

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2018.04.013

外来入侵植物黄顶菊在我国的 地理分布格局及其时空动态

郑志鑫^{1, 2}, 王 瑞^{1*}, 张风娟², 万方浩¹
¹中国农业科学院植物保护研究所植物病虫害国家重点实验室, 北京 100193;
²河北大学生命科学学院, 河北 保定 071002

摘要:【目的】黄顶菊是 20 世纪 90 年代入侵我国的恶性外来杂草, 近年来呈快速扩散蔓延趋势。全面解析黄顶菊在我国的扩散动态对制定早期监测预警等管理措施具有重要意义。【方法】通过查阅文献和标本记录及实地调查等途径重建了黄顶菊在我国扩散的历史过程, 分析了其地理分布格局及其主要扩散路线, 以及最早入侵地与传入途径。【结果】黄顶菊最早入侵河北省南部的邯郸、衡水, 其后主要沿公路扩散蔓延, 71% 的分布点在距入侵地国道等主要公路 2 km 的范围内。目前, 该杂草已从最初的入侵地向北扩散到天津市, 向东扩散到山东省东营市, 向西扩散到了山西省黎城市, 向南扩散到了河南省开封市。黄顶菊向 4 个方向扩散的直线距离不等 (100~350 km), 这种差异与自然屏障和扩散通道相关。太行山脉是黄顶菊向西扩散的地理屏障, 但这个屏障已逐渐被突破。至今, 黄顶菊已入侵华北地区 5 个省市 (河北、山东、天津、河南和山西) 的 100 余个县。【结论】黄顶菊在我国仍处于快速扩散阶段, 未来应该会继续沿公路向南和向西蔓延。因此, 亟需在扩散的前沿地带开展监测预警工作, 以抑制其在我国的进一步扩散。

关键词: 黄顶菊; 入侵植物; 历史重建; 扩散动态

The geographic distribution pattern and spatiotemporal dynamic of the invasive alien plant *Flaveria bidentis* (Asteraceae) in China

ZHENG Zhixin^{1, 2}, WANG Rui^{1*}, ZHANG Fengjuan², WAN Fanghao¹
¹State Key Laboratory for Biology and Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; ²College of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China

Abstract: 【Aim】*Flaveria bidentis* (L.) Kuntze is one of the notorious alien plants that has rapidly spread in China since 1990s. It is necessary to elucidate the spatial-temporal invasion and expansion processes in China to prevent or mitigate its further invasion. 【Method】We reconstructed its invasion and expansion process by collecting information from herbarium records, literature, and field investigations. Its invasion vectors and expansion routes were examined by analyzing the temporal changes in its geographic pattern. 【Result】*F. bidentis* firstly invaded Handan and Hengshui City in the southern part of Hebei Province. It then spread to neighboring regions along roads with 71% of the earliest occurrence points being within 2 km of major roads. It has now spread 350 km north to Tianjin City, 350 km east in Dongying City in Shandong Province, 250 km to the south in Kaifeng City in Henan Province, and 100 km to the west in Licheng City in Shanxi Province. The heterogeneity of the speed of spread of *F. bidentis* in different directions in China might be related to natural barriers and expansion route. The Taihang Mountains should be geographical barriers to prevent its spread to the west. *F. bidentis* however could break through this barrier along the roads with the human activities. By 2017, *F. bidentis* had invaded over 100 counties of five provinces in northern China. 【Conclusion】*F. bidentis* is still in a stage of rapid expansion. It might continue to spread southwards and westwards from the invaded areas in the future. It is imperative to establish early monitoring at the forefront of expansion to curb its spread.

Key words: *Flaveria bidentis*; invasive plant; historical reconstruction; spread dynamics

随着全球经济一体化、国际贸易自由化进程的加快,外来生物入侵现象越来越严重,它不仅造成生物多样性的丧失,而且破坏了自然生态平衡,对当地生态系统造成了严重威胁(万方浩等,2009; Anderson *et al.*, 2015)。这些外来物种一旦成功定殖,将很难被彻底根除,因此早期发现对于制定有效的预警与防控体系十分重要(万方浩,2010; Natalie *et al.*, 2012)。

黄顶菊 *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze 是 20 世纪 90 年代入侵我国的外来有害植物,由于其具有极强的繁殖和生态适应能力,目前已成为华北地区危害严重的外来入侵杂草之一(高贤明等,2004; 李少青等,2010; 李香菊等,2006; 王民,2006)。我国最早在河北省衡水市发现黄顶菊,其后相继在河北东南部的邯郸、邢台发现该入侵植物。

外来物种入侵本质上是一个历史过程,从最初引入或扩散到新的地区建立种群到景观上的扩散通常需要持续几十年甚至几个世纪(Lambrinos, 2001)。通过研究入侵物种传入、扩散的历史过程探明其种群扩散规律、评估其扩散趋势是控制已入侵物种的重要环节(张润志等,2004)。入侵物种的扩散过程可以通过重建其分布区历史来实现(Baki *et al.*, 2001; Delisle *et al.*, 2003; Mihulka & Pysek, 2001)。国际上已经开展了少数外来物种扩散动态的研究(张文驹和陈家宽,2003; Chauvel *et al.*, 2006; Gaston, 1991; Mihulka & Pysek, 2001; Salo, 2005; Wang *et al.*, 2006),为理解外来入侵物种在时间和空间上的分布模式,并制定其预防和控制措施发挥了重要作用。

黄顶菊可能是随人类活动无意间被引入我国,在其造成危害之前并未引起广泛的关注。本研究通过查阅文献和标本记录及实地调查获得该植物扩散的历史动态,并利用地理信息系统软件绘制黄顶菊在我国分布区扩散图,以期预测其未来的扩散动态、制定早期监测预警管理措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 数据搜集与整理

于 2016—2018 年,在我国华北地区的河北、天津、山东、河南、山西进行了野外调查,考察了黄顶菊可能存在的区域,尤其是各种道路沿带,并寻访了当地相关研究人员;同时,查阅了当地研究机构

有关黄顶菊的研究资料,以及山东、河南、河北、天津等地标本馆的标本记录;另外,查找了国内外的相关报道和文献资料(白艺珍等,2009; 曹向锋等,2010; 李香菊等,2006; 刘淑双,2007; 刘玉升等,2011; 任艳萍等,2008; 王青秀等,2008; 许桂芳和简在友,2011; 曾彦学等,2008)。然后筛选发现时间和地点信息记录完整的数据,在卫星地图网站(<http://www.earthol.com/>),参照中国国家测绘地理信息局地名研究所 1:100 万地名数据库,将黄顶菊的这些分布地点转换为地理坐标(国家测绘局地名研究所,1995)。对于已标出明确经纬度地理坐标数据的记录,经核实、校验后直接采用;文献资料中某地黄顶菊的发现时间可能晚于其入侵时间;但在本研究中仍假定发现时间为其最早入侵时间;对已有黄顶菊记录的地点(乡镇),之后出现的入侵记录将不予采用。

1.2 黄顶菊入侵历史过程重建

从中国国家基础地理信息系统(<http://nfgis.nsd.gov.cn>),下载 1:400 万的中国行政区划图。利用地理信息系统软件 ArcGIS,以河北、河南、天津、北京、山东、山西等省市黄顶菊主要入侵地为目标区域,以市为空间单位绘制黄顶菊在我国不同时间的分布图。

1.3 黄顶菊在我国的地理分布格局分析

利用地理信息系统的空间分析工具,统计分析黄顶菊入侵我国后不同时间的分布格局变化。基于黄顶菊扩散的时空动态,提出该杂草途经的主要公路是其扩散的通道。为了验证该推断,对物种分布点与道路的距离进行统计,并计算距离道路 2、5、10 km 范围内的分布点的比例。此外,对黄顶菊不同时期入侵点沿纬度、经度和海拔的变化趋势进行分析,计算黄顶菊从最早入侵地向东、西、南、北扩散的距离,以判断其向不同方向扩散速度的差异。

2 结果与分析

2.1 黄顶菊在我国的历史扩散动态

根据获得的数据,利用地理信息系统软件重建了黄顶菊在我国的历史扩散动态(图 1)。黄顶菊最早于 1994 年甚至更早开始出现在河北的邯郸市永年县,1996 年在衡水市冀衡铸造厂废弃厂房附近被发现,1998—2000 年扩散到邢台市,空间上呈隔离状态(图 1A);2001 年在河北省衡水市衡水湖和

天津市南开大学相继发现其入侵,2002 年在河北省石家庄市和沧州市等地也发现黄顶菊的分布,2004 年扩散到了保定市,自 2006 年开始,河南省和山东省相继发现黄顶菊的分布(图 1B、C)。目前,黄顶

菊已向北扩散到了天津市,向南扩散到了河南省开封市,向东扩散到了山东省东营市,向西扩散到了山西省黎城市(图 1D)。

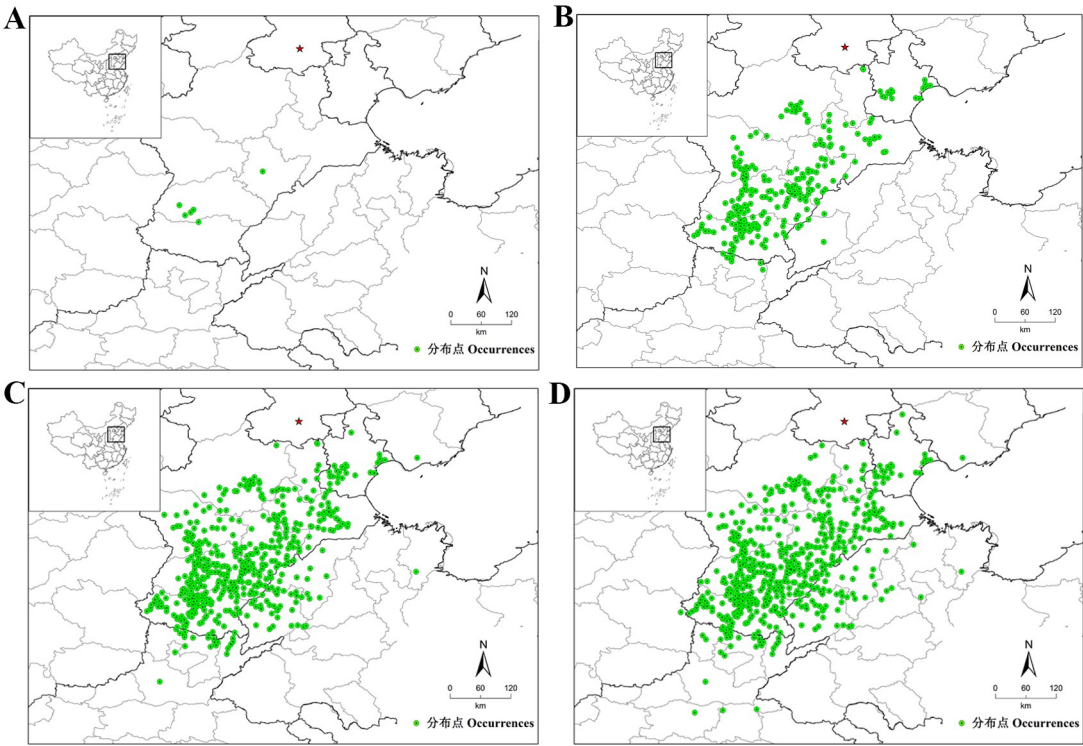


图 1 黄顶菊在中国的入侵动态

Fig.1 Invasion dynamic maps of *F. bidentis* in China

A:1999 年以前入侵点;B:2006 年以前入侵点;C:2012 年以前入侵点;D:2018 年以前分布点。
A: Occurrences before 1999; B: Occurrences before 2006; C: Occurrences before 2012; D: Occurrences before 2018.

2.2 黄顶菊在我国的地理分布格局

经过统计黄顶菊距主要道路不同距离的分布点个数可知,71%的分布点在距分布区内主要道路如国道 10 km 的范围之内,且分布点数随该距离的增加而减少。54%的分布点在距主要道路如 G107、G106、G309、G205 2 km 的范围内(包括约 85%入侵县的最早入侵点),27%的分布点在距主要道路 2~5 km 的范围内,19%的分布点在距主要道路 5~10 km 的范围内。这种分布格局说明公路是黄顶菊扩散蔓延的主要通道。

黄顶菊在我国不同方向的扩散速度存在差异(图 2)。其已从最初的发现地向北扩散了 350 km,向东扩散了 350 km,向南扩散了 250 km,向西扩散了 100 km。黄顶菊在我国不同方向扩散速度的异质性与自然屏障和扩散通道相关,太行山脉是黄顶菊向西扩散

的地理屏障,但目前这个屏障正在被突破。此外,黄顶菊在我国分布点主要集中在低海拔(<1000 m)地区(图 2)。

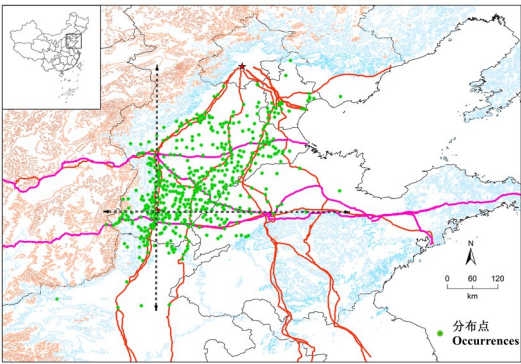


图 2 黄顶菊在中国入侵点的地理分布格局

Fig.2 The geographic pattern of the occurrences of *F. bidentis* in China

3 讨论

3.1 黄顶菊入侵我国的主要途径

外来物种可以通过自然扩散、交通运输、人为引进等途径传入新的区域(王瑞和王印政,2003)。黄顶菊原产于南美洲,后扩散到美洲中部、北美洲南部及西印度群岛,再后来由于引种等原因而传播到非洲的埃及和南非、欧洲的英国和法国、澳大利亚及亚洲的日本等地(Powell,1978)。在其分布及扩散地区,黄顶菊一般被当作农业杂草或环境杂草。在南非它被认为是农作物强有力的竞争者;在日本则习惯称之为归化种,实际上等同于入侵种的概念;而在厄瓜多尔的加拉帕戈斯群岛,它早已被列入有害物种名单(Broussalis *et al.*, 1999; Mauchamp, 2010; Powell, 1978)。

黄顶菊最早于 1994 年入侵我国的河北省邯郸市,这可能是由人为无意引入而导致的入侵。进入 21 世纪黄顶菊开始以河北省中南部为中心向周边其他省市扩散,目前已扩散到我国的河北、天津、山东、河南和山西等省市的 100 余个县。但在中国沿海各个港口地区并未发现黄顶菊,并且对进境植物检疫截获有害生物月度通报数据(2013 年 1 月—2017 年 9 月)的调查发现,黄顶菊的截获次数极少。这说明黄顶菊的入侵并不是由外来船只多次携带传入而导致。研究表明,在中国黄顶菊不同种群间遗传变异不显著,其可能通过改变表观遗传修饰 DNA 甲基化水平来维持自身对新环境的适应性(全志星等,2017)。因此,推测黄顶菊的入侵可能为单次人为携带传入而导致。

3.2 黄顶菊在我国扩散蔓延的主要路线与途径

外来入侵物种的传播途径主要有 2 种:(1)短距离传播,即依赖自身的扩散能力从某一个点沿特定的通道传到另一个点,逐渐向周围扩散;(2)长距离跳跃式传播,主要借助动物和人类活动等媒介进行扩散(王瑞和王印政,2003;徐承远等,2001)。由黄顶菊在我国的扩散动态(图 1)和入侵点的分布格局(图 2)可以推断,黄顶菊在我国的扩散与地区间人类的活动密切相关。人为因素主导其长距离跳跃式扩散,如 1996 年黄顶菊主要分布在衡水、邯郸,之后相继在邢台、石家庄、保定、沧州、安阳等人类活动中心被发现,且黄顶菊分布点大多位于旅游区、工厂、学校、沙场等人类活动频繁的区域。此

后,区域内的人类活动和自然媒介(风、水流等)主导其填充式扩散。其中,沙子石料的运输是一个重要主导因素,黄顶菊的种子、枝条等可以混在沙子中或黏在交通工具上,这为黄顶菊的快速传播扩散提供了机会。例如:安阳发生的黄顶菊可能由运输沙子的货车从邯郸沙场经由 104 国道引入;邢台沙河市的沙河周围有大量黄顶菊分布,可能由于其沙河内的沙子经过众多国道、省道运往邢台、衡水、沧州等市县的各个乡镇而造成。在实际调查中发现,黄顶菊在各地最早入侵的乡镇大多分布在国道(如 G106、G107 以及 G104 等)两边,证实了道路是黄顶菊在我国扩散的主要通道。

参考文献

- 白艺珍,曹向锋,陈晨,胡白石,刘凤权,2009. 黄顶菊在中国的潜在适生区. 应用生态学报, 20(10): 2377-2383.
- 曹向锋,钱国良,胡白石,刘凤权,2010. 采用生态位模型预测黄顶菊在中国的潜在适生区. 应用生态学报, 21(12): 3063-3069.
- 高贤明,唐廷贵,梁宇,郑天翔,桑卫国,2004. 外来植物黄顶菊的入侵警报及防控对策. 生物多样性, 12(2): 274-279.
- 国家测绘局地名研究所,1995. 中国地名录: 中华人民共和国地图集地名索引. 北京: 中国地图出版社.
- 李少青,倪汉文,方宇,吕远,2010. 黄顶菊种子休眠与种子寿命研究. 杂草科学(2): 18-21.
- 李香菊,王贵启,张朝贤,黄红娟,李咏军,2006. 外来植物黄顶菊的分布、特征特性及化学防除. 杂草科学(4): 58-61.
- 刘淑双,2007. 桃城区黄顶菊疫情防控的几点做法. 中国植保导刊, 27(7): 30-31.
- 刘玉升,刘宁,付卫东,张国良,2011. 外来入侵植物——黄顶菊山东省发生现状调查. 山东农业大学学报(自然科学版), 42(2): 187-190.
- 任艳萍,江莎,古松,王永周,郑书馨,2008. 外来植物黄顶菊(*Flaveria bidentis*)的研究进展. 热带亚热带植物学报, 16(4): 390-396.
- 全志星,田佳源,张思宇,皇甫超河,刘红梅,杨殿林,2017. 不同入侵地区黄顶菊 DNA 表观遗传多样性变化特征. 农业环境科学学报, 36(4): 625-634.
- 万方浩,郭建英,张峰,2009. 中国生物入侵研究. 北京: 科学出版社.
- 万方浩,彭德良,王瑞,2010. 生物入侵,预警篇. 北京: 科学出版社.
- 王民,2006. 外来有害生物黄顶菊入侵河北. 农村实用技

- 术, 27(12): 31.
- 王青秀, 李俊红, 王金水, 2008. 河南省内黄县黄顶菊的综合防控. 植物检疫, 22(5): 326.
- 王瑞, 王印政, 2003. 外来物种入侵、扩散过程与机制//徐汝梅, 叶万辉. 生物入侵——理论与实践. 北京: 科学出版社: 76–101.
- 徐承远, 张文驹, 卢宝荣, 陈家宽, 2001. 生物入侵机制研究进展. 生物多样性, 9(4): 430–438.
- 许桂芳, 简在友, 2011. 河南新乡外来植物分布动态调查及其危害性评估. 植物保护, 37(2): 127–132.
- 曾彦学, 刘静榆, 严新富, 彭镜毅, 2008. 台湾新归化菊科植物——黄顶菊. 林业研究季刊, 30(4): 23–28.
- 张润志, 张大勇, 叶万辉, 桑卫国, 薛大勇, 李尉民, 2004. 农业外来生物入侵种研究现状与发展趋势. 植物保护, 30(3): 5–9.
- 张文驹, 陈家宽, 2003. 物种分布区研究进展. 生物多样性, 11(5): 364–369.
- ANDERSON L G, ROCLIFFE S, HADDAWAY N R, DUNN A M, ROBERT B, 2015. The role of tourism and recreation in the spread of non-native species: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 10(10): 1–15.
- BAKI B B, 2001. Spatio-temporal dynamics of *Mimosa quadrivalvis* var. *leptocarpa* populations in Peninsular Malaysia // BRUNDU G, BROCK J, CAMARDA R, CHILD L, WADE M. *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*. Leiden: Backhuys Publishers: 23–32.
- BROUSSALIS A M, FERRARO G E, MARTINO V S, ROBERTO P, COUSSIO J D, ALVAREZ J C, 1999. Argentine plants as potential source of insecticidal compounds. *Journal of Ethnopharmacology*, 67(2): 219.
- CHAUVEL B, DESSAINT F, CATHERINE C L, FRANCOIS B, 2006. The historical spread of *Ambrosia artemisiifolia* L. in France from herbarium records. *Journal of Biogeography*, 33: 665–673.
- DELISLE F, LAVOIE C, JEAN M, LACHANCE D, 2003. Reconstructing the spread of invasive plants: taking into account biases associated with herbarium specimens. *Journal of Biogeography*, 30(7): 1033–1042.
- GASTON K J, 1991. How large is a species' geographic range. *Oikos*, 61(3): 434–438.
- LAMBRINOS J G, 2001. The expansion history of a sexual and asexual species of *Cortaderia* in California, USA. *Journal of Ecology*, 89(1): 88–98.
- MAUCHAMP A, 2010. Threats from alien plant species in the Galápagos Islands. *Conservation Biology*, 11(1): 260–263.
- MIHULKA S, PYSEK P, 2001. Invasion history of *Oenothera congeners* in Europe: a comparative study of spreading rates in the last 200 years. *Journal of Biogeography*, 28(5): 597–609.
- NATALE E, ZALBA S M, REINOSO H, 2012. Assessing invasion process through pathway and vector analysis: case of saltcedar (*Tamarix* spp.). *Management of Biological Invasions*, 3(1): 37–44.
- POWELL A M, 1978. Systematics of *Flavaria*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 65(2): 590–636.
- SALO L F, 2005. Red brome (*Bromus rubens* subsp. *madritensis*) in north America: possible modes for early introductions, subsequent spread. *Biological Invasions*, 7(2): 165–180.
- WANG R, WANG Y Z, 2006. Invasion dynamics and potential spread of the invasive alien plant species *Ageratina adenophora* (Asteraceae) in China. *Diversities and Distributions*, 12(4): 397–408.

(责任编辑: 杨郁霞)