

# 外来杂草加拿大一枝黄花对入侵地植物的化感效应\*

梅玲笑 陈欣 唐建军\*\*

(浙江大学生命科学学院, 杭州 310029)

**【摘要】** 采用人工气候箱培养试验, 初步研究了入侵杂草加拿大一枝黄花对本地植物的化感作用。测定了根系和根状茎的不同浓度浸提液对白三叶发芽率和幼苗生长的影响; 不同播种密度下根系 1:60 提取浓度对白三叶种子萌发和幼苗生长的影响; 根状茎 1:60 提取浓度对白三叶、红三叶、天蓝苜蓿、黑麦草、北美车前、鸡眼草、苇状羊茅、胜红蓟、马齿苋、碱蓬和刺苋的种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明, 加拿大一枝黄花根系和根状茎的化感抑制作用均随浓度的升高而增强, 且根状茎提取物的抑制效应高于根系提取物的效应; 在 1:60 低浓度根系浸提液作用下, 不同密度的白三叶幼苗萌发率和幼根、幼芽长度差异不显著; 1:60 低浓度根状茎提取物对 11 个物种的种子萌发均有显著抑制作用, 但对不同物种的抑制程度有差异, 对禾本科植物的抑制作用大于非禾本科和豆科; 1:60 低浓度根状茎提取物对 10 个物种的幼根影响与对萌发率的影响相似, 但在对幼芽的影响上, 仅对鸡眼草、刺苋和苇状羊茅起抑制作用, 而对其他植物无显著抑制(黑麦草、北美车前、胜红蓟、马齿苋和刺苋)或起促进作用(白三叶、红三叶、天蓝苜蓿)。

**关键词** 一枝黄花 化感作用 浸提液 生物测定

**文章编号** 1001-9332(2005)12-2379-04 **中图分类号** Q945; S451 **文献标识码** A

**Allelopathic effects of invasive weed *Solidago canadensis* on native plants.** MEI Lingxiao, CHEN Xin, TANG Jianjun (College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(12): 2379-2382.

With growth chamber method, this paper studied the allelopathic potential of invasive weed *Solidago canadensis* on native plant species. Different concentration *S. canadensis* root and rhizome extracts were examined, and the test plants were *Trifolium repens*, *Trifolium pretense*, *Medicago lupulina*, *Lolium perenne*, *Suaeda glauca*, *Plantago virginica*, *Kummerowia stipulacea*, *Festuca arundinacea*, *Ageratum conyzoides*, *Portulaca oleracea*, and *Amaranthus spinosus*. The results showed that the allelopathic inhibitory effect of the extracts from both *S. canadensis* root and rhizome was enhanced with increasing concentration, and rhizome extracts had a higher effect than root extracts. At the lowest concentration (1:60), root extract had little effect on the seed germination and seedling growth of *T. repens*, but rhizome extract could inhibit the germination of all test plants though the inhibitory effect varied with different species. The inhibition was the greatest for grass, followed by forb and legume. 1:60 (m:m) rhizome extract had similar effects on seed germination and radicle growth, but for outgrowth, the extract could inhibit *Kummerowia stipulacea*, *Amaranthus spinosus* and *Festuca arundinacea*, had no significant impact on *Lolium perenne*, *Plantago virginica*, *Ageratum conyzoides*, *Portulaca oleracea* and *Amaranthus spinosus*, and stimulated *Trifolium repens*, *Trifolium pretense* and *Medicago lupulina*.

**Key words** *Solidago canadensis*, Allelopathic effects, Extract, Bioassay.

## 1 引 言

在外来杂草入侵机理的研究中, 化感作用 (allelopathy, 也称“他感作用”) 越来越受到关注<sup>[6, 16]</sup>. Callaway 和 Aschebong<sup>[3]</sup> 在《Science》杂志上报道, 美国入侵杂草矢车菊 (*Centaurea diffusa*) 通过根分泌物产生的化感作用使其它杂草在竞争中处于劣势, 而原产地 (欧洲) 的杂草对其化感作用具有抗性. 随后 Bais 等<sup>[2]</sup> 从矢车菊根分泌物中得到对作物和其他杂草有很强化感作用的活性物质 (-) catechin; Vivanco 等<sup>[15]</sup> 也从矢车菊根分泌物中得到有很强化感作用的活性物质 8-Hydroxyquinoline; Bais 等<sup>[1]</sup> 还

从分子和基因水平上进一步阐明了矢车菊能成功入侵的化感作用机理. 入侵我国的外来杂草豚草 (*Ambrosia artemisiifolia*)、紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum*)、薇甘菊 (*Mikania micrantha*) 也被证实具有明显的化感作用<sup>[9, 10, 17, 18]</sup>.

加拿大一枝黄花 (*Solidago canadensis*) 原产北美, 最初作为庭园花卉栽培于上海、南京一带<sup>[19]</sup>, 后逸生野外, 成为一种恶性杂草, 在苏、沪、浙迅速蔓延, 对本地物种和蔬林果园、旱田作物产生了严重影

\* 国家杰出青年科学基金海外合作项目 (30228005) 和国家自然科学基金项目 (39870149) 及浙江省科协人才资助项目.

\*\* 通讯联系人. E-mail: chen-tang@zju.edu.cn.

2005-04-12 收稿, 2005-07-11 接受.

响.有关加拿大一枝黄花成为入侵杂草的原因,目前人们从其繁殖特性、生态适应性等方面进行了研究<sup>[5]</sup>.但是,化感作用在加拿大一枝黄花的入侵过程中的作用和影响程度如何,目前尚缺乏深入的研究报道.本文研究了加拿大一枝黄花的根系和根状茎乙醇提取物对分布在我国南方胡柚果园内的常见本地植物的影响,以期能逐步揭示加拿大一枝黄花对本地植物的化感作用,为阐明其入侵机理提供试验依据.

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

**2.1.1 根和根状茎浸提液的获取** 从野外自然生长状态下生长的加拿大一枝黄花种群中取样,将根和根状茎分开,清洗干净吸干后,剪成碎片,加入75%的乙醇,在室温下浸泡24 h后用纱布过滤,滤液放入40℃的烘箱内烘干浓缩,再将浓缩后的浸提液用少量75%的乙醇溶解,用滤纸过滤后,滤液再浓缩,然后溶解、过滤,如此反复3次,最后将滤液置于40℃的烘箱烘至酒精、水分基本挥发完全,此时液体呈现粘稠状,即浸膏状态,置于4℃的冰箱内储存备用.

**2.1.2 浸膏的稀释** 将从根和根状茎中所获取的浸膏分别用蒸馏水稀释至1:15、1:30和1:60共3种浓度(均为质量比m:m,下同)待用.

### 2.2 研究方法

**2.2.1 根和根状茎浸提物对供试植物的影响试验** 试验在智能人工气候箱(宁波海曙赛福实验仪器厂)中进行,光照16 h,黑暗8 h,温度 $25 \pm 1$ ℃,湿度 $90\% \pm 0.8$ (%RH).供试植物的种子用体积分数为10%的 $H_2O_2$ 浸泡2 min,然后用蒸馏水冲洗5~6次.

**2.2.2 不同浓度的根系浸提液的化感作用** 参照李迪<sup>[11]</sup>的方法,在铺有滤纸的培养皿(直径7 cm)上放入30粒已消毒的白三叶(*Trifolium repens*)种子,分别加入5 ml上述3种不同浓度根和根状茎的浸提液,以蒸馏水为对照,重复3次,并置于智能人工气候箱中培养,测定种子萌发动态和幼根、幼芽的生长长度.

**2.2.3 根系浸提液对当地植物白三叶的化感作用试验** 用根的浸提液(浓度为1:60)对白三叶种进行测试,并以蒸馏水作对照.设3个播种密度,即20粒/培养皿、30粒/培养皿和40粒/培养皿,重复3次,加样量为5 ml,于智能人工气候箱中培养,测定种子萌发动态和最终萌发率.

**2.2.4 根状茎浸提液对不同物种的化感作用试验** 用根状茎的浸提液(浓度为1:60)和蒸馏水对取自果园的白三叶、红三叶(*Trifolium pratense*)、天蓝苜蓿(*Medicago lupulina*)、黑麦草(*Lolium perenne*)、北美车前(*Plantago virginica*)、鸡眼草(*Kummerowia stipulacea*)、苇状羊茅(*Festuca arundinacea*)、胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)、马齿苋(*Portulaca oleracea*)、碱蓬(*Suaeda glauca*)和刺苋(*Amaranthus spinosus*)11个植物物种的萌发及幼苗生长的影响进行测试.每一培养皿放入30粒种子,重复3次,加入浸提液5 ml,于智能人工气候箱中培养,测定种子萌发率、幼根和幼芽的长度.

**2.5 统计分析** 数据用SPSS11.0进行统计分析和差异显著性测定.

## 3 结果与分析

### 3.1 根和根状茎浸提物对白三叶种子萌发和幼苗生长的影响

**3.1.1 对种子萌发的影响** 图1A的种子萌发动态表明,根系和根状茎不同浓度的浸提物均对白三叶

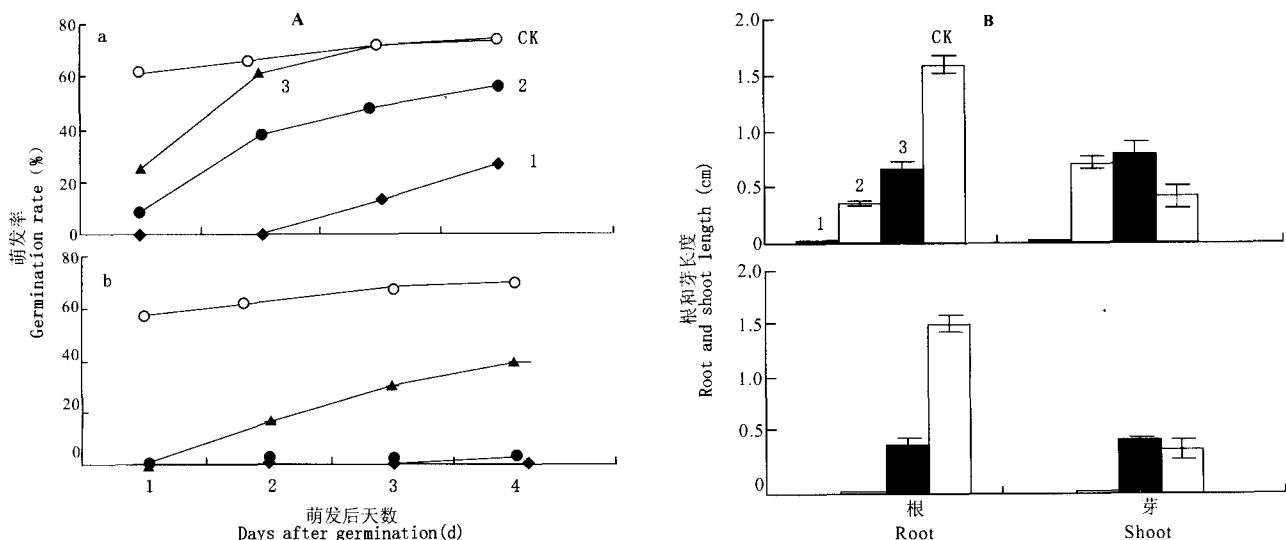


图1 加拿大一枝黄花根和根状茎浸提物对白三叶种子萌发(A)和幼苗生长(B)的影响

Fig. 1 Effects of extracts from roots and rhizome of *S. canadensis* on germination (A) and shoot and root seeding (B) of white clover.

a) 根浸提物 Extract from root; b) 根状茎浸提物 Extract from rhizome; 1) 浓度 1:15 Concentration 1:15; 2) 浓度 1:30 Concentration 1:30; 3) 浓度 1:60 Concentration 1:60.

种子的萌发产生抑制作用,随着浓度的提高,抑制作用增强.在同一浓度下,根状茎提取物的抑制作用明显高于根系的提取物.根状茎3种浓度的浸提液对白三叶种子的最终发芽率都有显著影响,在浓度依次为1:15、1:30和1:60的浸提液中,白三叶的最终发芽率分别为1%、4%和43%,比对照(73%)低30%~72%.根的两个高浓度浸提液对白三叶种子的最终发芽率的影响也很显著,浓度为1:15的最终发芽率为27%、浓度为1:30的为57%,比对照低16%~46%,但是根的低浓度浸提液对白三叶种子的最终发芽率没有影响,仅起到延缓种子萌发的作用.

**3.1.2 对幼苗生长的影响** 加拿大一枝黄花根和根状茎浸提物对白三叶幼根的生长均有显著的抑制作用(图1B),抑制强度随着浓度的增加而增强,而且根状茎浸提物的作用明显大于根浸提物的作用.用根浸提物处理时,只有当浓度为1:15时,白三叶幼根长度才接近于0,而用根状茎浸提液处理时,处理浓度为1:15和1:30时,白三叶幼根长度均接近于0.图1B还表明,当根浸提物浓度为1:15时,对幼芽生长起抑制作用,而浓度为1:30和1:60时,对幼芽生长反而起促进作用.根状茎浸提物在浓度为1:15和1:30下都对幼芽的生长有抑制,在1:60浓度下才起促进作用,也表明根茎浸提物的化感效应强于根浸提物.

**3.2 根系浸提物对不同密度的白三叶种子萌发及幼苗生长的影响**

在1:60低浓度根浸提液处理中,不同密度的白三叶幼苗萌发情况差异不显著(图2).从总体上来看,根浸提液中不同密度的白三叶发芽率都低于对照,与前面的结果一致.而在1:60低浓度根浸提液处理中,不同密度的白三叶幼苗生长差异不显著,但从总体上看,低浓度的根浸提液对胚根有抑制作用,对胚芽的生长有弱的促进作用或无显著影响.

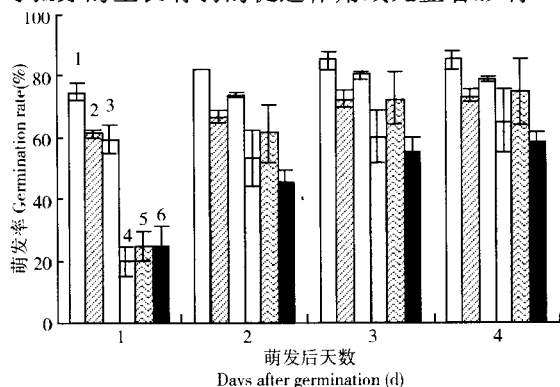


图2 加拿大一枝黄花根状茎浸提物对不同密度的白三叶种子萌发的影响

Fig.2 Effects of extractable from rhizome of *S. canadensis* on germination rate of white clover under different density.

1)CK20;2)CK30;3)CK40;4)T20;5)T30;6)T40.

**3.3 加拿大一枝黄花根状茎浸提液对11个入侵地植物物种的化感效应**

**3.3.1 加拿大一枝黄花根状茎浸提物对入侵地不同物种种子萌发的影响** 低浓度的根状茎浸提液对不同植物物种的种子萌发有显著影响( $P < 0.01$ )(图3),但不同物种的萌发对加拿大一枝黄花根状茎浸提物处理的响应存在显著差异,低浓度的根状茎浸提液对禾本科的黑麦草和苇状羊茅的抑制效应最明显,其次为非禾本科植物,对豆科植物则无明显抑制作用.

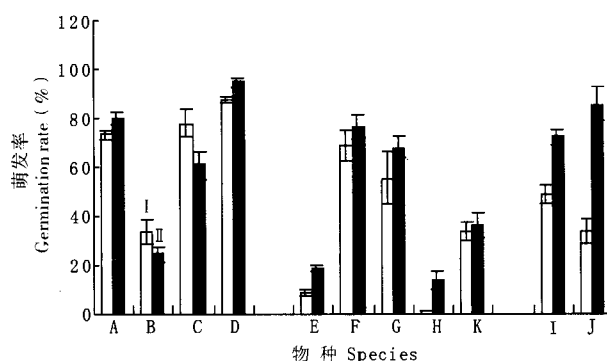


图3 加拿大一枝黄花根状茎浸提物对当地植物种子萌发的影响  
Fig.3 Effects of extractable from and rhizome of *S. canadensis* on germination of different species.

A:白三叶 *Trifolium repens*;B:红三叶 *Trifolium pratense*;C:天蓝苜蓿 *Medicago lupulina*;D:鸡眼草 *Kummerowia stipulacea*;E:碱蓬 *Suaeda glauca*;F:胜红蓟 *Ageratum conyzoides*;G:马齿苋 *Portulaca oleracea*;H:刺苋 *Amaranthus spinosus*;I:黑麦草 *Lolium perenne*;J:苇状羊茅 *Festuca arundinacea*;K:北美车前 *Plantago virginica*. I. 处理 Treatment; II. 对照 Control. 下同 The same below.

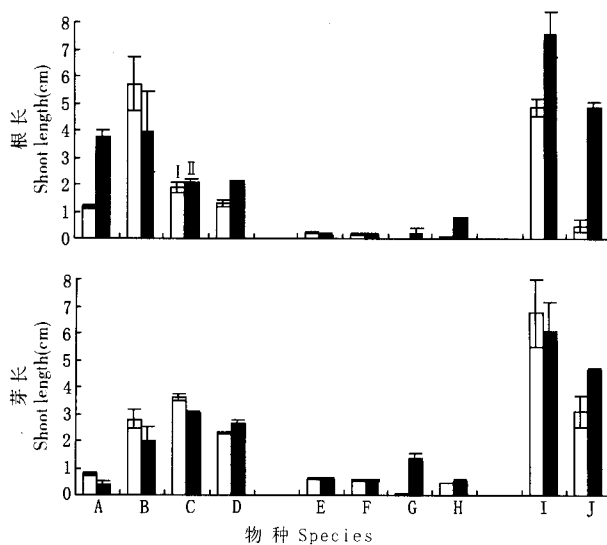


图4 加拿大一枝黄花根浸提物对当地植物种根(a)和芽(b)生长的影响

Fig.4 Allelopathic effects of extracts from rhizome of *S. canadensis* on root(a) and shoot (b) of different species.

**3.3.2 加拿大一枝黄花根状茎浸提物对入侵地不同植物物种幼苗生长的影响** 低浓度的根状茎浸提液对不同植物幼根的影响差异与对种子萌发的影响相

似(图 4a), 禾本科植物的幼根生长抑制最强烈, 其次为非禾本科植物, 对豆科植物的影响不明显或起促进作用. 在对幼芽的影响上(图 4b), 仅对鸡眼草、刺苋和葶苈状羊茅起抑制作用, 而对其他植物无显著抑制(黑麦草、北美车前、胜红蓟、马齿苋和刺苋)或起促进作用(白三叶、红三叶、天蓝苜蓿).

#### 4 讨 论

研究表明, 加拿大一枝黄花的根状茎和根系浸提液均对本地植物物种存在显著的化感作用. 化感效应随着提取物浓度的增加而增强, 并且根状茎提取物的抑制作用明显大于根的提取物(图 1). 加拿大一枝黄花具有发达的根状茎<sup>[5]</sup>, 其提取物对其他物种所具有的强烈的化感抑制作用意味着根状茎对加拿大一枝黄花入侵竞争的意义.

根状茎和根系的不同浓度浸提液都对白三叶幼苗的根长比和苗高具有更强的化感抑制作用, 与 Pandya<sup>[14]</sup>及王艳平等<sup>[17]</sup>的研究结果相一致. 其差异原因进行深入系统的研究.

王艳平等<sup>[17]</sup>、林文雄等<sup>[12]</sup>、Nilsson 等<sup>[13]</sup>在对不同密度植物的化感效应试验中发现, 随着密度增加, 受试植物幼苗生长量也增加, 而用蒸馏水处理时则表现出相反趋势. 本研究中低浓度根浸提液对不同种植密度白三叶的化感作用未发现显著作用.

对 11 个不同物种试验发现, 加拿大一枝黄花根状茎的低浓度浸提液对不同受体植物或同一受体植物的不同部位(如幼苗和幼根)表现出不同的化感作用(促进、抑制或无显著影响). 从 11 个物种对根状茎的低浓度浸提液处理的响应来看, 禾本科的黑麦草和葶苈状羊茅的萌发和幼根生长受抑制最明显, 其次为非禾本科植物, 而对豆科植物无明显抑制作用或起促进作用. 这可能是加拿大一枝黄花入侵导致入侵地植物群落变化的原因之一.

本试验通过培养皿法, 以发芽率、幼苗高度、根长为影响因子评价了加拿大一枝黄花不同根系浸提液的化感作用强弱. 实验在人工气候箱中进行, 光、温度、水分条件均保持一致, 避免了自然条件下各种因素的干扰, 结果较好地反映出了加拿大一枝黄花化感作用的强弱趋势. 但是植物的化感作用受多种因素的影响<sup>[4, 7, 8]</sup>, 如根分泌物的抑制活性与土壤载体相关<sup>[8]</sup>. 因此, 对野外土壤条件下加拿大一枝黄花对不同植物萌发和生长化感作用的差异研究目前仍在进行之中.

#### 参考文献

- Bais HP, Vepachedu R, Gilroy S, *et al.* 2003. Allelopathy and exotic plant invasion: From molecules and genes to species interactions. *Science*, **301**:1377~1380
- Bais HP, Walker TS, Stermitz FR, *et al.* 2002. Enantiomeric-dependent phytotoxic and antimicrobial activity of (+/-)-catechin: A rhizosecreted racemic mixture from spotted knapweed. *Plant Physiol*, **128**(4):1173~1179
- Callaway RM, Aschehoug ET. 2000. Invasive plants versus their new and old neighbors: A mechanism for exotic invasion. *Science*, **290**:521~523
- Ding P(丁 璞), Zhao X-Q(赵秀琴). 2001. The effect of extracting condition on the analysis result of allelochemicals in wheat straw. *Chin Bull Bot* (植物学通报), **18**(6):735~738 (in Chinese)
- Guo S-L(郭水良), Fang F(方 芳). 2003. Physiological adaptation of the invasive plant *Salidago canadensis* to environments. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **27**(1):47~52 (in Chinese)
- Hierro JL, Callaway RM. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant Soil*, **256**(1):29~39
- Hu F(胡 飞), Kong C-H(孔垂华), Chen X-H(陈雄辉), *et al.* 2003. Effects of different water, fertility, and light conditions on allelopathic traits of rice. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(12):2265~2268 (in Chinese)
- Kong C-H(孔垂华), Xu X-H(徐效华), Liang W-J(梁文举), *et al.* 2004. Non-phenolic allelochemicals in root exudates of an allelopathic rice variety and their identification and weed suppressive activity. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **24**(7):1317~1322 (in Chinese)
- Li B(李 博), Chen J-K(陈家宽). 2002. Ecology of biological invasions: Achievements and challenges. *World Sci Technol Res Dev* (世界科技研究与发展), **24**(2):26~36 (in Chinese)
- Li B(李 博), Xu B-S(徐炳声), Chen J-K(陈家宽). 2001. Perspectives on general trends of plant invasions with special reference to alien weed flora of Shanghai. *Biodiv Sci* (生物多样性), **9**(4):446~457 (in Chinese)
- Li D(李 迪), Zhou Y-J(周勇军), Liu X-C(刘小川), *et al.* 2004. Evaluation of allelopathic potential of some Chinese rice against weeds. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), **18**(4):309~314 (in Chinese)
- Lin W-X(林文雄), He H-Q(何华勤), Guo Y-C(郭玉春), *et al.* 2001. Rice allelopathy and its physiobiochemical characteristics. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **12**(6):871~875 (in Chinese)
- Nilsson MC, Zackrisson O, Sterner O, *et al.* 2000. Characterisation of the differential interference effects of two boreal dwarf shrub species. *Oecologia*, **123**(1):122~128
- Pandya SM. 1975. Effect of *Celosia argentea* extracts on roots and shoot growth of bajra seedlings. *Geobios*, **2**:175~178
- Vivanco JM, Bais HP, Stermitz FR, *et al.* 2004. Biogeographical variation in community response to root allelochemistry: Novel weapons and exotic invasion. *Ecol Lett*, **7**(4):285~292
- Wang P(王 朋), Liang W-J(梁文举), Kong C-H(孔垂华), *et al.* 2004. Chemical mechanism of exotic weed invasion. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(4):707~711 (in Chinese)
- Wang Y-P(王艳平), Tang L-H(汤陵华), Fang X-W(方先文), *et al.* 2003. Allelopathic effects of aqueous extract from rice on the growth of barnyard grass. *J Plant Genet Resour* (植物遗传资源学报), **4**(3):191~194 (in Chinese)
- Zhang M-X(张茂新), Ling B(凌 冰), Kong C-H(孔垂华), *et al.* 2003. Chemical components of volatile oil from *Mikania micrantha* and its biological activity on insects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **14**(1):93~96 (in Chinese)
- Zheng C-Z(郑朝宗). 1993. Flora of Zhejiang. Vol. 6. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press. 225~226 (in Chinese)

作者简介 梅玲笑, 女, 1982年生, 硕士生. 主要从事农业生态系统杂草入侵生态学研究, 发表论文 1 篇. Tel: 0571-86971154; E-mail: zhgfang@zju.edu.cn