

美国北卡罗来纳州外来入侵植物入侵性、克隆性及地理起源研究

王宁

井冈山大学生命科学学院/井冈山生态环境研究中心, 吉安 343009

摘要 对美国北卡罗来纳州 112 种外来入侵植物进行了研究。结果表明:入侵性最强的物种占 24.1%,较强的物种占 44.6%,较弱的物种占 31.3%。克隆植物有 67 种,占入侵植物总数 59.8%,且繁殖方式以匍匐茎型和分蘖型为主。1 年生或 2 年生草本、多年生草本、水生草本、乔木、灌木、藤本和竹类植物分别占入侵植物总数的 23.2%、20.5%、8.9%、7.1%、23.2%、15.2% 和 1.8%,其中克隆植物所占比例分别为 46.2%、82.6%、100%、62.5%、34.6%、58.8% 和 100%。随着入侵性的增强,在 3 个危害等级中来自亚洲的入侵植物比例依次为 45.7%、66.0% 和 74.1%;来自欧洲的入侵植物比例依次为 45.7%、30.0% 和 14.8%。上述结果表明,北卡罗来纳州入侵植物的入侵性可能与其克隆性具有较强的相关性,其地理起源多来自于亚洲和欧洲。

关键词 北卡罗来纳州; 入侵植物; 克隆性; 入侵性; 地理起源

中图分类号 Q 145 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)04-0465-05

植物外来种的入侵是指植物种在自然状态下或人类作用下,在异地获得生长与繁殖的现象^[1]。近十几年来,研究者发现外来入侵植物往往能够影响物种间的相互作用,排挤并造成本土植物数量减少乃至灭绝,进而改变当地生物种群、群落和生态系统的结构和功能^[2-4]。外来植物入侵已经成为人类全球化进程的负效应之一,现已引起国内外植物生态学家的广泛关注^[5-6]。

现有入侵植物中有相当一部分是克隆植物,且其中多数克隆植物具有环境适应性强、繁殖速度快和繁殖方式多样化等特性,这些克隆繁殖特性可能会深刻影响其入侵危害性^[7-9]。例如,入侵植物空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. 既能很好地适应各种水陆生境,又能通过匍匐茎、根状茎和宿根等克隆器官进行快速繁殖。对入侵植物的克隆性研究,已成为克隆植物生态学研究的重点领域之一^[9],目前国内外在大范围区域内对入侵植物入侵性和克隆性的相关性研究相对较少^[10-11]。

入侵植物在新生境的入侵性常受其地理起源的影响^[12-13]。亚洲和北美在纬度范围和环境条件上具

有较强的相似性,生物群也有很大的相关性,这使得两者很容易受到对方物种的入侵^[14-15]。现有研究^[10]发现,美洲是中国入侵植物的主要地理起源区。相应地,东亚也被认为是北美洲入侵植物的主要地理起源区,然而目前还缺乏足够的研究^[16]。本研究以美国北卡罗来纳州外来入侵植物为研究对象,对其入侵性、克隆性及地理起源作初步研究,这将有利于加深理解不同地理区域外来物种的入侵机理,可为今后中美两国间植物引种管理提供一定的理论指导,从而预防和减轻双方面的植物入侵危害。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

北卡罗来纳州位于美国南部地区,处于北纬 34°~36° 21' 与西经 75° 30'~84° 15' 之间。东邻大西洋,西接田纳西州,南连南卡罗来纳州和佐治亚州,北靠弗吉尼亚州。全州总面积为 13.96 万 km²,在美国 50 个州内列第 28 位。农村人口占 50% 以上,为美国农村人口最多的州之一^[16]。该州西部山区属大陆性气候,东南地区属亚热带气候。全州分为 3 个地理区域:沿海平原、皮德蒙克高原、

收稿日期: 2011-01-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(30860054)、江西省自然科学基金项目(2009GQN0073)及井冈山大学博士科研启动项目

王宁, 博士, 副教授, 研究方向: 植物入侵和克隆植物生态学. E-mail: wangning13@126.com

阿巴拉契亚山区。生长期沿海为 275 d,山区为 175 d。年均气温东部 19 °C,中部 16 °C,山区 13 °C。每年 7—8 月多雨,10—11 月最干燥。年平均降雨量沿海地区为 117~137 mm,皮德蒙特高原为 112~127 mm,西部山区为 100~200 mm^[17]。全州约有 5 600 种植物,其中有 758 种属于珍稀、受威胁或濒危植物,是美国植物资源较为丰富的州之一。近年来因其优越的地理位置、良好的气候环境和发达的农林业,北卡罗来纳州植物入侵危害问题变的日益严重,已引起当地政府和相关环保组织的高度重视。

1.2 研究方法

2010 年 8 月份,北卡罗来纳州乡土植物学会公布北卡罗来纳州有外来入侵植物 112 种,并在其网站上根据入侵性危害性将上述入侵植物划分成 3 个等级,从等级 1 到等级 3,入侵性危害性依次降低^[18]。通过查询相关资料,笔者归纳整理了这些入侵植物的基本信息。参考 CLOPLA3 克隆植物数据库^[19],按照其是否具备克隆性,分为克隆植物、非克隆植物;按照其生长型分为乔木、灌木、竹类、藤本、1 年生或 2 年生草本、多年生草本(含水陆两栖植物)和水生草本^[20];按照其分布科的数量情况,分

为禾本科、豆科、菊科、忍冬科和蔷薇科 5 个主要来源科;按照其地理起源,分为亚洲、美洲和欧洲。应用 SPSS 17.0 对入侵植物的危害等级和其是否为克隆植物两指标进行 Spearman 相关分析。

2 结果与分析

2.1 入侵植物的入侵性和克隆性相关分析

表 1 显示北卡罗来纳州入侵植物中有 27 种入侵性最强的物种(等级 1),占总数的 24.1%;有 50 种是入侵性较强的物种(等级 2),占总数的 44.6%,而等级 3 中的物种为 35 种,占总数的 31.3%。这 112 种入侵植物中克隆植物有 67 种,占总数的 59.8%。

在危害等级 1、等级 2、等级 3 中,克隆植物所占的比例依次为 55.6%、64.0% 和 57.1%,但 Spearman 相关分析表明北卡罗来纳州入侵植物的危害性强弱和其是否为克隆植物之间相关性并不显著($P = 0.937$)。在 67 种克隆植物中,根茎型克隆植物有 22 种,占 32.8%;具有匍匐茎的有 19 种,占 28.4%;可以分蘖繁殖的有 31 种,占 46.3%;具有球茎、块茎、鳞茎、块根、不定根等其他克隆器官的有 15 种,占 22.4%。

表 1 北卡罗来纳州入侵植物入侵性和克隆性统计¹⁾

Table 1 Statistics of invasiveness and clonality of invasive plant in North Carolina

危害等级 Threat rank	入侵植物数量 Number of invasive plant	克隆植物数量 Number of clonal plant				
		总数 Total number	根茎型 Rhizome type	匍匐茎型 Stolon type	分蘖型 Tiller type	其他类型 Other type
1	27	15	6(22.2)	7(25.9)	6(22.2)	3(11.1)
2	50	32	6(12.0)	8(16.0)	18(36.0)	6(12.0)
3	35	20	10(28.6)	4(11.4)	7(20.0)	6(17.1)

1) 1 种植物可能具有 2 种以上的克隆器官,括号中的数字为每种克隆植物类型在所属危害等级中所占的数量百分比。A plant species can have more than one type of clonal organ. The numbers in the bracket are the percentage of each clonal plant type in corresponding threat rank.

2.2 入侵植物的生长型和克隆性分析

表 2 显示,北卡罗来纳州 112 种入侵植物中 1 年生或 2 年生草本有 26 种,占总数的 23.2%,其中克隆植物 12 种,占 1 年生或 2 年生草本的 46.2%;多年生草本有 23 种,占总数的 20.5%,其中克隆植物 19 种,占多年生草本的 82.6%,且以根茎繁殖方式为主;水生草本有 10 种,占总数的 8.9%,且全为克隆植物;乔木有 8 种,占总数的 7.1%,其中 5 种是克隆植物,占乔木的 62.5%,且以分蘖繁殖方式为主;灌木有 26 种,占总数的 23.2%,其中克隆植物有 9 种,占灌木的 34.6%,且以分蘖繁殖方式为

主;藤本有 17 种,占总数的 15.2%,其中克隆植物有 10 种,占藤本的 58.8%,且以匍匐茎和分蘖繁殖方式为主;竹类仅有 2 种,且全为根茎型克隆植物。

2.3 入侵植物的主要来源科分析

表 3 显示,在入侵性最强的危害等级 1 中,入侵植物主要来自于豆科,有 5 种;在入侵性较强的危害等级 2 中,入侵植物主要来自于禾本科和忍冬科,分别有 5 种和 4 种;在入侵性较弱的危害等级 3 中,入侵植物主要来自于禾本科、菊科和豆科,分别有 8 种、7 种和 5 种。从总量上来看,北卡罗来纳州入侵植物主要来自禾本科、豆科和菊科。

表 2 北卡罗来纳州入侵植物生长型和克隆性统计¹⁾
Table 2 Statistics of life form and clonality of invasive plant in North Carolina

生长型 Growth form	入侵植物数量 Number of invasive plant	克隆植物数量 Number of clonal plant				
		总数 Total number	根茎型 Rhizome type	匍匐茎型 Stolon type	分蘖型 Tiller type	其他类型 Other type
1 年生或 2 年生草本 Annual or biennial herbs	26	12	4(15.4)	2(7.7)	5(19.2)	5(19.2)
多年生草本 Perennial herbs	23	19	10(43.5)	5(21.7)	4(17.4)	6(26.1)
水生草本 Aquatic herbs	10	10	3(30.0)	4(40.0)	5(50.0)	1(10.0)
乔木 Tree	8	5	0	0	4(50.0)	1(12.5)
灌木 Shrub	26	9	1(3.8)	1(3.8)	7(26.9)	0
藤本 Vine	17	10	2(11.8)	7(41.2)	6(35.3)	3(17.6)
竹类 Bamboo	2	2	2(100)	0	0	0

1) 1 种植物可能具有 2 种以上的克隆器官, 括号中的数字为每种克隆植物类型在所属生长型中所占的数量百分比。A plant species can have more than one type of clonal organ. The numbers in the bracket are the percentage of each clonal plant type in corresponding growth form.

表 3 北卡罗来纳州入侵植物入侵性和主要来源科统计
Table 3 Statistics of invasiveness and main families of invasive plant in North Carolina

危害等级 Threat rank	禾本科 Gramineae	豆科 Leguminosae	菊科 Compositae	忍冬科 Caprifoliaceae	蔷薇科 Rosaceae
1	2	5	0	2	2
2	5	3	3	4	3
3	8	5	7	0	0
合计 Total	15	13	10	6	5

2.4 入侵植物的地理起源分析

表 4 显示, 在北卡罗来纳州入侵植物中有 69 种来自于亚洲(其中 44 种来自东亚, 占亚洲起源入侵植物的 63.8%), 占总入侵植物种类的 61.6%; 有 35 种来自于欧洲, 占总入侵植物种类的 31.3%。在入侵性最强的危害等级 1 中, 来自于亚洲的入侵植物有 20 种, 占 74.1%, 来自于欧洲的入侵植物仅有 4 种, 占 14.8%; 在入侵性较强的危害等级 2 中, 来自于亚洲的入侵植物有 33 种, 占 66.0%, 来自于欧洲的入侵植物有 15 种, 占 30.0%; 在入侵性较弱的危害等级 3 中, 来自于亚洲和欧洲的入侵植物均有 16 种, 各占 45.7%。此外, 对于克隆植物在各个入侵危害等级中所占的比例来说, 来自欧洲的要远高于来自亚洲的。

表 4 北卡罗来纳州入侵植物入侵性和地理起源统计¹⁾

Table 4 Statistics of invasiveness and geographical origin of invasive plant in North Carolina

危害等级 Threat rank	美洲 America	亚洲 Asia	欧洲 Europe
1	3(3)	20(9)	4(3)
2	2(2)	33(18)	15(12)
3	3(2)	16(8)	16(10)
合计 Total	8(7)	69(35)	35(25)

1) 括号中的数字为克隆植物数量。The numbers in the bracket is the number of the clonal plants.

3 讨论

与非克隆植物相比, 入侵克隆植物不仅可以通过根状茎、匍匐茎和分蘖等多种繁殖方式在较长一段时期内进行扩张, 而且多数还具有克隆整合特性, 相连分株可以通过克隆整合作用彼此支援, 从而有效地适应各种外界生境。例如, 入侵植物空心莲子草既可以通过匍匐茎和根状茎进行繁殖, 也可以凭借肉质根进行繁殖, 能够适应各种水陆胁迫环境^[21-22]。上述生长特性都会潜在增加入侵克隆植物对本地植物种的竞争优势, 从而加剧其入侵危害性。然而, 以往对入侵植物克隆性的研究多集中在个体或种群水平上^[23-25], 在大范围区域内对入侵植物入侵性和克隆性的系统研究相对较少。刘建^[10]和王宁^[11]分别对中国和江西省的入侵植物进行研究时, 发现克隆植物所占比例分别为 44.0% 和 49.1%, 而在入侵性最强的等级中克隆植物所占比例也分别达到 65.6% 和 50.0%。类似的, 本研究发现克隆植物在北卡罗来纳州总入侵植物中和入侵等级 1 中所占比例也分别达到 59.8% 和 55.6%。上述研究结果表明, 克隆性对入侵植物的成功入侵可能具有重要作用, 这为入侵植物入侵性和克隆性的相关研究提供了新的证据。与刘建^[10]的研究结果相比, 本研究

未发现北卡罗来纳州入侵植物的入侵性和克隆性之间具有显著相关性,这可能受两方面因素的影响,一是两者所分析的总入侵植物数量存在差异,二是两者所采用的入侵危害等级划分标准不同。

人类出于经济生活需求而进行的大量植物引种活动,常会对当地入侵植物危害产生重要影响。本研究对北卡罗来纳州入侵植物的生长型进行分析时发现,1年生或2年生草本、多年生草本、灌木和藤本入侵植物占较大比例,而乔木、水生草本和竹类入侵植物相对较少。这可能主要是由于美国历史上人口大量迁入后,为满足当地农林业、牧草饲料业和观赏园艺等行业的快速发展,北卡罗来纳州或临近各州对上述植物原材料长期大量引进,从而导致了目前这些入侵植物的严重危害。事实上,多数经济作物和花卉园艺植物多属于禾本科、豆科和菊科等科属植物,而表4的统计结果也从一个侧面证明了北卡罗来纳州入侵植物上述入侵来源的可能性。

此外,一种入侵植物在新生境的入侵性常受其地理起源的影响^[12-13]。Guo等人^[26]对北美入侵植物进行研究时发现,亚洲(特别是中亚、东亚)是其主要地理起源区。王宁^[11]对江西省入侵植物的入侵性与地理起源进行研究时发现,美洲和欧洲是江西省入侵植物的主要地理起源区,尤其是来自美洲地区的入侵植物,其所占比例随入侵性的增强而增加。本研究则发现,亚洲(尤其是东亚)和欧洲是美国北卡罗来纳州入侵植物的主要地理起源区,其中来自亚洲地区的入侵植物所占比例随入侵性的增强而增加。中国的江西省和美国的北卡罗来纳州在地理位置上具有相似的纬度范围,上述两地区的入侵植物现状在一定程度上进一步证明:亚洲和北美因为具有类似的纬度范围和环境条件,其生物群具有某些相似的进化驱动力,从而使得两者互为对方入侵物种的主要来源地^[14-15]。因此,未来北卡罗来纳州在引进来自亚洲的植物种时必须格外谨慎。对入侵植物各危害等级中克隆植物所占比例来说,来自欧洲的远高于来自亚洲的,这可能主要是由于两者间地理差异所导致的物种进化差异所致。需要指出的是,克隆繁殖特性并非所有入侵植物的普遍特征,入侵植物的入侵危害性可能受多种因素的综合影响,只有进一步深入研究入侵植物的入侵机制,才会有助于预防和减轻未来洲际间的植物入侵危害。

参 考 文 献

- [1] 彭少麟,向言词.植物外来种入侵及其对生态系统的影响[J].生态学报,1999,19(4):560-568.
- [2] WOODS K D. Community response to plant invasion[C]//LUKEN J O, THIERET J W. Assessment and management of plant invasions. New York: Springer, 1997: 56-68.
- [3] O'DOWD D J, GREEN P T, LAKE P S. Invasional 'melt-down' on an oceanic island[J]. Ecology Letters, 2001, 6(9): 812-817.
- [4] GUREVITCH J, PADILLA D K. Are invasive species a major cause of extinctions? [J]. Trends of Ecology Evolutionary, 2004, 19(9): 470-474.
- [5] NAEEM S, KNOPS J M H, TILMAN D, et al. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors[J]. Oikos, 2000, 91(1): 97-108.
- [6] 王文琪,王进军,赵志模,等.紫茎泽兰入侵对弃耕荒地植物群落多样性的影响[J].华中农业大学学报,2010,29(3): 300-305.
- [7] LEAKEY R R B. Adaptive biology of vegetatively regenerating weeds[C]//CROAKER T H. Advances in applied biology. New York: Academic Press, 1981: 57-90.
- [8] KOLAR C S, LODGE D M. Progress in invasion biology: predicting invaders[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16(4): 199-204.
- [9] 董鸣,于飞海,安树青,等.植物克隆性的生态学意义[J].植物生态学报,2007,31(4): 549-551.
- [10] 刘建. 中国入侵植物分布格局和特性分析[D]. 济南: 山东大学图书馆, 2005.
- [11] 王宁. 江西省外来入侵植物入侵性与克隆性研究[J]. 井冈山大学学报: 自然科学版, 2010, 31(2): 108-112.
- [12] REICHARD S H, WHITE P. Horticulture as a pathway of invasive plant introductions in the United States[J]. BioScience, 2001, 51(2): 103-113.
- [13] LLORET F, MEDAIL F, BRUNDU G, et al. Local and regional abundance of exotic plant species on Mediterranean islands: are species traits important? [J]. Global Ecology and Biogeography, 2004, 13(1): 37-45.
- [14] GUO Q F. Ecological comparisons between eastern Asia and North America: historical and geographical perspectives[J]. Journal of Biogeography, 1999, 26(2): 199-206.
- [15] GUO Q F. Perspectives on trans-Pacific biological invasions [J]. Acta Phytocologica Sinica, 2002, 26(6): 724-730.
- [16] CALLAWAY R M, MIAO S L, GUO Q F. Are trans-Pacific invasions the new wave? [J]. Biological Invasions, 2006, 8(7): 1435-1437.
- [17] North Carolina. The State of North Carolina[EB/OL]. [2010-03-01]. http://www.netstate.com/states/intro/nc_intro.htm.
- [18] North Carolina Native Plant Society. Invasive exotic plants in

- NC-2010[EB/OL]. [2010-08-02]. <http://www.ncwildflower.org/invasives/list.htm>.
- [19] KLIMESOVA J, KLIMES L. Clo-Pla3-database of clonal growth of plants from Central Europe [DB/OL]. [2010-02-13]. <http://clopla.butbn.cas.cz/>.
- [20] 杨持. 生态学[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2008: 133.
- [21] 马瑞燕, 王韧. 喜旱莲子草在中国的入侵机理及其生物防治[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(2): 246-250.
- [22] 张云霞, 范兰兰, 施祖荣, 等. 莲子草假隔链格孢毒素对空心莲子草叶片和根尖组织超微结构的影响[J]. 华中农业大学学报, 2011, 30(1): 84-88.
- [23] WANG N, YU F H, LI P X, et al. Clonal integration affects growth, photosynthetic efficiency and biomass allocation, but not the competitive ability, of the alien invasive *Alternanthera philoxeroides* under severe stress[J]. *Annals of Botany*, 2008, 101(5): 671-678.
- [24] YU F H, WANG N, ALPERT P, et al. Physiological integration in an introduced, invasive plant increases its spread into experimental communities and modifies their structure[J]. *American Journal of Botany*, 2009, 96(10): 1983-1989.
- [25] YU F H, WANG N, HE W M, et al. Effects of clonal integration on species composition and biomass of sand dune communities[J]. *Journal of Arid Environments*, 2010, 4(6): 632-637.
- [26] GUO Q F, QIAN H, RICKLEFS R E, et al. Distribution of exotic plants in eastern Asia and North America[J]. *Ecology Letters*, 2006, 9(7): 827-834.

Invasiveness, clonality and geographic origin of alien invasive plant in North Carolina of America

WANG Ning

*School of Life Science, Jinggangshan University/
Research Center for Ecoenvironment of Jinggangshan, Ji'an 343009, China*

Abstract To date, few studies have addressed the relationship of clonality and invasiveness of alien invasive plants in large geographical scale. The 112 alien invasive plants in North Carolina of America were analyzed. The results showed that the percentage of the strongest invasiveness plants, the stronger invasiveness plants, the weaker invasiveness plants in all invasive plants are 24.1%, 44.6% and 31.3%. There are 67 invasive clonal plants (59.8%), whose mainly reproductive types were stolon and tiller. The percentages of annual or biennial herbs, perennial herbs, aquatic herbs, tree, shrub, vine and bamboo in total invasive plants are 23.2%, 20.5%, 8.9%, 7.1%, 23.2%, 15.2% and 1.8%, with clonal plants accounting for 46.2%, 82.6%, 100%, 62.5%, 34.6%, 58.8% and 100%, respectively. With the increase of invasiveness, the percentages of invasive plant originated from Asia are 45.7%, 66% and 74.1% in three ranks, and those originated from Europe are 45.7%, 30% and 14.8%. Data mentioned above indicated that clonality of the invasive plants in North Carolina may be contributed significantly to their invasiveness, and Asia and Europe were the primarily geographical origin of these alien invasive plants.

Key words North Carolina; invasive plant; clonality; invasiveness; geographic origin

(责任编辑: 陆文昌)