

中国的外来入侵植物肿柄菊

徐成东^{1,2}, 杨 雪², 陆树刚^{2*}

(1. 楚雄师范学院 化学与生命科学系, 云南 楚雄 675000; 2. 云南大学 生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

摘 要: 简述了外来入侵植物肿柄菊的分布现状、个体生长发育特征、遗传特征和种群特征。论述肿柄菊对本地生物多样性和生态系统的危害以及对农业生产和天然林恢复带来的影响。从药物的利用与研究, 杀虫剂和除草剂的研究, 肥料和饲料的利用与研究三个面综述目前国内外对肿柄菊的开发利用与研究现状。最后指出对肿柄菊的防治对策主要是保护当地生物多样性, 恢复本地植被, 减少人类对生态系统的干扰和破坏。

关键词: 肿柄菊; 外来入侵植物; 控制对策

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)04-0564-06

The invasive plant *Tithonia diversifolia* in China

XU Cheng-Dong^{1, 2}, YANG Xue², LU Shu-Gang^{2*}

(1. Department of Chemistry and Life Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong 675000, China;

2. Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The distribution, characters of individual growth, development and population of the invasive plant *Tithonia diversifolia* (Mexican Sunflower) were discussed. The harms and impacts of *T. diversifolia* on native biodiversity, ecosystem, agriculture and natural forest recovery were also discussed. The exploitation and research situation of Mexican Sunflower were reviewed from three aspects: utilization and research of medicine, insecticide and weedicide, green manure and fodder. Finally, conclusions were deduced that control strategies were conserving native biodiversity, restore native vegetation, keeping away disturbance and destruction from human.

Key words: *Tithonia diversifolia*; invasive plants; control strategy

外来入侵植物(invasive plants)指的是能产生大量可繁殖的后代、从远离原产地传入的、有可能大规模扩散的一类归化植物。杂草(weeds)是指人们不需要的并且已经查明对经济和环境或二者都有影响的一类入侵植物(David 等, 2000; Petr 等, 2004)。肿柄菊(*Tithonia diversifolia*)是菊科肿柄菊属植物, 原产墨西哥及中美洲地区, 在作为观赏植物、绿肥和防止土壤侵蚀植物被广泛引种到亚洲、非洲、美洲、澳洲的许多国家和地区之后, 广泛分布于热带和亚热带, 在东南亚、南非、太平洋一些地区成为入侵草地、河岸、路边的杂草, 蔓延形成单一优势种群(Tongma 等, 1999; Elizabeth 等, 2002)。我国广东、

云南等省曾作为观赏植物引种。目前在福建、广东、海南、广西、云南及台湾地区逃逸后, 逐渐表现出了入侵性, 给各地造成了一定的不良影响。早在 20 世纪 30 年代肿柄菊与飞机草(*Eupatorium adenophorum*)几乎同时逸为野生的外来植物。在云南省, 目前肿柄菊在 9 个地州 53 个县逃逸生长(王四海等, 2004), 其分布已达金沙江河谷, 如元谋、华坪、永胜等县并达四川的攀枝花市。

肿柄菊本身的生物学特性与它成为入侵种有着直接的联系。该植物有着分布范围广、种子产量高并易于传播、能克隆繁殖、营养体常贮藏大量养分、具有化感作用等入侵性外来植物所具有的一般特点

收稿日期: 2005-12-31 修回日期: 2006-11-13

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2003CB415103)[Supported by the State Key Basic Research and Development Plan of China (2003CB415103)]

作者简介: 徐成东(1964-), 男, 云南姚安人, 博士, 副教授, 主要从事植物分类与植物生态学研究。

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: shuganglu@163.com)

(李博等, 2001; 黄建辉等, 2003; José 等, 2003)。肿柄菊能以克隆生长产生新个体快速占据生境, 避免了种子萌发时的瓶颈作用, 因此其克隆繁殖产生的后代在定居、存活率等方面远高于其它有性繁殖产生的后代(Agrawal, 2001)。不仅如此, 它还能以种子进行强大的有性繁殖, 因此成为一种世界热带亚热带广泛分布的杂草。和其它外来入侵植物一样, 肿柄菊在扩散过程中逐渐表现出入侵性, 分布区有从中亚热带向北亚热带扩展的趋势。因此对肿柄菊的生物学和生态学研究, 对预测和评价其可能带来的危害及其严重性, 提供利用与防除的依据有着重要的意义。

1 肿柄菊生物学特性

1.1 个体生长发育特征

文献记载的肿柄菊为一年生草本植物, 而逃逸成为入侵植物的肿柄菊呈亚灌木状, 分枝成密集的丛状生长, 每丛冠幅 2~6 m, 植物体一般高度 2~5 m, 最高可达 6 m。肿柄菊在 10 月份植株现蕾, 11 月下旬~12 月上旬进入盛花期, 从 12 月下旬开始可见部分果实成熟, 次年 2 月份植物开花结束。结实后植株的花梗及其枝条顶部逐渐干枯死亡, 春季开始萌芽。群落内平均每 1 m² 可产生瘦果 8~16 万枚, 70% 以上的瘦果都含有饱满的种子, 种胚发育好。种子很小, 千粒重仅为 4.6~6.5 g, 种子萌发率 29.5%~55.5%。种子具有柔毛和冠毛, 易借助风力、流水、交通工具和人畜传播(王四海等, 2004)。

1.2 遗传特征

肿柄菊的染色体数目为 $2n=34$, 核型公式为 $2n=34=26m+8sm(2sat)$, 染色体相对粗而短, 绝对长度变幅为 2.35~3.44 μm , 染色体长度比为 1.46, 仅其中一条臂比大于 2, 属 2A 核型。第 13 号染色体为随体染色体, 次缢痕不明显, 随体短小, 仅为短臂上的一个小突起(谢珍玉等, 2003)。其它报道中, 这个种都为 $2n=34$ (Robinson 等, 1981; Duke 等, 1985; Jose 等, 1995); 但也有报道这个种有两种类型的: $2n=30$ 和 $2n=34$ (Chatha 等, 1986); 汪小兰等(1987)报道其核型公式为 $2n=34=24m(4sat)+10sm(2sat)$, 属 2A 核型。不同的报道, 主要表现在随体染色体数目与染色体类别上。可以看出, 肿柄菊在适应不同环境的过程中, 其遗传物质产生了很大变化。

1.3 种群特征

肿柄菊是一种喜光植物, 它的种群分布主要集中在生境破碎的地段。在路边、林缘、向阳林窗、荒坡、荒地、农田和村寨周围, 它能够通过克隆增殖很快形成密集的单优群体, 而不能入侵郁闭的森林。肿柄菊在交通频繁的公路两侧和河流两岸常形成宽 10~50 m, 延绵几百米甚至数公里的长带状集群分布, 部分可蔓延到路边的次生灌木林地(王四海等, 2004), 常排挤其它植物占据整个山坡、滩地, 在沿海, 肿柄菊甚至能适应高盐环境入侵红树林。在不同生境中, 肿柄菊个体的形态特征尤其是个体的分枝和克隆群体的密度表现出一定的变化。在土壤营养条件好的地段生长良好, 分枝较多, 克隆生长旺盛, 种群密度大; 土壤侵蚀严重, 坡度大, 营养条件差的生境中分枝较少, 克隆生长不明显, 种群密度也小, 呈稀疏分布。肿柄菊的生长也与海拔高度有关, 1 600 m 以下肿柄菊生长良好, 植株可形成密集的克隆群体, 种群密度较大, 1 600 m 以上则成零星分布。目前, 肿柄菊比飞机草的分布范围稍广, 从分布的海拔范围看, 飞机草主要分布在 500~1 200 m, 而肿柄菊则分布在 500~1 600 m 范围, 且最高达到了 2 000 m。飞机草的扩散速度、种群密度、盖度都远不及肿柄菊; 肿柄菊能在非常贫瘠的土壤上良好生长, 对环境的适应能力也比飞机草强, 因此, 肿柄菊种群实现灾难性扩散的潜力比飞机草大。肿柄菊从逸为野生到表现出入侵性经过了一个相当长的环境适应期, 种群实现大规模的扩散也是近些年的事。

2 肿柄菊的危害

2.1 对生物多样性和生态系统危害

生物入侵和生境破坏是生物多样性散失的两个主要原因(向言词等, 2002)。肿柄菊主要生长在热带和亚热带, 这里分布着热带雨林、季雨林和常绿阔叶林, 是我国生物多样性最为丰富的地区。这些植被类型一旦遭受到人类的干扰和破坏, 肿柄菊便会乘虚而入, 使本地植物难以生长, 植被无法正常恢复, 对本地的生物多样性构成极大的威胁, 对生态环境造成严重破坏。

由于肿柄菊种子有强大的繁殖潜力, 种子传播到某一地段后, 经过一段时间的营养生长定居。而后, 肿柄菊可以靠植株基部萌生的不定根和不定芽形成克隆植株, 克隆植株迅速生长后形成密集的群

体;也可以通过断裂枝条或在倒伏或贴地面生长的茎秆上萌生的不定根和不定芽,依靠其强大的克隆繁殖特性侵入本地的生态系统。入侵后所呈现出的斑块状镶嵌体往往是由一个基株通过不断的克隆生长而形成的。当多个斑块状集合体侵入到这个植被中后,便形成大面积的单一优势种群落,种群的郁闭度增大,排挤本土植物。肿柄菊单优群落内,由于其本身的郁闭度比较大,下层植物得不到充分的阳光,无法进行正常更新,群落内植物种类贫乏,多为一些适应性强和分布范围广的草本植物,本地树种幼苗被阴闭而死,给当地植被恢复带来困难。另外,肿柄菊含有能够对其它植物产生毒害作用的多种化学物质,其根茎叶的提取液都能显著地抑制多种植物种子萌发和幼苗生长,其化感作用是肿柄菊形成单一优势种群落的另一个原因(Tongma 等, 1999, 2001)。

2.2 对农业生产和天然林恢复带来的影响

生长在路边、林缘、向阳林窗、荒坡、荒地、农田和村寨周围的肿柄菊大面积扩散与人类的活动有关,深受人类的影响。人们毁林开荒、不断对村头、路边、田间和林地的扰动给肿柄菊的入侵提供了机会。这些地方又是人类活动比较频繁的地区,土壤肥力较高,给肿柄菊入侵提供了丰富的营养条件。因此,肿柄菊成了“伴人植物”,哪里人类活动频繁,它就生长到哪里。生长在路边、农田和村寨周围的肿柄菊,营养条件好,植株密度大、繁殖能力强,形成单一优势种群落,给农业生产带来不便,也给鼠类、害虫提供了隐蔽场所;林缘、向阳林窗、荒坡、荒地上的肿柄菊,一旦形成密集的优势种群,本地植物就难以自然更替,也影响了当地的植被景观。一旦肿柄菊入侵成功,想彻底清除已经不再可能。

3 肿柄菊的利用和研究现状

研究肿柄菊的经济利用新途径,通过资源的经济利用控制其种群的增长是最为经济的方法。目前,肿柄菊的利用研究工作已经有很多报道,主要热点集中在以下几个方面。

3.1 药物的利用与研究现状

在我国民间,肿柄菊茎叶或根入药,有清热解毒,消暑利水之效,用于治疗急慢性肝炎、B 型肝炎、黄疸、膀胱炎、青春痘、痈肿毒疮、糖尿病等。生物体外实验表明,肿柄菊的浓缩热水提取物无细胞毒素,

能很好抑制滤过性病毒 HSV 的感染和抗白血病作用(Chiang 等, 2004);从肿柄菊地上部分分离出来 8 种化合物有对结肠癌(Col2)细胞和人类骨髓性血瘤(HL-60)细胞有抑制作用,具有潜在的抗癌商品药物开发价值(Gu 等, 2002);从肿柄菊中分离到的圆叶肿柄菊素 C(Tagitinin C),是一种抗疟原虫的倍半萜内酯,具有很好的抗疟疾作用(Madureira 等, 2002;Goffin 等, 2002, 2003; Ziemons 等, 2004),肿柄菊乙醇提取物的抗疟疾效果和氯喹及乙胺嘧啶相似(Elufioye 等, 2004);肿柄菊干叶甲醇提取的动物实验表明传统中药的抗炎症和止痛效果(Owoyele 等, 2004; Miura 等, 2002)。动物实验表明肿柄菊能减轻胰岛素抵抗,改善葡萄糖代谢,因此有治疗二型糖尿病的作用(Miura 等, 2002)。肿柄菊在卢旺达作为传统治风湿的药物,而经体外检测具有抗人类获得性免疫缺陷 1 型(HIV-1)病毒的活性(Cos 等, 2002);动物体内实验证明肿柄菊具有抗阿米巴痢疾和解痉活性(Tona 等, 1998, 2000);肿柄菊所含倍半萜内酯 sesquiterpene lactones(SIs)对引起创伤和血肿的枯草芽孢杆菌有明显抑制作用(Rungeler 等, 1998);从肿柄菊叶片中分离出的化学物质: acetyltagitinin E 和 tagitinin-F 对人类肝细胞癌的肝细胞株 Hep G2 有明显的抑制作用(Wu 等, 2001)。因此,肿柄菊在医药上有着广泛和潜在的应用价值。

3.2 杀虫剂和除草剂的研究

化感物质的研究可为开发出新作用靶点的除草剂和杀虫剂提供新思路(Dayan 等, 2000; Macias 等, 2001)。目前,化感物质在杂草控制和可持续发展农业上的应用成为一个新的研究热点(周凯等, 2004),但是对肿柄菊的化感物质的研究还不充分。传统的方法是把肿柄菊叶浸泡于水中或粪池一定时间后直接用于除虫,并有一定的效果;据 Adedire 等(2004)报道,肿柄菊叶干粉乙醇提取物对四纹豆象(*Callosobruchus maculatus*)有明显的杀卵、抗成虫羽化和杀虫作用,是潜在的昆虫杀虫剂。肿柄菊含有的青蒿酸、青蒿素等多种物质,可作为天然的植物生长调节物质,直接用作除草剂或用作天然除草剂合成的模型物(Manobjyoti 等, 1996)。

3.3 肥料和饲料的利用与研究

由于肿柄菊叶内氮含量很高,如肿柄菊的干物质(幼茎和叶)产量约为 $1 \text{ kg m}^{-1} \text{ yr}^{-1}$,而其叶残体干物质中各元素平均含量大约是 3.5% N, 0.37% P 和 4.1% K,在中南美洲、亚洲和非洲被广泛地用作

绿肥和饲料(Drechse 等, 1998; Georgea 等, 2002)。肿柄菊根际能产生有机酸和磷酸酶释放到土壤中, 使磷的有效性增加, 绿肥加入土壤中后很快被分解, 能提高玉米的产量(Nziguheba 等, 1998; Jama 等, 2000); 即使在没有有机肥料存在的条件下, 肿柄菊也能促进玉米生根和根蘖生长(Sangakkara 等, 2004); 在磷缺乏的铁铝土地地区, 肿柄菊有机物残体中相当含量的 N、P、K 提高玉米产量的效果甚至比化肥还有效, 并可增加土壤湿度和改善土壤物理性状, 如果与无机肥料合用则是提高土壤肥力长效性的最好选择(Nziguheba 等, 2002; Kwabiah 等, 2003; Kimetu 等, 2004); 肿柄菊即使在土壤肥力耗竭的情况下也能积累很高的磷和其它营养元素(Sharrock 等, 2003; Smestad 等, 2003), 该绿肥的加入可以补充土壤中所缺的磷, 土壤中铝离子被肿柄菊吸收后与草酸盐螯合, 可以避免铝对植物的毒害(Elizabeth 等, 2002; Pypers 等, 2005)。由于肿柄菊的叶片中蛋白质的含量高达(干物质基础)6.10%, 是一种高蛋白饲料植物(谭兆伟, 1990; 邱贺媛, 2004), 有着潜在的饲料开发价值。

4 防治对策

4.1 保护本地植物的多样性减少人为干扰

生物多样性对群落的恢复至关重要, 生态系统的稳定必须依赖于植被及生态系统的保护(王国宏, 2002)。肿柄菊扩散的地区, 是我国生物多样性最为集中的地区, 但生态系统往往遭受不同程度的破坏, 人为的干扰在群落中形成空的生态位, 降低了这些区域的土著生物群落对入侵的抵抗力, 使外来种易于进入定居(Janet 等, 2004)。人为干扰造成生态系统退化, 本地生物多样性下降、组成与结构趋于简单, 破碎的生态系统促进了外来入侵植物的传播, 给肿柄菊的入侵提供了机会(Alados 等, 2004)。肿柄菊为喜光植物, 在郁闭度大的林地内难以完成个体发育。因此在生态系统恢复过程中应减少人为干扰的影响, 防止毁林开荒造成植被破坏。

4.2 实施生态恢复工程

4.2.1 选用乡土树种恢复路域植被 结合本地生态公益林建设和天保工程项目的实施, 重建自然植被是防除林地肿柄菊危害的一项长期有效且环境代价较小的生态防除措施。加强肿柄菊生态防除技术的研究及其示范推广工作。防治的重点是林隙、林缘、

沟谷、路边、荒地、城镇乡村周边等光热资源充足、肥水条件好, 肿柄菊容易入侵的地段。肿柄菊分布最为集中的地区主要是公路路域, 公路长期处在人为的干扰下, 加之在公路上来往行驶的车辆在运输过程中携带肿柄菊的种子, 使其以更快的速度传播到更广的区域, 因此肿柄菊主要是沿着公路路域迅速传播的。在公路路域植被恢复中应尽量减少人为干扰, 尽可能选用乡土树种, 以维护系统内的物种多样化; 边坡区的野生杂草可以不剔除, 适时修剪即可(陈爱侠, 2003; 刘龙, 2003)。

4.2.2 培植当地野生植物, 建立合理群落结构 在当地种群中重点培植当地植物, 可以排挤肿柄菊, 以达到既降低防治成本又维护生物多样性的目的。重视肿柄菊与当地植物的种间关系研究, 以当地植物替代肿柄菊入侵的生态系统, 可以使肿柄菊危害得到快速而有效的控制。对肿柄菊的控制, 需要将重点从彻底清除转向更广泛的生态系统恢复的目标上。化学防治、人工拔除和生物防治等的应用不是生态系统恢复的最终手段, 彻底清除某一个外来物种, 恢复生态系统的原貌不现实(彭少麟等, 1999; 黄建辉等, 2003), 但除去部分外来种, 减少他们与本地种的竞争, 可促进本地种的生长, 是控制肿柄菊和其它外来物种的可行办法。

4.3 做好种群的监测和研究

肿柄菊在中国的扩散是近些年的事, 但目前已经成了一种危害性较大的外来入侵植物, 给各地造成了不良的影响, 而且还有进一步扩散的趋势, 并可能形成一种恶性的世界性杂草, 甚至有可能入侵热带雨林、季雨林和亚热带常绿阔叶林森林生态系统, 对生态环境造成严重破坏。目前, 对肿柄菊入侵的生物学和生态学研究还远远不够, 应加强其种群生态学、繁育生物学、种群遗传学等领域的综合研究, 精确评价种群的生态地位和种群发展趋势, 建立科学的危害性预测模型, 预测其危害的严重性, 尽快建立外来入侵物种监测体系, 因此, 应加强对肿柄菊的生物学和生态学研究, 为有效防除和利用肿柄菊提供有效手段并采取相应的对策阻止其进一步蔓延。

参考文献:

- Adeire CO, Akinneye JO. 2004. Biological activity of tree marigold, *Tithonia diversifolia*, on cowpea seed bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)[J]. *Ann Appl Bio*, 144(2): 185—189
- Agrawal AA. 2001. Phenotypic plasticity in the interactions and e-

- volution of species[J]. *Sci*, **294**:321—326
- Alados CL, Ahmed E, Vasilios PP. 2004. Change in plant spatial patterns and diversity along the successional gradient of Mediterranean grazing ecosystems[J]. *Ecol Modelling*, **180**:523—535
- Cos P, Hermans N, De Bruyne T, *et al.* 2002. Antiviral activity of Rwandan medicinal plants against human immunodeficiency virus type-1 (HIV-1)[J]. *Phytomedicine*, **9**(1):62—68
- Chatha GS, Bir SS. 1986. Biosystematic studies on certain woody species of Palni Hills, South India[J]. *J Cytol Genet*, **21**:97—114
- Chen AX(陈爱侠). 2003. Preliminary study on the environmental function and stability of the road-region ecosystem(路域生态系统环境功能与稳定性的初步研究)[J]. *J Arch Environ Sci Chang'an Univ 长安大学学报(建筑与环境科学版)*, **20**(1):11—13
- Chiang LC, Cheng HY, Chen CC, *et al.* 2004. In vitro anti-leukemic and antiviral activities of traditionally used medicinal plants in Taiwan[J]. *Am J Chin Med*, **32**(5):695—704
- David MR, Petr P, Marcel R, *et al.* 2000. Naturalization and invasion of alien plants; concepts and definitions[J]. *Diversity and Distributions*, **6**:93—107
- Dayan FE, Romagni JG, Duke SO. 2000. Investigating the mode of action of natural phyto toxins[J]. *J Chem Ecol*, **26**(9):2 079—2 094
- Drechsel P, Reck B. 1998. Composted shrub-prunings and other organic manures for smallholder farming systems in southern Rwanda[J]. *Agrofore Sys*, **39**:1—12
- Duke JC, Remple T. 1985. Additional chromosome numbers in *Tithonia*(Compositae)[J]. *Rhodora*, **87**:563—564
- Duke SO, Rimando AM, Baerson SR, *et al.* 2002. Strategies for the use of natural products for weed management[J]. *J Pesticide Sci*, **27**(3):298—306
- Elizabeth O, Aguiar PE. 2002. Guillermina metals and oxalate in *Tithonia diversifolia* (Asteraceae): Concentrations in plants growing in contrasting soils, and Al induction of oxalate exudation by roots[J]. *J Plant Physiol*, **159**(7):743—749
- Elufioye TO, Agbedahunsi JM. 2004. Antimalarial activities of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) and *Crossopteryx febrifuga* (Rubiaceae) on mice in vivo[J]. *J Ethnopharm*, **93**(23):167—171
- Georgea TS, Gregory PJ, Wood M, *et al.* 2002. Phosphatase activity and organic acids in the rhizosphere of potential agroforestry species and maize[J]. *Soil Biol Biochem*, **34**:1 487—1 494
- Goffin E, Cunha AP, Ziemons E, *et al.* 2003. Quantification of tagitinin C in *Tithonia diversifolia* by reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. *Phytochem Anal*, **14**(6):378—380
- Goffin E, Ziemons E, De Mol P, *et al.* 2002. In vitro antiparasitic activity of *Tithonia diversifolia* and identification of its main active constituent: tagitinin C[J]. *Planta Med*, **68**(6):543—545
- Gu JQ, Gills JJ, Park EJ, *et al.* 2002. Sesquiterpenoids from *Tithonia diversifolia* with potential cancer chemopreventive activity[J]. *J Nat Prod*, **65**(4):532—536
- Huang JH(黄建辉), Han XG(韩兴国), Yang QE(杨亲二), *et al.* 2003. Fundamentals of invasive species biology and ecology(外来种入侵的生物学与生态学基础的若干问题)[J]. *Biodiver Sci(生物多样性)*, **11**(3):240—247
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, *et al.* 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review[J]. *Agrofore Sys*, **49**(2):201—221
- Janet CL, Michelle RL. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems; the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores[J]. *Biol Conser*, **117**:215—226
- Jose JC, Mathew PM. 1995. Chromosome numbers in the south Indian Heliantheae (Compositae)[J]. *Compositae Newsletter*, **27**:7—10
- José LH, Ragan MC. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion [J]. *Plant and Soil*, **256**:29—39
- Kimetu JM, Mugendi DN, Palm CA, *et al.* 2004. Nitrogen fertilizer equivalencies of organics of differing quality and optimum combination with inorganic nitrogen source in Central Kenya [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **68**:127—135
- Kwabiah AB, Palm CA, Stoskopf NC, *et al.* 2003. Response of soil microbial biomass dynamics to quality of plant materials with emphasis on P availability[J]. *Soil Biol Biochem*, **35**:207—216
- Li B(李博), Xu BS(徐炳声), Chen JK(陈家宽). 2001. Perspectives on general trends on plant invasions with special reference to alien weeds flora of Shanghai(从上海外来杂草区系剖析植物入侵的一般特征)[J]. *Biodiver Sci(生物多样性)*, **9**(4):446—457
- Li MX(李懋学), Chen RY(陈瑞阳). 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants[J]. *J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)*, **3**:297—302
- Liu L(刘龙). 2003. Application of biological diversity in the vegetation reinstatement in the right-of-way(外来植物物种的引进对路域生态的影响)[J]. *Transport Environ Protec(交通环保)*, **24**(2):20—48
- Macias FA, Molinillo JMG, Galindo JCG, *et al.* 2001. The use of allelopathic studies in the search for natural herbicides[J]. *J Crop Prod*, **4**(2):237—255
- Manojyoti B, Nabin CB, Anil CG. 1996. An Artemisiic acid analogue form *Tithonia diversifolia* [J]. *Phytochemistry*, **41**(2):557—559
- Maria CM, Ana PM, Milene G, *et al.* 2002. Antimalarial activity of medicinal plants used in traditional medicine in Tome S and Principe islands[J]. *J Ethnopharmacol*, **81**:23—29
- Mathew A, Mathew PM. 1988. Cytological studies on the south Indian Compositae[J]. *Glimpses in Plant Research*, **8**:1—177
- Miura T, Furuta K, Yasuda A, *et al.* 2002. Antidiabetic effect of nitobegiku in KK-Ay diabetic mice[J]. *Am J Chin Med*, **30**(1):81—86
- Nziguheba G, Cheryl AP, Roland JB, *et al.* 1998. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources[J]. *Plant and Soil*, **198**:159—168
- Nziguheba G, Merckx R, Palm CA. 2002. Combining *Tithonia diversifolia* and fertilizers for maize production in a phosphorus deficient soil in Kenya[J]. *Agrofore Sys*, **55**(3):165—174
- Owoyele VB, Wuraola CO, Soladoye AO. 2004. Studies on the an-

- ti-inflammatory and analgesic properties of *Tithonia diversifolia* leaf extract[J]. *J Ethnopharmacol*, **90**(2-3):317-321
- Pan LH(潘历辉). 1998. Morphohistological study on *Tithonia diversifolia*(草药肿柄菊的形态组织学研究)[J]. *J Fujian Coll TCM*(福建中医学院学报), **8**(2):26-28
- Peng SL(彭少麟), Xiang YC(向言词). 1999. The invasion of exotic plants and effects of ecosystems(植物外来种入侵及其对生态系统的影响)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **19**(4):560-568
- Petr P, David MR, Marcel R, et al. 2004. Alien plants in checklists and floras, towards better communication between taxonomists and ecologists[J]. *Taxon*, **53**(1):131-143
- Pypers P, Verstraete S, Cong PT, et al. 2005. Changes in mineral nitrogen, phosphorus availability and salt-extractable aluminium following the application of green manure residues in two weathered soils of South Vietnam[J]. *Soil Biol & Biochem*, **37**:163-172
- Qiu HY(邱贺媛). 2004. The determination of the contents of protein in several alien plants leaves(几种外来植物叶片中蛋白质含量的测定)[J]. *J Hanshan Teachers Coll*(韩山师范学院学报), **25**(3):94-96
- Robinson H, Powell AM, King RM, et al. 1981. Chromosome numbers in Compositae, XII: Heliantheae[J]. *Smithsonian Contributions to Botany*, **52**:1-28
- Rungeler P, Lyss G, Castro V. 1998. Study of three sesquiterpene lactones from *Tithonia diversifolia* on their anti-inflammatory activity using the transcription factor NF-kappa B and enzymes of the arachidonic acid pathway as targets[J]. *Planta Med*, **64**(7):588-593
- Sangakkara UR, Liedgens M, Soldati A, et al. 2004. Root and shoot growth of maize(*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea* and *Tithonia diversifolia* as green manures[J]. *J Agron & Crop Sci*, **190**:339-346
- Sharrock RA, Sinclair FL, Gliddon C, et al. 2003. A global assessment using PCR techniques of mycorrhizal fungal populations colonising *Tithonia diversifolia*[J]. *Mycorrhiz*, **14**(2):103-109
- Smestad BT, Tiessen H, Buresh RJ. 2002. Short fallows of *Tithonia diversifolia* and *Crotalaria grahamiana* for soil fertility improvement in western Kenya[J]. *Agrofore Sys*, **55**(3):181-194
- Tan ZW(谭兆伟). 1990. A new fodder source contained high protein, *Tithonia diversifolia*(一种含蛋白质较高的新饲料来源—肿柄菊)[J]. *Fodder Res*(饲料研究), **10**:15-16
- Tona L, Kambu K, Ngimbi N, et al. 1998. Antiamoebic and phytochemical screening of some Congolese medicinal plants[J]. *J Ethnopharmacol*, **61**(1):57-65
- Tona L, Kambu K, Ngimbi N. 2000. Antiamoebic and spasmolytic activities of extracts from some antidiarrhoeal traditional preparations used in Kinshasa, Congo[J]. *Phytomedicine*, **7**(1):31-38
- Tongma S, Kobayashi K, Usui K. 1999. Allelopathic activity and movement of water leachate from Mexican sunflower [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray] leaves in soil[J]. *Weed Sci Tech*, **44**(1):51-58
- Tongma S, Kobayashi K, Usui K. 2001. Allelopathic activity of Mexican sunflower (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray) in soil under natural field conditions and different moisture conditions[J]. *Weed Biol & Manag*, **1**(2):115-119
- Wang GH(王国宏). 2002. Further thoughts on diversity and stability in ecosystems(再论生物多样性与生态系统的稳定性)[J]. *Biodiver Sci*(生物多样性), **10**(1):126-134
- Wang SH(王四海), Sun WB(孙卫邦), Cheng X(成晓). 2004. Attributes of plant proliferation, geographic spread and the natural communities invaded by the naturalized alien plant species *Tithonia diversifolia* in Yunnan, China(逃逸外来植物肿柄菊在云南的生长繁殖特性、地理分布现状及群落征)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(3):444-449
- Wang XL(汪小兰), Li MX(李懋学). 1987. Chromosome studies on 10 kinds of Compositae flowers(十种菊科植物的染色体研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **5**:111-117
- Wu TS, Shi LS, Kuo PC. 2001. Cytotoxic principles from the leaves of *Tithonia diversifolia*[J]. *the Chin J Pharm*, **53**(5):217-223
- Xiang YC(向言词), Peng SL(彭少麟), Zhou HC(周厚诚), et al. 2002. The impacts of non-native species on biodiversity and its control(外来种对生物多样性的影响及控制)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(5):425-432
- Xie ZY(谢珍玉), Zheng CM(郑成木). 2003. Cytological studies on 13 species of compositae from Hainan, China(中国海南岛 13 种菊科植物的细胞学研究)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **41**(6):545-552
- Zhou K(周凯), Guo WM(郭维明), Xu YC(徐迎春). 2004. Advances of research on allelopathic potential in Compositae(菊科植物化感作用研究进展)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(8):1780-1788
- Ziemons E, Goffin E, Lejeune R, et al. 2004. FT-IR measurement of tagitinin after solvent extraction from *Tithonia diversifolia*[J]. *Talanta*, **62**(2):383-387