG M Q, ZHANG G A. Ultrastructural observations on antennal sensilla of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Microscopy research and technique, 2011, 74(2):113-121.
- [18] WEE S L, OH H W, PARK K C. Antennal sensillum morphology and electrophysiological responses of olfactory receptor neurons in trichoid sensilla of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) [J]. Florida entomologist, 2016, 99:146-158.
- [19] CASTREJÓN-GÓMEZ V R, VALDEZ-CARRASCO J, CIBRIAN-TOVAR J, et al. Morphology and distribution of the sense organs on the antennae of *Copitarsia consueta* (Lepidoptera: Noctuidae) [J]. Florida entomologist, 1999, 82(4):546-555.
- [20] NDOMO-MOUALEU A F, ULRICH R, RADEK R, et al. Structure and distribution of antennal sensilla in the Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) [J]. Journal of stored products research, 2014, 59:66-75.
- [21] YANG H, YAN S C, LIU D. Ultrastructural observations on antennal sensilla of *Coleophora obducta* (Meyrick) (Lepidoptera: Coleophoridae) [J]. Micron, 2009, 40(2):231-238.
- [22] LIU Q, CHEN J, HAO D J. Antennal morphology and sensilla of the black-back prominent moth, *Clostera anastomosis* Linnaeus (Lepidoptera: Notodontidae) [J]. Entomological news, 2013, 123(2):110-130.
- [23] FAUCHEUX M J. Structures sensorielles et glandulaires particulières de l'antenne de *Micropterix calthella* L. (Lepidoptera: Micropterigidae) [J]. Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France (Nouvelle Série), 1992, 14:114-118.
- [24] CUPERUS P L. Inventory of pores in antennal sensilla of *Yponomeuta* spp. (Lepidoptera: Yponomeutidae) and *Adoxophyes orana* F. v. R. (Lepidoptera: Tortricidae) [J]. International journal of insect morphology and embryology, 1985, 14(6):347-359.
- [25] VAN NIEUKERKEN E J, DOP H. Antennal sensory structures in Nepticulidae (Lepidoptera) and their phylogenetic implications [J]. Journal of zoological systematics and evolutionary research, 1987, 25(2):104-126.
- [26] FAUCHEUX M J. Antennal sensilla in adult *Agathiphaga vitiensis* Duml. and *A. queenslandensis* Duml. (Lepidoptera: Agathiphagidae) [J]. International journal of insect morphology and embryology, 1990, 19(5/6):257-268.
- [27] SHANBHAG S R, SINGH K, SINGH R N. Fine structure and primary sensory projections of sensilla located in the sacculus of the antenna of *Drosophila melanogaster* [J]. Cell and tissue research, 1995, 282(2):237-249.
- [28] ALTNER H, LOFTUS R. Ultrastructure and function of insect thermo- and hygroreceptors [J]. Annual review of entomology, 1985, 30:273-295.
- [29] 余海忠. 二化螟触角感受器类型及其 GOBP 2 基因保守区的克隆和序列分析 [D]. 杭州:浙江大学, 2004.

(上接第 138 页)

- [14] 高燕,曹伟.中国东北外来入侵植物的现状与防治对策[J].中国科学院研究生院学报,2010,27(2):191-198.
- [15] 李成宏,苑景淇,于忠亮,等.吉林省外来入侵植物的现状与防治对策[J].安徽农业科学,2019,47(14):51-54.
- [16] 郑宝江,潘磊.黑龙江省外来入侵植物的种类组成[J].生物多样性,

2012, 20(2):231-234.

- [17] 吴征镒,周浙昆,李德铎,等.世界种子植物科的分布区类型系统[J].云南植物研究,2003,25(3):245-257.
- [18] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].云南植物研究,1991,13(增刊IV):1-139.
- [19] 鲁萍,赵娜,李景欣,等.黑龙江省外来入侵植物分布格局及其影响因素[J].植物分类与资源学报,2012,34(4):367-375.