

黑龙江省外来入侵植物分布格局及其影响因素*

鲁萍¹, 赵娜², 李景欣^{2**}, 白雅梅¹, 梁慧¹,
吴岩¹, 田秋阳¹, 王帅¹

(1 东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2 东北农业大学动物科学技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 以省为单位开展外来入侵植物分布格局及其影响因素的研究, 对于有效控制和预防外来入侵植物具有重要意义。本文在查阅文献资料、植物标本和野外调查的基础上, 应用相关分析的方法, 探讨了社会经济因素和生态环境因素对黑龙江省外来入侵植物分布的影响。结果表明, 黑龙江省现有外来入侵植物 52 种, 共隶属 19 个科, 其中种数最多的科是菊科, 其次是苋科。出现频率最高的是野西瓜苗、月见草, 外来入侵植物生活型主要为一、二年生草本。北美洲和欧洲是黑龙江省外来入侵植物的主要来源地, 哈尔滨市外来入侵植物种类最多, 其次是牡丹江市、齐齐哈尔市、绥化市, 双鸭山市、大庆市和七台河市最少。导致这一格局的主要因子为总人口数和交通运输业生产总值, 而就外来入侵植物的物种密度而言, 其与各行政区的面积、市/地区内自然保护区总面积呈显著的反比例关系。

关键词: 黑龙江省; 外来入侵植物; 分布格局; 影响因素

中图分类号: Q 948.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-0845(2012)04-367-09

Distribution Patterns of Invasive Plants in Heilongjiang Province and the Impact Factors

LU Ping¹, ZHAO Na², LI Jing-Xin^{2**}, BAI Ya-Mei¹, LIANG Hui¹,
WU Yan¹, TIAN Qiu-Yang¹, WANG Shuai¹

(1 School of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2 College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: It is significant to study the relationships between the distribution of invasive plant and the economic, social, environment conditions of the city/region for controlling and preventing invasive plants under the province level. Based on literature consultation, specimens consultation and field survey, used correlation analysis to determine the effects of social-economic factors and ecological environmental factors on the distribution of invasive plants in Heilongjiang Province. The results showed that there were 52 invasive plant species in Heilongjiang Province, the invasive plants belonging to 19 families, most invasive plants belonging to Compositae family, less belonging to Amaranthaceae family. *Hibiscus trionum* and *Oenothera erythrosepala* were the most frequently invasive plants, most of the 52 species were annuals or two-year herbage, most of the species originated from the North America and Europe. Most invasive plants were found in Harbin, less were found in Mudanjiang, Qiqihaer and Suihua, least were distributed in Shuangyashan, Daqing and Qitaihe. Total population and production value of the transport, storage and post were the two factors which impact the distribution pattern mostly, while for the density of the invasive plant species,

* 基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目 (11541034); 国家自然科学基金项目 (30900218); 中国博士后科学基金项目 (20080430874); 中国博士后科学基金特别资助项目 (200902368); 黑龙江省博士后资助项目 (LBH-Z07241); 东北农业大学科学研究基金资助; 黑龙江省博士后科研启动项目 (LBH-Q11161); 黑龙江省自然科学基金项目 (C200810)

** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: lijingxin9615@163.com

收稿日期: 2011-10-03, 2012-03-26 接受发表

作者简介: 鲁萍 (1977-) 女, 博士, 讲师, 研究方向为生物多样性、入侵生态学。E-mail: lping1977@gmail.com

the total land area, and the area of nature reserves were negatively related with the density.

Key words: Heilongjiang Province; Invasive plant; Distribution pattern; Impact factor

自从 Elton (1958) 的《The Ecology of Invasion by Animals and Plants》出版以来, 入侵生物学, 作为一门崭新的学科, 从起初的缓慢发展 (Baker 和 Stebbins, 1965) 过渡到近来的“爆发式”研究 (Williamson, 1996), 它的视野逐渐开阔, 研究领域已经从最初的基础理论研究 (Shigesada 和 Kawasaki, 1997), 发展到更多地注重和推崇在实践中如何去针对特定的物种和生态系统进行逐案例研究 (Bossard 等, 2000)。

因此, 收集外来入侵种的分布信息, 分析外来入侵种的关键生态学特性及其入侵生态系统的特征受到了国内外学者的普遍重视 (徐海根等, 2004; Weber 等, 2008)。近年来, 我国也开展了外来入侵物种信息的收集与整理工作 (Liu 等, 2005; 张帅等, 2010), 并出版了《中国外来入侵种》(李振宇和解焱, 2002)、《入侵生态学》(郑景明和马克平, 2010) 等关于生物入侵的专著, 相关网站也建立起来, 例如, 保护中国的生物多样性网站: www.chinabiodiversity.com。然而关于外来入侵种的分布信息往往具体到省及省以下行政单位的分布信息非常缺乏, 而具体防治措施往往由于缺乏更精细尺度的分布情况而遇到困难, 因此十分有必要开展省下行政区外来入侵植物的调查和研究工作。

到目前为止, 在省以下尺度探讨外来入侵植物分布格局及其形成机制与主要驱动因子的研究还很少 (Dark, 2004)。在我国, 除吴彤等 (2007) 报道了山东省外来入侵植物分布格局外, 其他省份仅仅是调查了有哪些外来入侵植物。例如, 刘胜祥和秦伟 (2004) 报道了湖北省外来入侵植物的种类, 石瑛等 (2006) 报道了山西省外来入侵植物的种类。而以省下行政区为单位来调查和研究外来入侵植物的分布格局以及其与当地生物、气候、经济、社会、环境因子的关系, 将会有利于我们制定具体的防治措施以及相关工作的开展, 对于有效控制和预防外来入侵植物具有十分重要的意义。

本文拟在黑龙江省以省以下的行政区域 (即市/区) 为单位, 开展外来入侵植物的分布格局

及驱动因子研究, 了解黑龙江省分布的外来入侵植物现状, 通过对其驱动因子的分析, 提高我们预测和预防外来入侵植物的能力, 这对黑龙江省的经济建设和生态环境保护具有重要的应用价值和现实意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地区概况

黑龙江省位于我国东北部, 地处中纬度欧亚大陆东岸, 地理范围为北纬 $43^{\circ}22'$ ~ $53^{\circ}30'$, 东经 $121^{\circ}13'$ ~ $135^{\circ}05'$, 南北跨 10 个纬度, 相距约 1 120 km, 东西跨约 14 个经度, 相距约 930 km。由于受大陆性季风气候的影响, 属中温带大陆性季风气候, 一年四季气候变化显著。春季气温回升快、干旱风大, 夏季短促多雨, 秋季降温迅速、多早霜, 冬季严寒干燥。年降水量 500 ~ 800 mm, 多集中于 7-9 月份 (孙振海和刘玉梅, 2006)。

黑龙江省山地、平原面积大约各一半。东南部为张广才岭、老爷岭和完达山, 中部为小兴安岭斜贯, 以西为松嫩平原, 以东为三江平原低地 (张武冰和傅马利, 1999)。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源 黑龙江省外来入侵植物的分布数据来源于李振宇和解焱 (2002)、中国数字植物标本馆、东北农业大学标本馆、东北林业大学标本馆、大庆师范学院标本馆、黑龙江省科学院自然与生态研究所植物标本馆、佳木斯大学植物标本馆, 以及《中国植物志》(钱崇澍等, 2004)、《黑龙江省植物志》(周以良, 1993)、《小兴安岭林木种子图说》(李国祥, 2002)、《黑龙江树木志》(周以良等, 1998)、《扎龙湿地植物志》(郑宝江和马建华, 2008) 和刘艳华 (2006) 等相关文献, 以及野外调查, 从这些资料中总结出的数据包括各个市/区外来入侵植物物种数、外来入侵植物物种密度和各个市/区外来入侵植物物种组成, 其中:

外来入侵植物物种密度 = 外来入侵植物物种数 / 面积

黑龙江省的 12 个市及 1 个区 (哈尔滨市、齐齐哈尔市、鹤岗市、双鸭山市、鸡西市、大庆市、伊春市、牡丹江市、佳木斯市、七台河市、黑河市、绥化市和大兴安岭区) 的社会经济数据及环境数据均来源于《黑龙江省统计年鉴——2009》(黑龙江省统计局和国家统计局黑龙江调查总队, 2009), 部分气象数据来源于黑龙江省气象局, 自然保护区数据来源于黑龙江省环境保护厅。社会经济指标包括: 人口总数、人口密度、年度生产总值、人均年度生产总值、土地总面积、进出口总额、

入境旅游人数、交通运输仓储及邮电业生产总值、自然保护区面积、自然保护区面积比率；环境指标包括：中心经度、中心纬度、年均气温、平均相对湿度、日照时数、年降雨量、最高温、最低温、无霜期。本文分析所采用因素的名称、缩写、单位等说明见表 1，其中：

$$\text{人口密度} = \text{人口总数} / \text{面积}$$

$$\text{自然保护区面积比率} = \text{自然保护区面积} / \text{面积}$$

1.2.2 数据分析 黑龙江省 12 个市及 1 个区被用作本文研究的空间单位，应用 MapGIS 软件对黑龙江省各行政区域的外来入侵植物物种数和密度作图，从地图上直观显示出黑龙江省外来入侵植物的分布格局。

应用 SPSS17.0 软件进行相关分析，应用 Excel 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 黑龙江省外来入侵植物的空间分布格局

研究表明，目前在黑龙江省共有 52 种外来入侵植物，在省属 12 个市及 1 个区均有外来植物的分布，并存在较大的空间变异（图 1），哈尔滨市的外来入侵植物物种数最多（为 39 种），其次是牡丹江市、齐齐哈尔市、绥化市（分别为 19 种、18 种、18 种），再者是伊春市、鹤岗市、黑河市、佳木斯市、大兴安岭地区、鸡

西市（分别为 16 种、15 种、14 种、12 种、12 种和 11 种），最少的是双鸭山市、大庆市、七台河市（分别为 8 种、7 种和 4 种）。而外来入侵植物的物种密度则以面积比较小的鹤岗市和七

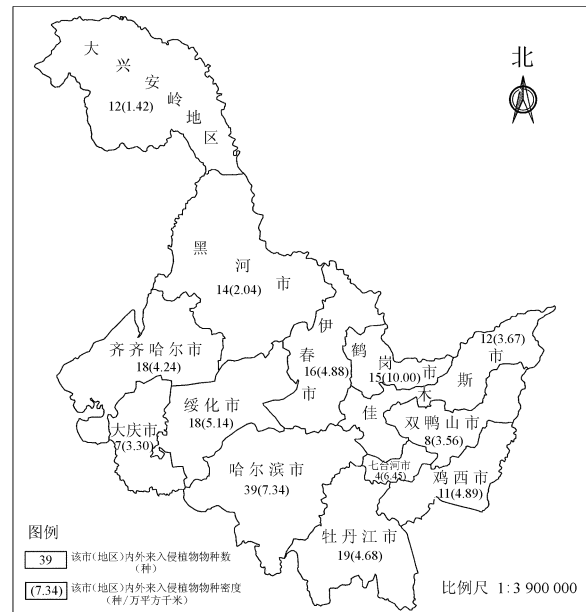


图 1 黑龙江省外来入侵植物的空间分布格局

Fig. 1 Distribution of invasive plants in Heilongjiang Province

表 1 社会经济因素和环境因素的缩写和单位

Table 1 The abbreviation and units of the social-economic factors and environmental factors

变量 Variable	单位 Units
土地总面积 Total Land Area (TLA)	万平方公里 (10^{10} m^2)
总人口 Total Population (TP)	万人 (10^4 person)
人口密度 Population density (PLD)	人/平方公里 (person/ km^2)
交通运输仓储及邮政业 Transport, Storage and Post (TPT)	万元 (10^4 RMB)
接待入境旅游人数 Number of Overseas Visitor Arrivals (NOVA)	人 (person)
进出口总额 Total value of Imports and Exports (TVIE)	万美元 (10^4 US dollars)
地区生产总值 Gross Domestic Product (GDP)	亿元 (10^8 RMB)
人均地区生产总值 Per GDP (PGDP)	万元/人 (10^4 RMB/person)
市/地区内自然保护区总面积 Area of nature reserves (ANR)	万平方米 (10^4 m^2)
市/地区内自然保护区面积比例 Percentage of areas protected (PAP)	百分比 (%)
年平均气温 Annual Mean Temperature (AMT)	摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)
年平均相对湿度 Annual Mean Relative Humidity (AMRH)	百分比 (%)
日照时数 Total Sunshine Hours (TSH)	小时 (h)
全年降水量 Annual Total Precipitation (ATP)	毫米 (mm)
最高温 Monthly Highest Temperature (MHT)	摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)
最低温 Monthly Lowest Temperature (MLT)	摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)
无霜期 Frost-free day (FFD)	天 (Day)
经度 Longitude (LGD)	度 ($^{\circ}$)
纬度 Latitude (LTD)	度 ($^{\circ}$)

台河市较大,除此之外,哈尔滨市的外来入侵植物物种密度也很大,以地理位置比较偏僻、面积较大的大兴安岭地区和黑河市的外来入侵植物物种密度最小。

2.2 黑龙江省外来入侵植物的种类组成

在黑龙江省出现的52种外来入侵植物中,出现频率最高的是野西瓜苗(*Hibiscus trionum*, 100% (出现频率))、月见草(*Oenothera erythrosepala*, 92%),其次是红车轴草(*Trifolium pratense*, 69%)、白苋(*Amaranthus albus*, 61%)、白车轴草(*Trifolium repens*, 61%)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus*, 54%)、圆叶牵牛(*Ipomoea purpurea*, 54%)、杂配藜(*Chenopodium hybridum*, 54%)、小蓬草(*Conyza canadensis*, 46%)、北美苋(*Amaranthus blitoides*, 46%),再者是麦仙翁(*Agrostemma githago*, 38%)、芒麦草(*Hordeum jubatum*, 38%)、王不留行(*Vaccaria segetalis*, 38%)、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*, 38%)、毒麦(*Lolium temulentum*, 31%)、欧洲千里光(*Senecio vulgaris*, 31%)、豚草(*Ambrosia artemisiifolia*, 31%)、狼把草(*Bidens tripartita*, 31%)、曼陀罗(*Datura stramonium*, 31%)、皱果苋(*Amaranthus viridis*, 31%)、野燕麦(*Avena fatua*, 31%)、狗筋麦瓶草(*Silene vulgaris*, 31%)、牛膝菊(*Galinsoga parviflora*, 31%)。

这52种外来入侵植物隶属于19个科,其中种数最多的科是菊科(Compositae, 17种),其次是苋科(Amaranthaceae, 5种),再次是十字花科(Brassicaceae, 5种)、石竹科(Caryophyllaceae, 4种)和豆科(Leguminosae, 4种),这4个科共有35种,占总数的67%。以属为单位进行统计,含种数最多的属是苋属(*Amaranthus*, 5种),其次是三叶草属(*Trifolium*, 3种),再次是曼陀罗属(*Datura*, 2种)、独行菜属(*Lepidium*, 2种)、豚草属(*Ambrosia*, 2种)。

2.3 黑龙江省外来入侵植物的生活型组成

生活型是生物对外界环境适应的外部表现形式,同一生活型的物种,不但体态相似,其适应特点也是相似的(李博等,2000)。黑龙江省分布的外来入侵植物主要为一、二年生草本,有38种,占总数的73%;其次为多年生草本,有10种,占总数的19%;乔木有3种,占总数的6%,灌木只有1种,占总数的2%。很多外来入侵植物之所以能够入侵成功,是由于其生态适应强,可以适应经常受到干扰的生境、繁殖和传播能力强(李振宇和解焱,2002),而在黑龙江省的一、二年生草本外来入侵植物基本都具有上述特征,有的还可以在营养极其贫瘠的土壤中生存。在不同的市和地区之间各种生活型的外来入侵植物比例也有所不同,但是大部分仍以一、二年生草本植物为主。

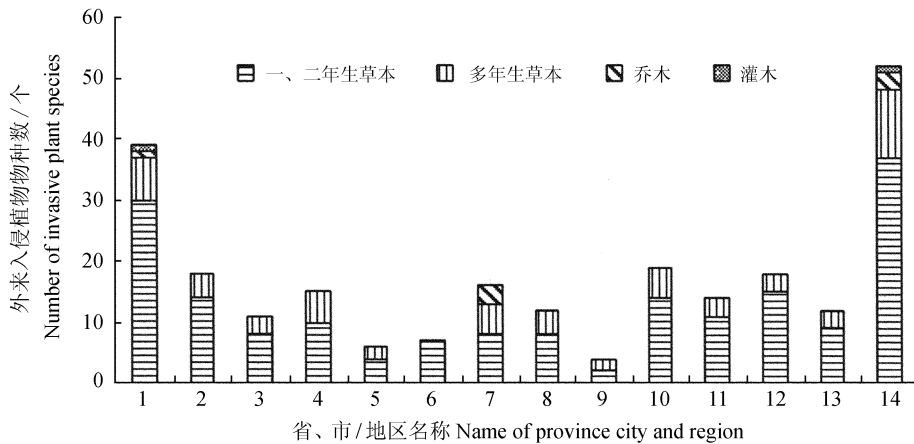


图2 黑龙江省及其所属市和地区外来入侵植物的生活型组成

1. 哈尔滨市; 2. 齐齐哈尔市; 3. 鸡西市; 4. 鹤岗市; 5. 双鸭山市; 6. 大庆市; 7. 伊春市; 8. 佳木斯市; 9. 七台河市; 10. 牡丹江市; 11. 黑河市; 12. 绥化市; 13. 大兴安岭地区; 14. 黑龙江省

Fig. 2 The life forms of the invasive plants in Heilongjiang Province and the cities and regions of the province

1. Harbin; 2. Qiqihaer; 3. Jixi; 4. Hegang; 5. Shuangyashan; 6. Daqing; 7. Yichun; 8. Jiamusi; 9. Qitaihe; 10. Mudanjiang; 11. Heihe; 12. Suihua; 13. Daxinganling region; 14. Heilongjiang province

2.4 黑龙江省外来入侵植物的原产地来源分析

黑龙江省外来入侵植物的原产地来源主要分为以下 10 种类型 (表 2), 北美洲和欧洲是黑龙江省外来入侵植物的主要来源地, 两者之和超过总数的 50%, 这很可能与外来入侵植物其原产地的地理位置和气候条件恰与同处于北半球相似纬度的我国黑龙江省的自然环境相吻合的原因有关, 从而有利于其建立种群并进一步扩散; 其次是中美洲和南美洲; 来自亚洲和非洲的入侵植物较少。

2.5 黑龙江省外来入侵植物的空间分布及影响因素分析

对黑龙江省外来植物物种数和密度与经济社会因素及生态环境因素之间的相关分析表明 (表 3, 4), 黑龙江省外来入侵植物的分布与人类活动关系密切, 其中总人口数 (TP) 和交通运输业生产总值 (TPT) 对黑龙江省外来入侵植物的数量影响最大, 达显著水平。作为黑龙江省首府的哈尔滨市, 不但是全省的政治经济中心, 也是中国东北部的重要经贸城市、历史文化名

城、旅游胜地, 其交通便利, 国内外游客和车辆出入频繁, 从而为外来入侵植物的进入、传播、扩散提供了便利条件, 因此, 哈尔滨市外来入侵植物的种类最多。对于外来入侵植物的物种密度而言, 其与各行政区的面积 (TLA)、市/地区内自然保护区总面积 (ANR) 呈反比例关系, 也就是说面积越大, 外来入侵植物的植物密度越小, 而且在市或地区内自然保护区的面积越大, 其外来入侵植物的密度越小, 说明自然保护区的建立对于保护我国的生物多样性、生态系统的完整性具有重要意义。黑龙江省的野生动植物资源十分丰富, 截止到 2008 年 1 月, 黑龙江省的国家级自然保护区数量为 21 个, 居全国第三位, 仅次于四川 (22 个)、内蒙古 (23 个), 其各级各类自然保护区的总数达到 188 个 (黑龙江省环境保护厅), 比较有效地保护了当地的生态环境和本地植物, 减少了外来入侵植物的入侵。另外, 从表 4 还可以看出, 黑龙江省外来入侵植物的物种密度与日照时数呈负相关关系, 即黑龙江省外来入侵植物较适应短日照的生态环境条件。

表 2 黑龙江省外来入侵植物的原产地分布统计

Table 2 Statistics of the distribution of origin of invasive plants in Heilongjiang Province

原产地 Origin	外来入侵植物数量 Number of invasive plant species	百分比 Percent/%
欧洲 Europe	10	19.23
欧洲地中海沿岸 Coastwise area of Mediterranean Sea in Europe	3	5.77
南美洲 South America	8	15.38
中美洲 Central America	7	13.46
北美洲 North America	13	25
非洲 Africa	2	3.85
亚洲 Asia	3	5.77
欧洲及西亚 Europe and Western Aisa	3	5.77
美洲、欧洲和亚洲寒温带 America、Europe and Cold temperature zone of Aisa	1	1.92
北美和南欧 North America and South Europe	1	1.92

表 3 黑龙江省外来入侵植物种数和物种密度与社会经济因素之间的相关关系

Table 3 Correlation coefficients of NIS/ID and social-economic factors in Heilongjiang Province

项目 Items	TLA	TP	PLD	TPT	NOVA	TVIE	GDP	PGDP
NIS	0.39	0.84**	0.38	0.86**	0.34	0.38	0.58	-0.14
ID	-0.56*	0.25	0.46	0.30	-0.08	-0.05	0.17	-0.06

显著性检验结果: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。NIS: 外来入侵植物物种数 Number of invasive alien plant species; ID: 外来入侵植物物种密度 Density of invasive alien plants, TLA, TP, PLD, TPT, NOVA, TVIE, GDP, PGDP 见表 1

表4 黑龙江省外来入侵植物种数和外来入侵植物物种密度与生态环境因素之间的相关关系

Table 4 Correlation coefficients of NIS/ID and eco-environmental factors in Heilongjiang Province

项目 Items	ANR	PAP	AMT	AMRH	TSH	ATP	MHT	MLT	FFD	LGD	LTD
NIS	0.05	-0.16	0.21	0.03	-0.06	0.006	0.41	0.05	0.14	-0.28	-0.15
ID	-0.71 *	-0.43	0.50	-0.09	-0.69 **	0.23	0.20	-0.57	0.28	0.39	-0.49

显著性检验结果: * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ 。NIS: 外来入侵植物物种数 Number of invasive alien plant species; ID: 外来入侵植物物种密度 Density of invasive alien plants, ANR, PAP, AMT, AMRH, TSH, ATP, MHT, MLT, FFD, LGD, LTD 见表1

3 讨论

本文通过查阅文献资料、植物标本和野外调查,统计得出目前在黑龙江省分布的外来入侵植物数量为49种,这与部分研究结果不同,如Liu等(2005)的统计结果为25种,Weber等(2008)的统计结果为38种,分析差异的原因,很可能与两个因素有关,其一,近年来由于黑龙江省经济和旅游事业的蓬勃发展,与外界交往日益频繁,一些新的外来入侵植物进入黑龙江省,例如意大利苍耳(*Xanthium italicum*)(王瑞和万方浩,2010);其二,随着生物入侵的研究逐渐受到生态学家和有关部门的重视,关于外来入侵植物的信息越来越丰富,一些遗漏的物种分布信息得以补充和完善。

另外,与以往的研究不同(吴晓雯等,2006;张帅等,2010),本研究区域不是针对全国,而是针对省级行政区域内外来入侵植物分布格局的研究,缩小了研究尺度。对于黑龙江省外来入侵植物分布而言,人类活动影响要超过自然环境因素影响。在全国尺度上,外来入侵植物分布与环境因素的关系密切,尤其是年降雨量、年均温度、年极端低温、无霜期和年均积温这些因子。而在黑龙江省这些因素对外来入侵的分布都不造成影响,只有日照时数与外来入侵植物物种密度呈负相关。对于黑龙江省外来入侵植物分布格局影响最大的两个因素是人口总数和交通运输邮政业生产总值。说明在相对较小的地理区域上外来入侵植物分布主要受人类活动的影响,很多外来入侵植物的远距离传播需要依赖人类活动(Byers,2002),因此,人口数量可能是决定外来入侵植物分布的一个重要因素(Hulme,2003)。很多研究也表明交通运输对外来入侵植物的分布影响密切,这是由于交通道路一方面增加了外来入侵植物种子或其他繁殖体扩散传播的机会

(Trombulak和Frissell,2000);另一方面由于交通道路的修建造成生境破碎化而产生新的空缺生态位,为外来入侵植物创造了机会(Spellerberg,1998)。哈尔滨市人口数量位于黑龙江省之首,其外来入侵植物的数量也最多,但是其外来入侵植物物种密度却小于鹤岗市。这主要是由于面积的影响,而且外来入侵植物物种密度并不能全面反映出该地区外来入侵植物的多样性。外来入侵植物的多样性还要充分考虑到每种外来入侵植物的个体数量,而这项调查的工作量较大,还需要进一步完善和积累。

经相关分析表明,黑龙江省外来入侵植物物种密度与各个市或地区的自然保护区面积呈反比例关系,具有自然保护区且面积大的市/地区受到外来入侵植物的影响较小,说明自然保护区的建立对于减少外来入侵植物的入侵具有重要意义,在一定程度上可以保护本地植物多样性和本地生态系统的完整性。因此,如果在原有的基础上继续增加自然保护区的面积或者将距离较近的自然保护区相连接,可以更好地抵御外来入侵植物的入侵。

黑龙江省外来入侵植物的生活型主要是一、二年生草本,占总数的73%。Weber等(2008)对我国外来入侵植物的研究也发现,从总体来讲,在我国270种外来入侵植物中54%是一年生草本。我们的研究发现,在黑龙江省外来入侵植物大部分属于菊科,最多的属是苋科的苋属,这也与Weber等(2008)对我国整体外来入侵植物的研究结论相同。因此,在对黑龙江省海关出入境检验过程中要特别注意来自国外的菊科一年生草本植物。

目前,我国绝大部分地区尚未建立具有区域特点的外来入侵植物评估体系。本文结果表明,黑龙江省的外来入侵植物主要来自于北美洲和欧

洲。有研究表明, 来源于相似气候带的外来植物, 竞争能力强, 入境后成为外来入侵植物的成功率高(彭少麟和向言词, 1999), 而来源于北美洲的三裂叶豚草和来自欧洲的毒麦都是入侵性很强的外来杂草。因此, 针对不同的来源地结合本文研究所得的黑龙江省外来入侵植物的特点, 进一步丰富相关信息, 可以初步建立一套具有黑龙江省区域特点的外来入侵植物评估系统。

再者, 加强对黑龙江省常见的、已对社会经济造成影响的外来入侵植物入侵机制的研究也十分必要。例如豚草和反枝苋, 如果能够弄清影响典型外来入侵植物入侵成功的关键因子和过程, 必将有助于我们更好地预测和防止生物入侵的发生。

虽然黑龙江省与我国经济发达省份和东南沿海省份相比, 其外来入侵植物的数目相对较小, 危害大、暴发面积广的物种还不多。但是, 由于全球气候变化, 据联合国政府间气候变化专业委员会(IPCC)预测, 到2100年全球气温将平均升高4℃(IPCC, 2007), 而黑龙江省作为我国最北的省份, 纬度较高, 很可能比我国其他省份对于气候变化的反应更为敏感。因而及时掌握黑龙江省外来入侵植物的分布情况和其所处的入侵阶段(引入、到达、定居、建群、暴发), 就可以对其是否会在未来达到暴发进行预测, 从而尽早采取手段避免其暴发, 有效地减少损失。

致谢 本研究得到东北农业大学胡宝忠校长、孙彦坤教授、李凤兰副教授、王瑶硕士、杨振华硕士, 东北林业大学聂绍全先生、张宝友老师、金玲老师, 哈尔滨师范大学王臣教授、王金亮硕士, 黑龙江省自然与生态研究所倪宏伟所长, 大庆师范学院臧红老师和梁彦涛老师的热心帮助, 在此表示诚挚的谢意!

〔参 考 文 献〕

黑龙江省环境保护厅 [EB/OL]. <http://www.hljdep.gov.cn>
 黑龙江省统计局和国家统计局黑龙江调查总队, 2009. 黑龙江省统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社
 李博, 杨持, 林鹏, 2000. 生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社
 李国祥, 2002. 小兴安岭林木种子图说 [M]. 北京: 中国国际广播出版社
 李振宇, 解焱, 2002. 中国外来入侵种 [M]. 北京: 中国林业出版社
 刘艳华, 2006. 五大连池火山保护区野生植物资源调查研究

[D]. 延吉: 延边大学
 钱崇澍, 陈焕镛, 林镕等, 2004. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社
 徐海根, 王健民, 强胜等, 2004. 《生物多样性公约》热点研究: 外来物种入侵·生物安全·遗传资源 [M]. 北京: 科学出版社
 张武冰, 傅马利, 1999. 中国地图集 [M]. 北京: 中国地图出版社
 郑宝江, 马建华, 2008. 扎龙湿地植物志 [M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社
 郑景明, 马克平, 2010. 入侵生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社
 中国数字植物标本馆 (Chinese Virtual Herbarium), 2010. 一般标本查询 [2010-1-22] [EB/OL]. <http://www.cvh.org.cn/bi-aoben/list.asp>
 周以良, 董世良, 聂绍全, 1998. 黑龙江树木志 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社
 周以良, 1993. 黑龙江省植物志 [M]. 哈尔滨: 东北农业大学出版社
 Baker HG, Stebbins IL, 1965. *The Genetics of Colonizing Species* [M]. New York: Academic Press
 Bossard C, Randall J, Hoshovsky M, 2000. *Wildland Weeds of California* [M]. Sacramento: California Native Plant Society
 Byers JE, 2002. Physical habitat attribute mediates biotic resistance to non-indigenous species invasion [J]. *Oecologia*, **130**: 146—156
 Dark SJ, 2004. The biogeography of invasive alien plants in California: an application of GIS and spatial regression analysis [J]. *Diversity and Distributions*, **10** (1): 1—9
 Elton CS, 1958. *The Ecology of Animal and Plant Invasions* [M]. London: Methuen Press
 Hulme PE, 2003. Biological invasions: Winning the science battles but losing the conservation war? [J]. *Oryx*, **37** (2): 178—193
 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007. *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change* [M]. Cambridge: Cambridge University Press
 Liu J, Liang SC, Liu FH *et al.*, 2005. Invasive alien plant species in China: regional distribution patterns [J]. *Diversity and Distributions*, **11** (4): 341—347
 Liu SX (刘胜祥), Qin W (秦伟), 2004. Study on the current status of invasive plants in Hubei Province [J]. *Journal of Central China Normal University (Natural Science Edition)* (华中师范大学学报(自然科学版)), **38** (2): 223—227
 Peng SL (彭少麟), Xiang YC (向言词), 1999. The invasion of exotic plants and effects of ecosystems [J]. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **19** (4): 560—568
 Shi Y (石瑛), Xie SL (谢树莲), Wang HL (王惠玲), 2006. Study on the exotic invasive plants in Shanxi Province [J]. *Journal of Tianjin Normal University (Natural Science Edition)* (天津师范大学学报(自然科学版)), **26** (4): 23—27
 Shigesada N, Kawasaki K, 1997. *Biological Invasions: Theory and Practice* [M]. Oxford: Oxford University Press

- Spellerberg I, 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review [J]. *Global Ecology and Biogeography*, **7** (5): 317—333
- Sun ZH (孙振海), Liu YM (刘玉梅), 2006. Plant species and its protection in Heilongjiang Province [J]. *Forest Investigation Design* (林业勘查设计), (3): 69—71
- Trombulak SC, Frissel CA, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities [J]. *Conservation Biology*, **14** (1): 18—30
- Wang R (王瑞), Wan FH (万方浩), 2010. Prediction of the potential survival area of *Xanthium italicum* in China [J]. *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), **19** (6): 222—230
- Weber E, Sun SG, Li B, 2008. Invasive alien plants in China; diversity and ecological insights [J]. *Biological Invasions*, **10** (8): 1411—1429
- Williamson M, 1996. *Biological Invasions* [M]. London: Chapman & Hall Press
- Wu T (吴彤), Li JX (李俊祥), Dai J (戴洁) *et al.*, 2007. Floristic characteristics and spatial distribution patterns of alien plants in Shandong Province [J]. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **26** (4): 489—494
- Wu XW (吴晓雯), Luo J (罗晶), Chen JK (陈家宽) *et al.*, 2006. Spatial patterns of invasive alien plants in China and its relationship with environmental and anthropological factors [J]. *Journal of Plant Ecology* (植物生态学报), **30** (4): 576—584
- Zhang S (张帅), Guo SL (郭水良), Guan M (管铭) *et al.*, 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 [J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **30** (16): 4241—4256

附表 黑龙江省外来入侵植物
Appendix table The invasive plants in Heilongjiang Province

种名 Species	科 Family	生活型 Lifeform	原产地 Origin	入侵范围 (市/地区数) Invasion range (city/region number)	生境 Habitats
野西瓜苗 <i>Hibiscus trionum</i>	锦葵科	一年生草本	非洲中部	13	1, 2
月见草 <i>Oenothera biennis</i>	柳叶菜科	多年生草本	北美	12	1, 2, 3, 5
红车轴草 <i>Trifolium pratense</i>	豆科	多年生草本	欧洲中部	9	1, 2, 3
白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	豆科	多年生草本	欧洲	8	1, 2, 3
白苋 <i>Amaranthus albus</i>	苋科	一年生草本	北美	8	1, 2
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	苋科	一年生草本	热带美洲	7	1, 2, 3, 5
圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	旋花科	多年生草本	热带美洲	7	2, 3
杂配藜 <i>Chenopodium hybridum</i>	藜科	一年生草本	欧洲及西亚	7	1, 2, 3
小蓬草 <i>Conyza canadensis</i>	菊科	一、二年生草本	北美洲	6	1, 2, 3, 5
北美苋 <i>Amaranthus blitoides</i>	苋科	一年生草本	北美洲	6	1, 2
麦仙翁 <i>Agrostemma githago</i>	石竹科	一、二年生草本	东地中海地区	5	1, 2, 3
芒麦草 <i>Hordeum jubatum</i>	禾本科	一、二年生草本	美洲、欧洲、亚洲寒温带	5	1, 2
苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	菊科	一、二年生草本	欧洲	5	1, 2, 4, 5
王不留行 <i>Vaccaria segetalis</i>	石竹科	一、二年生草本	欧洲	5	1, 2
牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	菊科	一年生草本	墨西哥、中美、南美洲	4	1, 2, 3, 5
毒麦 <i>Lolium temulentu</i>	禾本科	一、二年生草本	欧洲	4	2
欧洲千里光 <i>Senecio vulgaris</i>	菊科	一年生草本	欧洲	4	1, 2, 3
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	菊科	一、二年生草本	北美洲	3	1, 2, 3, 4, 5
曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	茄科	一年生草本	墨西哥	4	1, 2, 3
皱果苋 <i>Amaranthus viridis</i>	苋科	一年生草本	热带美洲	4	1, 2, 3, 5
野燕麦 <i>Avena fatua</i>	禾本科	一年生草本	地中海地区	4	1, 2
狗筋麦瓶草 <i>Silene vulgaris</i>	石竹科	多年生草本	欧洲	4	1, 3

续附表 Continued appendix table

种名 Species	科 Family	生活型 Lifeform	原产地 Origin	入侵范围 (市/地区数) Invasion range (city/region number)	生境 Habitats
豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	菊科	一年生草本	美国西南部、墨西哥北部	4	1, 2, 3
蓍 <i>Achillea millefolium</i>	菊科	一、二年生草本	欧洲及西亚	4	1, 3, 5
狼把草 <i>Bidens tripartita</i>	菊科	一年生草本	热带美洲	4	1, 5, 6
田芥菜 <i>Brassica kaber</i>	十字花科	二年生草本	欧洲	3	2, 5
野油菜 <i>Brassica juncea</i>	十字花科	一、二年生草本	亚洲	3	2
三裂叶豚草 <i>Ambrosia trifida</i>	菊科	一年生草本	北美	2	1, 2, 3
绿独行菜 <i>Lepidium campestre</i>	十字花科	一、二年生草本	欧洲、亚洲西部	1	1, 3
大爪草 <i>Spergula arvensis</i>	石竹科	一年生草本	欧洲	2	2, 3, 5
密花独行菜 <i>Lepidium densiflorum</i>	十字花科	一、二年生草本	北美洲	2	1, 2, 5
秋英 <i>Cosmos bipinnata</i>	菊科	一年生草本	墨西哥	2	1, 2, 3, 5
蛇目菊 <i>Coreopsis tinctoria</i>	菊科	一、二年草本	北美洲	2	1, 2
铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	酢浆草科	多年生草本	美洲热带地区	2	2
熊耳草 <i>Ageratum houstonianum</i>	菊科	一年生草本	墨西哥	2	1, 2
糖槭 <i>Acer negundo</i>	槭树科	乔木	北美洲	2	1, 4
菊苣 <i>Cichorium intybus</i>	菊科	多年生草本	欧洲	2	1, 2, 3, 5
毛酸浆 <i>Physalis pubescens</i>	茄科	一年生草本	美洲	1	1, 2, 3
美国白蜡树 <i>Fraxinus americana</i>	木樨科	乔木	北美洲	1	1, 4
马泡瓜 <i>Cucumis melo</i> L. var. <i>agrestis</i> Naud.	葫芦科	一年生草本	非洲	1	1, 2, 3
五叶地锦 <i>Parthenocissus quinquefolia</i>	葡萄科	一年生草本	北美	1	1, 2
洋金花 <i>Datura metel</i>	茄科	一年生草本	印度	1	1, 2, 3
假苍耳 <i>Iva xanthifolia</i>	菊科	一年生草本	北美洲	1	1, 2, 3
意大利苍耳 <i>Xanthium italicum</i> Moretti	菊科	一年生草本	北美、南欧	2	1, 2, 3
刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i>	苋科	多年生草本	热带美洲	1	1, 2
紫茎泽兰 <i>Ageratina adenophora</i>	菊科	多年生草本或亚灌木	墨西哥至哥斯达黎加一带	1	1, 2, 3, 4, 5
藿香蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	菊科	一年生草本	墨西哥	1	2, 5
欧洲云杉 <i>Picea abies</i>	松科	大乔木	欧洲	1	1, 4
绛三叶 <i>Trifolium incarnatum</i>	豆科	一年生草本	欧洲地中海沿岸	1	1, 3
蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	大戟科	一年生草本	非洲	2	1, 2, 4, 5
单刺仙人掌 <i>Opuntia monacantha</i>	仙人掌科	灌木	南美洲	1	7
含羞草 <i>Mimosa pudica</i>	豆科	多年生草本	南美洲	1	1, 2

生境: 1=路边, 废弃地, 荒地; 2=农田; 3=草地, 草坡; 4=林地; 5=河岸; 6=湿地, 沼泽; 7=山坡空旷地或石灰岩山地

Habitats: 1=roadsides, waste places, wildness; 2=agricultural areas; 3=grasslands, grassy slopes; 4=forests; 5=riparian habitats; 6=marshes, swamps; 7=hillside open area, or calcareous mountain areas