

# 区域性外来恶性杂草裸柱菊的入侵扩散特征及防治对策

徐正浩<sup>1\*</sup>, 朱丽青<sup>1</sup>, 袁侠凡<sup>2</sup>, 陈为民<sup>3</sup>, 林云彪<sup>4</sup>, 谢国雄<sup>5</sup>

1. 浙江大学环境与资源学院教育部环境修复与生态健康重点实验室, 浙江 杭州 310029;

2. 浙江天凌农业科技有限公司, 浙江 诸暨 311800; 3. 杭州市森林和野生动物保护管理总站, 浙江 杭州 310009;

4. 浙江省植物保护检疫局, 浙江 杭州 310020; 5. 杭州市植保土肥总站, 浙江 杭州 310016

**摘要:** 裸柱菊 (*Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br.), 菊科 (Compositae) 裸柱菊属 (*Soliva* Ruiz et Pavon.) 植物, 原产南美洲、大洋洲, 1912 年在香港发现, 现在已经在中国南部广泛分布, 其中包括台湾、广东、海南、福建、湖南、浙江、安徽、江西、广西和贵州等地区, 为区域性外来恶性杂草。2002 年, 裸柱菊被国家质量监督检验检疫总局列为中国主要外来杂草及中国重要外来有害植物。裸柱菊的生物学特性表现为地上茎极短, 头状花序无梗, 直接生于茎基部, 花果期全年。裸柱菊的入侵扩散特性为具“湿生性”, 藉水流入侵、扩散, 又适宜沙质性土壤, 生活史策略为 r-选择, 随植物引种扩散蔓延, 具强“杂草性”。裸柱菊在菜地生境的生态重要值较大, 与鼠麴草 (*Gnaphalium affine*)、鳢肠 (*Eclipta prostrata*) 的生态位重叠值较高, 与一年蓬 (*Erigeron annuus*) 呈正联结, 与野苘蒿 (*Gynura crepidioides*) 呈负联结, 呈现“地域性”。本文对裸柱菊的杂草生态学展开了深入探讨, 切断藉水流、植物引种的传播扩散途径, 加强预警、监测, 有效狙击裸柱菊的进一步蔓延扩散是控制其入侵的重要对策。

**关键词:** 裸柱菊; 入侵扩散特征; 防治对策

**中图分类号:** S451

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2011) 05-0980-06

裸柱菊 (*Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br.), 别名座地菊、假吐金菊、七星菊、七星坠地、九龙吐珠和大龙珠草等, 原产南美洲、大洋洲, 1912 年在香港发现<sup>[1-5]</sup>。2002 年被国家质量监督检验检疫总局列为中国主要外来杂草及中国重要外来有害植物<sup>[6]</sup>。目前, 裸柱菊在我国主要分布于香港、台湾、广东、海南、福建、湖南、浙江、安徽、江西、广西和贵州等省、自治区和特区<sup>[2-3,7-20]</sup>。裸柱菊在浙江等省市的植物志中有较早收录, 被列为新种时间早<sup>[21]</sup>, 而在贵州、安徽等省被列为新种的时间相对较晚<sup>[15-17]</sup>。

## 1 裸柱菊的生物学特征和入侵扩散特性

### 1.1 裸柱菊的生物学特征

根据《中国外来入侵种》<sup>[2]</sup>和《中国外来入侵物种编目》<sup>[3]</sup>中的记载, 裸柱菊为一年生矮小草本, 茎平卧地面, 多分枝, 成丛, 通常短于叶, 被长柔毛; 叶互生, 具柄, 叶长 5~15 cm, 宽约 2 cm, 叶柄长 1.5~5 cm, 下部极扩大, 叶二至三回羽状分裂, 叶裂片线形, 长 5~9 mm, 宽 0.3~2 mm, 顶端极尖, 全缘或 2~3 裂; 头状花序近球形, 无梗, 集生于贴近地面的茎顶部 (图 1), 直径 6~12 mm, 总苞片 2 层, 长圆形或披针形, 边缘干膜质, 边缘雌花多数, 无花冠, 结实, 盘花两性, 管状,

黄色, 花冠 3 裂, 雄蕊 3 枚, 花药顶端钝, 基部圆, 无尾, 常不育; 瘦果倒披针形或扁楔形, 长 2~2.5 mm, 宽 1.2 mm, 多层, 黄褐色, 两面中央各有 1 条黑色眉状斑带, 两边肋下部具波皱状纹, 顶端具长柔毛以及长约 2 mm 的宿存花柱。裸柱菊无明显主根, 母株有多数细根。根状茎密生多数细长须根, 由根状茎长出匍匐枝, 繁衍成的新植株, 均形成多数细白根 (图 2)。裸柱菊的根状茎粗短, 茎匍匐枝与母株分离后长成新植株, 匍匐枝不断向外扩散新植株, 可形成巨大植株体。

目前报道裸柱菊的繁殖方式为种子繁殖。通过裸柱菊的地下部分又可发现, 裸柱菊与水葫芦 (*Eichhornia crassipes*)、大藻 (*Pistia stratiotes*) 等入侵植物一样, 还可进行无性繁殖, 即通过匍匐茎的延伸而分枝出新的植株, 从而形成庞大的“莲兜状”的植株体<sup>[22]</sup>。通过这种方式, 裸柱菊就能够在较短时间内迅速蔓延, 不断占领新的空间。因此, 裸柱菊的繁殖方式包括种子繁殖和匍匐茎繁殖。对浙江省丽水市蔬菜地上生长的裸柱菊的生长发育规律、分枝长叶特性及出苗特性的研究表明, 气温对裸柱菊的生长影响较大, 在低温条件下, 裸柱菊生长相对缓慢。在浙江丽水, 4 月 4 日至 6 月 4 日为裸柱菊快速生长期, 裸柱菊的分枝数量大, 叶片

**基金项目:** 浙江省科技计划项目 (2008C23010; 2008C35018); 教育部人文社会科学研究一般项目 (06JAZH001); 国家软科学项目 (2006GXQ3D181)

**作者简介:** 徐正浩 (1964 年生), 男, 副教授, 博士, 主要从事生物入侵的机理研究。E-mail: 640909@zju.edu.cn

\*通信作者

**收稿日期:** 2011-04-18



图1 花果期的裸柱菊植株

Fig.1 *Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br. plants at blossoming and bearing fruit stage



图2 裸柱菊通过横卧生长的匍匐茎无性繁殖

Fig.2 The strong creeping stolons of *Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br. in asexual reproduction pattern

数较多，全年出苗量大。裸柱菊全年有2个出苗高峰，一个在5月，另一个在12月，前者的出苗数较后者多。裸柱菊出苗不整齐性，给防治工作带来了一定的困难。在较低温度，裸柱菊仍能出苗，但裸柱菊在8~9月的出苗量几乎为零，说明高温干旱条件不利于其萌发<sup>[23]</sup>。

### 1.2 裸柱菊的入侵扩散特性

裸柱菊在湿地、湖缘地带和湖滩等水分较为充

沛的生境生长良好，表现为湿生性<sup>[15-19,24]</sup>。裸柱菊在沙质土壤也可生长茂盛。裸柱菊结实量大，种子多而细小，繁殖速度极快<sup>[17]</sup>。放牧等人类活动促进裸柱菊的扩散。裸柱菊种子还可能借助水流传播，种子容易被雨水和风力带至下游而迅速扩散<sup>[19]</sup>，从而对农作物和生态环境造成危害<sup>[17]</sup>。

裸柱菊为一年生或越年生草本，其生活史策略为r-选择<sup>[13]</sup>。r-选择类型的植物更加适应多变的环

境,在新生境易建立种群<sup>[25]</sup>。裸柱菊的繁殖策略兼营有性和无性繁殖,几乎全年可开花结果,且花果器官藏匿或隐蔽于茎叶中,植株耐践踏,耐污染环境,分布于人为干扰的生境中,传播扩散途径多样,说明该种具有强“杂草性”<sup>[13,26]</sup>。虽然借助风力传播连萼瘦果,是菊科入侵种最普遍的自然扩散方式<sup>[27]</sup>。但由于裸柱菊花果贴地生长,不像菊科的其他入侵植物,如小飞蓬(*Conyza canadensis*)、野塘蒿(*Conyza bonariensis*)、藿香蓟(*Ageratum conyzoides*)和钻形紫菀(*Aster subulatus*)等,它们的果实具冠毛,随风飘散或自然入侵,也不像菊科另外的一些入侵植物,如大狼把草(*Bidens frondosa*)和三叶鬼针草(*Bidens pilosa*),这些入侵植物的种子具有倒钩刺,易黏着人畜、货物和交通工具等而扩散传播。因此,从现有的知识水平看,裸柱菊更倾向于借助成熟种子或繁殖匍匐茎随土、水流、带土草坪、绿化植物和引种植物材料等途径近距离或远距离传播、扩散。因此,尽管裸柱菊在我国发现(1912年香港)已近1个世纪,但依然局限在沿海及内陆的10多个省份,危害夏收作物田、蔬菜地、草坪和绿化带等栽培区块,被定性为“区域性”的恶性杂草<sup>[3]</sup>。

## 2 裸柱菊的杂草生态学特性

对福建漳州市郊区的住宅区、行道树下、荒地、绿化地、林下、水仙花地和菜地7个不同生境下的杂草生态位研究表明,裸柱菊出现在荒地、绿化地、林下、水仙花地和菜地等5个生境中,其中菜地生境裸柱菊为优势种。在漳州市郊30种主要杂草中,裸柱菊的生态位宽度排行第3,说明裸柱菊的生态适应范围广泛。对漳州市郊30种主要杂草生态位重叠值的计算结果表明,裸柱菊与鼠麴草(*Gnaphalium affine*)、鳢肠(*Eclipta prostrata*)的生态位重叠值较高,反映了裸柱菊与鼠麴草、鳢肠的生态相似性,它们对资源的竞争相对较高<sup>[18]</sup>。对温州地区菊科入侵植物的分布特点、适宜生境和生活习性等研究表明,裸柱菊为常见种(出现频率介于5%~50%之间),在13种入侵温州地区的菊科植物组成的78个种对中,裸柱菊与一年蓬(*Erigeron annuus*)呈正联结,与野苘蒿(*Gynura crepidioides*)呈负联结,与12种菊科入侵植物间的Ochiai关联度指数(*I*)基本小于20%<sup>[13]</sup>。裸柱菊由于是区域性杂草,存在明显的地域性,目前,对裸柱菊的研究仅局限在入侵的杂草生态学等方面的研究<sup>[5,13,18,24,28]</sup>。

## 3 裸柱菊的防治对策

### 3.1 物理防治

通过物理控制措施,可消减基数,是长效治理

入侵物种的重要技术措施。在裸柱菊入侵数量不多,危害面积较少的地区,可在其开花结果前将其人工拔除。由于裸柱菊可通过匍匐茎的延伸进行无性繁殖,所以在拔除裸柱菊植株的同时,一定要将其根状茎挖出销毁。对正处在结实期的裸柱菊,应该先剪去其果实,并用袋子包好,避免裸柱菊大量落粒,进而随水流或借助风力传播,压低繁殖基数,再割去匍匐繁殖茎,用铁锹或铲子挖出根,将清理的植株进行晒干,与种子一起集中处理销毁。由于裸柱菊的结实量大,种子多,而且可进行无性繁殖,繁殖力强,容易再次生长蔓延,所以,需要长期防除。针对裸柱菊在较低温度下仍能出苗的特性,在冬季也应当加强对裸柱菊的防治。

### 3.2 化学防治

当裸柱菊危害面积较大时,利用化学除草剂仍是目前较常用的方法。常用的除草剂有72%的2,4-D丁脂,每 $\text{hm}^2$ 用600~750 mL,兑水450~600 L喷雾,如用72%的2,4-D丁脂和溴苯腈混合使用效果更好<sup>[3]</sup>。二甲四氯和草坪宁对裸柱菊的防治效果也较好<sup>[8]</sup>。对结实期的裸柱菊植株,应采取农业防除与化学防除相结合的方法,可以先人工除去果实再进行化学防治,两者相结合效果较好。

### 3.3 开发利用

近年来,国内外对入侵植物在治理环境污染中的研究已有不少的报道<sup>[29-30]</sup>。有研究表明,裸柱菊对重金属Cu、Pb和Cd有较强的吸收富集能力<sup>[7]</sup>,所以可将其用于植物修复技术上,治理受到这些重金属污染的土壤。裸柱菊全草入药具有解毒散结的功效,可治疗痈疮疔肿、风毒流注、癰疽和痔疮等。裸柱菊药用价值开发利用,对裸柱菊的防治将能起到积极作用<sup>[17]</sup>。

### 3.4 切断入侵扩散途径

裸柱菊喜沙质土壤,在菜地形成优势种群,放牧等人类活动促进其扩散,种子借助水流、雨水和风力带至下游而迅速扩散<sup>[17,19]</sup>。因此,要切断裸柱菊借风媒、水流与人畜传播的途径,尽量减少在湖边河岸等地区放牧,苗期及时清除裸柱菊,挖除地下根茎,遏制无性繁殖。

### 3.5 预警和监测

早期预警是控制外来种入侵的重要技术措施。根据信息资料对裸柱菊可能入侵扩散的省、区,特别是南方地区进行预警预防,加强防范措施,并制定防控预案。对已入侵的省区如浙江、安徽、江西、广西和贵州等地要加强裸柱菊种群的监测,入侵机理研究,并实施有效的控制,减少种群数量。加强植物检疫,防止裸柱菊的种子随着其他进口农产品引进。

#### 4 研究展望

草本入侵植物具有很强的扩散和繁殖力, 极易形成优势种群<sup>[31]</sup>。外来种的繁殖力是入侵机制的重要方面, 外来种的入侵能力与繁殖力成正相关<sup>[32]</sup>。当一种杂草的个体被传播到远离其原产地的新环境时, 由于该个体脱离其种群, 通常缺少异体传粉及受精的外在条件, 故采用自花授粉或无性繁殖是外来入侵种必然的选择性性状<sup>[26]</sup>。裸柱菊结实量大, 种子多而细小, 繁殖速度极快<sup>[17]</sup>。此外, 裸柱菊还可以通过匍匐茎进行无性繁殖。裸柱菊在入侵扩散过程中, 还表现出对不同生境的适应性<sup>[33-34]</sup>, 在菜地生境更易形成优势种群, 呈现较强的竞争优势<sup>[18]</sup>。外来种对环境条件变化的适应能力强<sup>[35-36]</sup>, 裸柱菊可以忍耐短暂淹水环境, 又表现出对沙质土壤的适应性。因此, 深入研究裸柱菊的入侵生态学特性, 阐明其入侵生态学机制, 对该种的控制有积极的作用。

表型可塑性、天敌逃逸、化感作用和遗传分化是外来物种成功入侵的重要机制<sup>[37-39]</sup>。目前, 对裸柱菊成功入侵的机制了解还不多。尽管裸柱菊能在较宽的海拔范围内生长<sup>[24]</sup>, 但关于裸柱菊的表型可塑性还未见报道。天敌逃逸与裸柱菊入侵性的关系还不清楚, 相关研究也未见报道。裸柱菊抽提液对黄花菜 (*Hemerocallis flava*)、皇帝菊 (*Melampodium morifolium*)、甜椒 (*Capsicum frutescens*)、含羞草 (*Mimosa pudica*) 种子的发芽率有明显的抑制作用, 且黄花菜、皇帝菊、羽衣甘蓝 (*Brassica oleracea*) 的根长芽长及含羞草的根长有显著的抑制作用<sup>[23]</sup>。裸柱菊危害夏收作物和蔬菜等是否跟化感作用相关, 还需要进一步研究。风媒植物常具有较高的遗传变异<sup>[40]</sup>。对入侵植物的遗传多样性和遗传结构的研究有利于在分子遗传水平上认识外来物种的入侵机理<sup>[41]</sup>。遗传多样性和遗传结构是一个物种的重要特征, 遗传多样性反映一个物种适应环境的能力和对环境变迁持续进化的潜力, 遗传结构的分布与物种的繁育机制密切相关, 同时反映生态适应进化、环境变迁与自然选择的效应<sup>[42]</sup>。目前, 对裸柱菊的分子标记研究已有报道, 主要是种类鉴别方面的研究, 但对裸柱菊的遗传结构和遗传机理研究尚未见报道<sup>[43]</sup>。

裸柱菊具有花果隐蔽生长、花果期全年和匍匐茎无性繁殖等生物学特性, 在入侵植物中具有典型性。开展裸柱菊入侵扩散的特征研究, 并分析不同生境、生态种群多度等级下的裸柱菊种群的遗传多样性, 展开水流、植物引种途径扩散的裸柱菊种群的遗传结构研究, 剖析裸柱菊入侵扩散的遗传机理, 是阐明其入侵机理的重要内容。因此, 加强对

裸柱菊遗传多样性与遗传分化的研究, 阐明其遗传结构与遗传机理, 可为有效防治裸柱菊提供对策。积极开展裸柱菊的生态防治、裸柱菊的资源化开发利用以及相应的区域管理对策和应急预案等方面的研究, 防止裸柱菊在更大范围内扩散, 促进生态安全。

#### 参考文献:

- [1] 李扬汉. 中国杂草志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 373-374.  
LI Yanghan. Notes on weeds in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1998: 373-374.
- [2] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002: 171.  
LI Zhenyu, XIE Yan. Invasive alien species in China[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2002: 171.
- [3] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵物种编目[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 115-116.  
XU Haigen, QIANG Sheng. Inventory invasive alien species in China[M]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2004: 115-116.
- [4] 徐正浩, 陈为民, 蔡国强. 杭州地区外来入侵生物的鉴别特征及防治[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2008.  
XU Zhenghao, CHEN Weimin, CAI Guoqiang. Identification and its control of invasive alien species in Hangzhou district[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press, 2008.
- [5] WU S H, WANG H H. Potential Asteraceae invaders in Taiwan: Insights from the flora and herbarium records of casual and naturalized alien species[J]. Taiwan, 2005, 50(1): 62-70.
- [6] 万方浩, 郑小波, 郭建英. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 769-796.  
WAN Fanghao, ZHENG Xiaobo, GUO Jianying. Biology and management of invasive alien species in agriculture and forestry[M]. Beijing: Science Press, 2005: 769-796.
- [7] 黄朝表, 郭水良, 陈旭敏, 等. 金华地区 11 种杂草对 4 种重金属的吸收与富集作用研究[J]. 农业环境保护, 2001, 20(4): 225-228.  
HUANG Chaobiao, GUO Shuilang, CHEN Xumin, et al. Absorption and accumulation of four heavy metals by eleven weeds in Jinhua, Zhejiang[J]. Agro-environmental Protection, 2001, 20(4): 225-228.
- [8] 童爱珍, 金鑫, 单莉萍. 三种除草剂对草坪杂草防除的对比试验[J]. 华东森林经理, 2002, 16(3): 59-61.  
DONG Aizhen, JIN Xin, SHAN Liping. Contrast test of preventing and controlling effectiveness of weeds among three herbicides[J]. East China Forest management, 2002, 16(3): 59-61.
- [9] 马跃峰, 杜晓莉, 覃建林, 等. 广西草坪杂草的发生危害及药剂防除[J]. 西南农业学报, 2002, 15(1): 54-59.  
MA Yuefeng, DU Xiaoli, QIN Jianlin, et al. Occurrence and herbicide control of lawn weeds in Guangxi[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2002, 15(1): 54-59.
- [10] 林正眉, 曾小贞, 陈俊莹, 等. 广州市区台湾草草坪杂草发生初报[J]. 草业科学, 2005, 22(12): 93-96.  
LIN Zhengmei, ZENG Xiaozhen, CHEN Junying, et al. Initial report on the species of weed occurrence in the turf of Zoysia tenuifolia in Guangzhou[J]. Pratacultural Science, 2005, 22(12): 93-96.
- [11] 陈小永, 王海燕, 丁炳扬, 等. 杭州外来杂草的种类组成与生境特点[J]. 植物研究, 2006, 26(2): 242-249.  
CHEN Xiaoyong, WANG Haiyan, DING Bingyang, et al. The species and habitat characteristics of exotic weeds in Hangzhou[J]. Bulletin of

- Botanical Research, 2006, 26(2): 242-249.
- [12] 倪丽萍, 郭水良, 黄华. 金华市郊外来杂草的区系地理及植物学性状分析[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2007, 30(1): 80-87.  
NI Liping, GUO Shuilang, HUANG Hua. On floral and geographical components and botanical traits of alien weeds in Jinhua suburban[J]. Journal of Zhejiang Normal University: Natural Sciences, 2007, 30(1): 80-87.
- [13] 高末, 骆争荣, 戈丽清, 等. 温州菊科入侵植物的分布特点及其扩散特征[J]. 温州大学学报: 自然科学版, 2008, 29(5): 17-24.  
GAO Mo, LUO Zhengrong, GE Liqing, et al. Distribution and spread characteristics of invasive plants of Compositae in Wenzhou[J]. Journal of Wenzhou University: Natural Sciences, 2008, 29(5): 17-24.
- [14] 何家庆, 葛结林. 安徽省外来入侵植物现状及与其他地区比较[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2008, 32(4): 82-89.  
HE Jiaqing, GE Jielin. The present situation of alien invasive plants in Anhui province and a comparison with the other provinces in China[J]. Journal of Anhui University: Natural Science, 2008, 32(4): 82-89.
- [15] 徐庆, 潘云芬, 程元启, 等. 两种湿地草本植物在安徽的新分布[J]. 湿地科学与管理, 2008, 4(4): 16-17.  
XU Qing, PAN Yunfen, CHENG Yuanqi, et al. New distribution of two wetland plants in Anhui province[J]. Wetland Science and Management, 2008, 4(4): 16-17.
- [16] 程元启, 吴建勋, 邵建章. 安徽升金湖国家级自然保护区水生植物区系研究[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2009, 32(3): 256-260.  
CHENG Yuanqi, WU Jianxun, SHAO Jianzhang. On hydrophyte flora in Shengjin Lake National Nature Reserve of Anhui province[J]. Journal of Anhui Normal University: Natural Science, 2009, 32(3): 256-260.
- [17] 孙庆文, 何顺志, 杨相波. 2种外来新纪录物种入侵贵州的状况及防治对策[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(3): 90-92.  
SUN Qingwen, HE Shunzhi, YANG Xiangbo. Invasion status and countermeasures of two new exotic species in Guizhou[J]. Guizhou Agricultural Science, 2010, 38(3): 90-92.
- [18] 张琼. 漳州市郊区杂草生态位研究[J]. 漳州师范学院学报: 自然科学版, 2010, 23(3): 121-128.  
ZHANG Qiong. Niche of weeds in Zhangzhou suburb[J]. Journal of Zhangzhou Normal University: Natural Sciences, 2010, 23(3): 121-128.
- [19] 葛刚, 李恩香, 吴和平, 等. 鄱阳湖国家级自然保护区的外来入侵植物调查[J]. 湖泊科学, 2010, 22(1): 93-97.  
GE Gang, LI Enxiang, WU Heping, et al. Invasive plants in the National Nature Reserve of Lake Poyang[J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(1): 93-97.
- [20] 王芳, 王瑞江, 庄平弟, 等. 广东外来入侵植物现状和防治策略[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2088-2093.  
WANG Fang, WANG Ruijiang, ZHUANG Pingdi, et al. Present status and management strategies of alien invasive plants in Guangdong Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(10): 2088-2093.
- [21] 浙江植物志编辑委员会. 浙江植物志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991-1993.  
Editorial board of flora of Zhejiang. Flora of Zhejiang[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1991-1993.
- [22] LOVELL P H, MAXWELL C D, JACOB N. Variation in cypsel morphology in *Soliva-Valdiviana* and *Soliva-Pterosperma* (Anthemideae, Asteraceae) in a local-population at Auckland, New-zealand[J]. New Zealand Journal of Botany, 1986, 24(4): 657-664.
- [23] 蒋明. 入侵浙江丽水的外来杂草及其在蔬菜地发生规律的研究[D]. 硕士学位论文, 杭州: 浙江大学, 2004.  
JIANG Ming. Studies on alien invasive weeds in Lishui and their occurrence in fields of vegetable crops[D]. Master Thesis, Hangzhou: Zhejiang University, 2004.
- [24] UNIYAL S K, PARKASH O, SINGH R D. Spatial redistribution of *Soliva anthemifolia* (Juss) R. Br.-possible manifestation of changing climate[J]. Current Science, 2010, 99(7): 898-899.
- [25] 李博. 生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 77-79.  
LI Bo. Ecology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 77-79.
- [26] 郭水良. 外域杂草的产生、传播及生物与生态学特性的分析[J]. 广西植物, 1995, 15(1): 89-95.  
GUO Shuilang. Study on the origination, spread and bioecological characteristics of exotic weeds[J]. Guihaia, 1995, 15(1): 89-95.
- [27] 郝建华, 强胜, 杜康宁, 等. 十种菊科外来入侵种连萼瘦果风力传播的特性[J]. 植物生态学报, 2010, 34(8): 957-965.  
HAO Jianhua, QIANG Sheng, DU Kangning, et al. Wind-dispersed traits of cypselas in ten Asteraceae alien invasive species[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(8): 957-965.
- [28] DAKSHINI K M, SINGH P, MAHESHWI J K. Distributional records of *Soliva anthemifolia*, *Centipeda minima* and *Merremia emarginata* in and near Delhi[J]. Current Science, 1973, 42(11): 396-397.
- [29] 华建峰, 胡李娟, 张垂胜, 等. 3种水生植物对锰污染水体修复作用的研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(9): 2160-2165.  
HUA Jianfeng, HU Lijuan, ZHANG Chuisheng, et al. Phytoremediation of manganese-contaminated water by three aquatic macrophytes[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(9): 2160-2165.
- [30] 王学礼, 常青山, 侯晓龙, 等. 三明铅锌矿区植物对重金属的富集特征[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 108-112.  
WANG Xueli, CHANG Qingshan, HOU Xiaolong, et al. Heavy metal enrichment of plants at lead-zinc mines in south China[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(1): 108-112.
- [31] 国家环境保护总局. 全国生态现状调查与评估: 华东卷[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.  
State Environmental Protection Administration. The Survey and Evaluation of National Ecology Status: Volume of Eastern China[M]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2006.
- [32] BARRETT S C H. Crop mimicry in weeds[J]. Economic Botany, 1983, 37(3): 255-282.
- [33] ASNER G P, HUGHES R F, VITOUSEK P M, et al. Invasive plants transform the three-dimensional structure of rain forests[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105(11): 4519-4523.
- [34] TILMAN D. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity[J]. Ecology, 1997, 78(1): 81-92.
- [35] LUKEN J O, THOLEMEIER T C, KUDDES L M, et al. Performance, plasticity, and acclimation of the nonindigenous shrub *Lonicera maackii* (Caprifoliaceae) in contrasting light environments[J]. Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne De Botanique, 1995, 73(12): 1953-1961.
- [36] DURAND L Z, GOLDSTEIN G. Photosynthesis, photoinhibition, and nitrogen use efficiency in native and invasive tree ferns in Hawaii[J]. Oecologia, 2001, 126(3): 345-354.
- [37] BAIS HP, VEPACHEDU R, GILROY S, et al. Allelopathy and exotic plant invasion: from molecules and genes to species interactions[J]. Science, 2003, 301(5638): 1377-1380.
- [38] 张黎华, 冯玉龙. 外来入侵杂草的生物防治及生防因子对本地非目标种的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 802-809.  
ZHANG Lihua, FENG Yulong. Biological control of alien invasive

- weeds and the effects of biocontrol agents on nontarget native species[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(2): 802-809.
- [39] STEARNS SC. The evolutionary significance of phenotypic plasticity-Phenotypic sources of variation among organisms can be described by developmental switches and reaction norms[J]. *BioScience*, 1989, 39(7): 436-445.
- [40] GOVINDARAJU D R. Relationship between dispersal ability and levels of gene flow in plants[J]. *Oikos*, 1988, 52(1): 31-35.
- [41] 李红岩, 高宝嘉, 南宮自艳. 河北省 4 个黄顶菊种群的遗传多样性和遗传分化[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(10): 29-35.
- LI Hongyan, GAO Baojia, NANGONG Ziyang. Genetic diversity and differentiation among four populations of *Flaveria bidentis* in Hebei province[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(10): 29-35.
- [42] SOKAL R R, JACQUEZ G M, WOOTEN M C. Spatial auto-correlation analysis of migration and selection[J]. *Genetics*, 1989, 121(4): 845-855.
- [43] NESOM G. Notes on non-native asteraceae in Texas[J]. *Phytologia*, 2009, 91(2): 325-332.

## Invasion and expansion characteristics of regional adventitious noxious weed *Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br. and corresponding controlling countermeasures

XU Zhenghao<sup>1\*</sup>, ZHU Liqing<sup>1</sup>, YUAN Xiafan<sup>2</sup>, CHEN Weimin<sup>3</sup>, LIN Yunbiao<sup>4</sup>, XIE Guoxiong<sup>5</sup>

1. Ministry of Education Key Lab of Environmental Remediation and Ecosystem Health, College of Natural Resources and Environmental Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;
2. Zhejiang Tianling agriculture technology Co. Ltd, Zhuji 311800, China;
3. Station of Forest and Wild Animal Resources Protect and Management in Hangzhou District, Hangzhou 310009, China;
4. General Station of Plant Protection and Quarantine in Zhejiang Province, Hangzhou 310020, China;
5. General Station of Plant Protection and Soil Fertility in Hangzhou District, Hangzhou 310016, China

**Abstract:** *Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br., indigenous to South America and Oceania, is one species of Compositae. It was first discovered in Hongkong in 1912. It has spread widely in China, especially in southern China, including Taiwan, Guangdong, Hainan, Fujian, Hunan, Zhejiang, Anhui, Jiangxi, Guangxi, and Guizhou. *Soliva anthemifolia* is regarded as one of regional adventitious noxious weeds. It has been listed as one of the main exotic weeds and important alien invasive species in China by National Quality Supervision Inspects Quarantine General Bureau. The biological characteristics of *Soliva anthemifolia* include very short terrestrial stem, sessile flower heads arising at the base of stem directly, year-round flowering and fruiting. "Wetland plant" is the main invasion and expansion characteristic of *Soliva anthemifolia*, which invades and spreads to other regions mainly by water flows. Besides, sandy soil fits for *Soliva anthemifolia* and r-selection is a main character in its life history. And it can spread through plant introduction. The ecological important value of *Soliva anthemifolia* is high in the vegetable field, and the niche overlap was not high with *Gnaphalium affine* and *Eclipta prostrate*. There was a positive association with *Erigeron annuus* and a negative association with *Gynura crepidioides*. Geographic feature is shown in the growth of *Soliva anthemifolia*. The weed ecology of *Soliva anthemifolia* is discussed in this paper. Cutting off its dispersal pathways, including water flows and plant introduction, the early warning and forecasting are important and effective strategies for controlling the proliferation of the *Soliva anthemifolia*.

**Key Words:** *Soliva anthemifolia* (Juss.) R. Br.; invasion and expansion characteristics; controlling countermeasures