

豚草生物防治技术在湖南汨罗的应用及其控制效果

周忠实¹, 陈红松^{1,2}, 郭建英¹, 郭 薇^{1,2}, 罗源华³, 郑兴汶^{1,4}, 罗 敏^{1,2}, 郑海燕^{1,4}, 万方浩¹
¹中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; ²湖南农业大学
生物安全科学技术学院, 湖南 长沙 410128; ³湖南省农业科学院植物保护研究所, 湖南
长沙 410125; ⁴江西农业大学农学院, 江西 南昌 330045

摘要:【背景】为评价广聚萤叶甲和豚草卷蛾在豚草发生区大面积释放后对豚草的控制潜力, 于2007年和2008年5月底分别在湖南省汨罗大荆和智峰进行了野外释放试验。【方法】释放天敌后, 调查豚草的株高、存活率, 最后测量其生物量和种子量。【结果】在大荆释放区释放86和120 d后, 释放区植株高度(61.4和99.0 cm)均显著矮于对照区(121.8和129.5 cm), 释放区植株地上茎干重显著小于对照区, 但根系干重与对照区无显著差异; 释放区植株存活率分别仅为7.3%和0。在智峰释放区, 释放12 d后, 释放区豚草株高和存活率与对照区均无显著差异; 但在释放28、44、57 d后, 释放区株高均显著小于对照区, 植株根系和地上茎干重亦显著小于对照区; 释放区豚草存活率分别为76.5%、16.5%和0。上述两地, 对照区豚草在调查期内的存活率均为100%, 释放区的豚草则完全丧失繁殖能力, 种子量为0。【结论与意义】在湖南, 5月底或6月初, 广聚萤叶甲和豚草卷蛾以约每10株6头的密度联合释放, 可有效控制豚草。本结果为豚草生物防治技术推广与应用提供了依据。

关键词: 广聚萤叶甲; 豚草卷蛾; 豚草; 联合控制; 效果

A field trial of biological control of *Ambrosia artemisiifolia* with two herbivorous insects in Miluo, Hunan Province, China

Zhong-shi ZHOU¹, Hong-song CHEN^{1,2}, Jian-ying GUO¹, Wei GUO^{1,2}, Yuan-hua LUO³,
Xing-wen ZHENG^{1,4}, Min LUO^{1,2}, Hai-yan ZHENG^{1,4}, Fang-hao WAN¹
¹State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; ²College of Bio-Safety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; ³Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China; ⁴Agricultural College, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China

Abstract: 【Background】To estimate the control potential of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Epiblema strenuana* (Lepidoptera: Tortricidae) on *Ambrosia artemisiifolia* after mass-releasing in the areas invaded by *A. artemisiifolia*, they were jointly released in the field at the towns of Dajing and Zhifeng, Miluo city, Hunan Province at the end of May, 2007 and 2008, respectively. 【Method】The plant height and survival rate of *A. artemisiifolia* were surveyed after releasing the two insects, and the plant and seed biomasses were measured at the end of survey. 【Result】At Dajing town, 86 and 120 days after releasing, *A. artemisiifolia* plants were significantly shorter in the release region (61.4 cm and 99.0 cm) than in the control region (121.8 cm and 129.5 cm, respectively). The dry mass of the above-ground plants was significantly lower in the release than in the control region, but no difference in root dry biomass of was observed between the two regions. Survival rate of *A. artemisiifolia* were only 7.3% after 86 days, and all plants died by day 120 in the release region. At Zhifeng town, the plant height and survival rate of *A. artemisiifolia* showed no variation between the release and control regions 12 days after release. However, 28, 44 and 57 days after release, the plant height of *A. artemisiifolia* were significantly shorter in the release than in the control region, and root dry mass and above-ground were also significantly lower in the release than in the control region. Survival rate in the release region of *A. artemisiifolia* were 63.5%, 16.5% 28 and 44 days after release, respectively, and by day 57, no plant was left alive. At the two above places,

the survival rate of *A. artemisiifolia* maintained 100% in the control regions during our survey, and all *A. artemisiifolia* plants lost their fecundities completely, thus the seed biomasses were 0 in the release region. 【Conclusion and significance】In Hunan Province, *A. artemisiifolia* can be suppressed effectively when *O. communis* and *E. strenuana* are jointly released in the areas invaded by *A. artemisiifolia* at the end of May and early June.

Key words: *Ophraella communis*; *Epiblema strenuana*; common ragweed; joint control; effect

豚草 *Ambrosia artemisiifolia* L. 入侵我国后,对入侵地生物多样性造成了极大破坏,由于缺乏天敌等自然生物因子的制约,其种群逐年扩大(万方浩等,2005; 马骏等,2008a)。湖南汨罗是我国豚草入侵最早、受害最重的地区之一(万方浩等,1993; 李宏科等,1999),汨罗智峰乡和大荆镇均为豚草重发地带,许多居民的房前屋后都被豚草侵占,给当地居民生活带来诸多困扰,严重危害居民的健康。

利用天敌昆虫防治豚草一直被认为是豚草治理的一种有效途径(Reznik,1991; Kiss,2007; Reznik *et al.*,2007; 周忠实等,2008)。在我国引进的几种食草昆虫中,仅豚草卷蛾 *Epiblema strenuana* Walker (Lepidoptera: Tortricidae) 能在野外成功建立种群(万方浩等,2005),具有较好的应用前景(马骏等,2008b),其对湖南、湖北、江西等省的豚草起到积极的控制作用(余雄波和邓克勤,2007; 马骏等,2008a)。广聚萤叶甲 *Ophraella communis* Lesage (Coleoptera: Chrysomelidae) 是一种偶然被发现的豚草专一性天敌(孟玲和李保平,2005),以成虫和幼虫取食豚草叶片,对豚草具有较好的控制作用(孟玲等,2007)。该叶甲已被应用于一些亚热带国家,如美国、墨西哥、加拿大、日本、韩国、中国等(Palmer & Goeden,1991; Sohn *et al.*,2002; Teshler *et al.*,2002; Tamura *et al.*,2004; Zhou *et al.*,2009)。

豚草卷蛾卵孵化后,初孵幼虫从腋芽处蛀入茎秆内取食,幼虫和蛹均在茎秆内完成发育,幼虫取食木质部后刺激茎秆内壁导致受害处形成虫瘿,从而影响水分向上运输(马骏等,2008a)。广聚萤叶甲卵至成虫均生活于豚草叶片表面,以幼虫和成虫取食叶片,造成叶片有效光合面积减少。由于2种天敌昆虫特殊的生态位和取食特性,对豚草可起到联合抑制作用。经田间笼罩小区试验结果表明,在豚草生长初期(55~65 cm),按平均每株各0.6头广聚萤叶甲成虫和豚草卷蛾虫瘿释放,可在豚草开花前将植株杀死。本研究在田间小区试验的基础上,通过野外大面积释放来评价2种天敌对野生种群的联合控制作用,为豚草生物防治技术推广提供依据。

1 材料与方法

1.1 释放地点与环境特点

湖南省汨罗市大荆镇,豚草入侵弃耕区,豚草发生面积约1800 m²,密度约40株·m⁻²;湖南省汨罗市智峰乡,豚草入侵弃耕区,豚草发生面积约2100 m²,密度约45株·m⁻²。

1.2 虫源

广聚萤叶甲来自湖南省农业科学院植物保护研究所工厂化生产的天敌饲养室和大棚。从饲养的豚草植株叶片采集广聚萤叶甲成虫放入规格为19 cm×12 cm×6 cm的透明塑料养虫盒内,每盒放300头备用。

豚草卷蛾来自湖南省农业科学院植物保护研究所工厂化生产的饲养大棚。将豚草卷蛾3龄幼虫的虫瘿连同豚草茎秆剪下,保留茎秆长度30~40 cm,然后装入50 cm×30 cm×40 cm的纸箱内打包备用。

1.3 释放天敌

1.3.1 释放时间和数量 根据田间小区试验结果和当时的豚草长势,确定释放广聚萤叶甲和豚草卷蛾的密度。汨罗市大荆镇:2007年5月30日按每10株6头分别释放豚草卷蛾虫瘿和广聚萤叶甲成虫。当时豚草株高多为40~50 cm,释放虫量为广聚萤叶甲成虫和豚草卷蛾虫瘿各43200头。距处理区边缘1000 m处,设置不释放天敌,面积为667 m²的空白对照区。

汨罗市智峰乡:于2008年5月31日释放豚草卷蛾虫瘿和广聚萤叶甲成虫,每种天敌的释放密度、豚草株高以及对对照区设置与汨罗市大荆镇试验一致,释放虫量约为广聚萤叶甲成虫和豚草卷蛾虫瘿各56700头。

1.3.2 释放方法 将上述天敌运送至各释放区,释放广聚萤叶甲时,直接将成虫接于植株叶片上;豚草卷蛾则将带虫瘿的茎秆随机卡放于豚草枝条分叉处。

1.3.3 效果调查 根据释放点的路程远近、方便程度以及人员安排情况,对不同点的调查时间、次数和考查指标有所不同。

采取 5 点抽样法进行调查,每抽样点调查 60 株,每次调查记录死亡植株数量、株高;种子成熟后用信封采收单株种子,并标记好带回实验室,记录种子量;植株自然死亡后,随机挖取 10 株豚草带回实验室,测量地上和地下部分干重。

汨罗市大荆镇,于 2007 年 8 月 26 日和 9 月 29 日各调查 1 次;汨罗市智峰乡,于 2008 年 6 月 12 日、6 月 28 日、7 月 14 日和 7 月 28 日各调查 1 次。

1.4 数据分析

试验数据利用 SAS 9.1 和 Excel 2010 软件进行统计分析,采用单因素方差分析(one-way ANOVA: LSD)比较处理间平均值的差异程度($P \leq 0.05$) (SAS Institute,2004)。

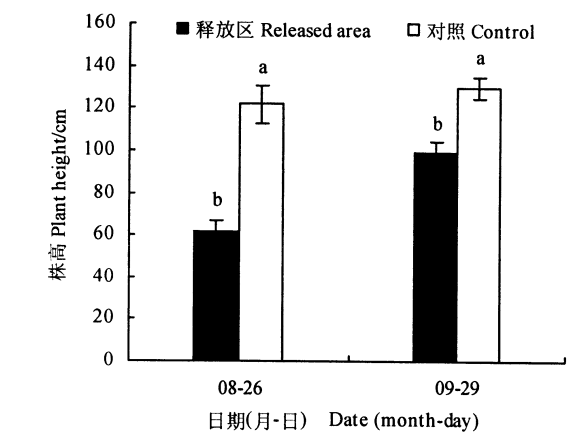
2 结果与分析

2.1 大荆镇释放效果

在汨罗大荆,释放 86 和 120 d 后调查发现,在广聚萤叶甲和豚草卷蛾共同作用下,释放区豚草株高仅分别为 61.4 和 99.0 cm,明显矮于空白对照区(121.8 和 129.5 cm)(8 月 26 日: $F_{1,18} = 34.36$, $P < 0.0001$; 9 月 29 日: $F_{1,18} = 17.52$, $P = 0.0006$) (图 1);释放区豚草植株根系干重与对照区差异不显著($F_{1,18} = 3.09$, $P = 0.096$),但释放区植株地上茎生物量显著小于对照区($F_{1,18} = 6.35$, $P = 0.0214$) (图 2)。释放 86 和 120 d 后,释放区豚草植株存活率分别仅为 7.3% 和 0,而对照区植株自然死亡率均为 0;在释放区,豚草植株丧失繁殖能力,其种子量为 0(表 1)。

2.2 智峰乡释放效果

在汨罗智峰,释放后 12 d 调查,释放区豚草株高与对照区无显著差异($F_{1,18} = 1.45$, $P = 0.2441$);在释放后 28、44 和 57 d 的调查中,释放区豚草的株高显著小于对照区(6 月 28 日: $F_{1,18} = 11.37$, $P = 0.0034$; 7 月 14 日: $F_{1,18} = 13.75$, $P = 0.0016$; 7 月 28 日: $F_{1,18} = 27.03$, $P < 0.0001$) (图 3),且释放区豚草植株根系和地上茎干重明显小于对照区(根系: $F_{1,18} = 16.84$, $P = 0.0007$; 地上茎: $F_{1,18} = 11.34$, $P = 0.0034$) (图 4)。释放后 28 d 在释放区开始出现死亡植株,至 44 和 57 d(图 5),释放区植株存活率分别仅为 16.5% 和 0;而在整个调查过程中,对照区未发现豚草植株自然死亡现象;在释放区,豚草植株完全丧失繁殖力,种子量为 0(表 2)。



柱上不同字母表示同一时间存在显著差异($P \leq 0.05$, one-way ANOVA)。下同。
Means over the bars followed by different letters are statistically different at $P \leq 0.05$ level according to one-way ANOVA and LSD test. The same below.

图 1 释放区与对照区豚草株高的比较(2007,汨罗大荆)

Fig. 1 Comparison of plant height of *A. artemisiifolia* between control and release area (2007, Dajing, Miluo)

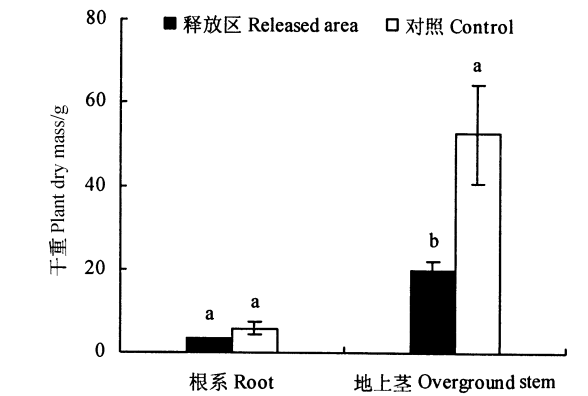


图 2 释放区与对照区豚草植株生物量的比较(2007,汨罗大荆)

Fig. 2 Comparison of plant biomass of *A. artemisiifolia* between control and release area (2007, Dajing, Miluo)

表 1 豚草存活率及种子量(2007,汨罗大荆)
Table 1 Survival rate and seed biomass of *A. artemisiifolia* (2007, Dajing, Miluo)

处理 Treatment	存活率 Survival rate/%		种子量/(粒·株 ⁻¹) No. of seed biomass of every plant
	08-26	09-29	
释放区 Release area	7.3 ± 3.7b	0b	0b
对照 Control	100a	100a	11166.1 ± 724.5a
<i>F</i> _{1,8}	636.37	—	237.5
<i>P</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001

部分数据为平均值 ± 标准误。同列平均数据后附不同字母表示差异显著($P \leq 0.05$, one-way ANOVA)。下同。
Partly data are Mean ± SE. Means within the same column followed by the different letters are statistically different at $P \leq 0.05$ level according to one-way ANOVA; LSD test. The same below.

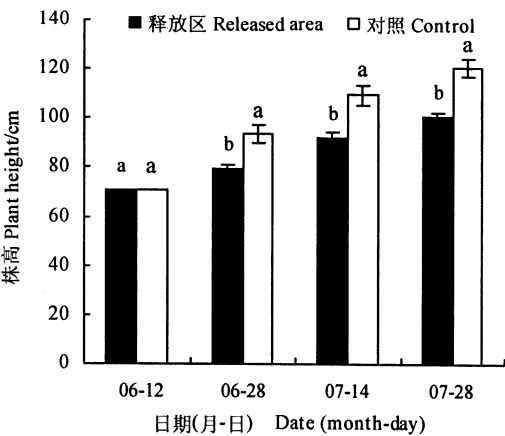


图3 释放区与对照区豚草株高的比较
(2008,汨罗智峰)

Fig. 3 Comparison of plant height of *A. artemisiifolia* between control and release area (2008, Zhifeng, Miluo)

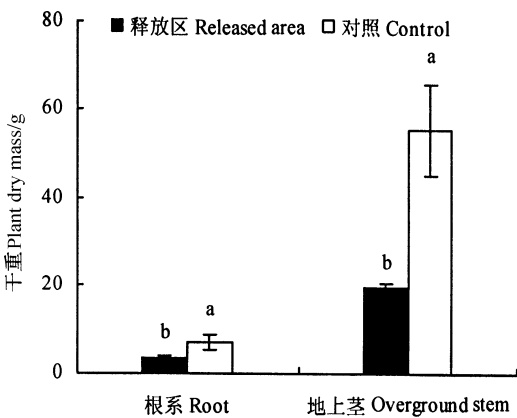


图4 释放区与对照区豚草植株生物量的比较
(2008,汨罗智峰)

Fig. 4 Comparison of plant biomass of *A. artemisiifolia* between control and release area (2008, Zhifeng, Miluo)



A: 释放前(2008年6月12日); B: 释放后(2008年7月28日)。
A: Original status (12 June 2008); B: Massive mortality (28 July 2008).

图5 野外豚草生物防治的效果(2008,汨罗智峰)

Fig. 5 Mortality caused by defoliation of the released natural enemy agents of *A. artemisiifolia* in the field (2008, Zhifeng, Miluo)

表2 豚草的存活率及种子量(2008,汨罗智峰)

Table 2 Survival rate and seed biomass of *A. artemisiifolia* (2008, Zhifeng, Miluo)

处理 Treatment	存活率 Survival rate/%				种子量 No. of seed biomass
	06-12	06-28	07-14	07-28	
释放区 Release area	100	76.5 ± 1.2b	16.5 ± 1.8b	0b	0b
对照 Control	100	100a	100a	100a	14368.6 ± 568.7a
<i>F</i> _{1,8}	0	370.64	2251.29	—	638.25
<i>P</i>	0	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

3 讨论

一般而言,利用天敌昆虫治理杂草虽然可达到持久有效的控制作用,但在释放早期由于天敌昆虫种群数量较低,其控制效果不甚明显。随着时间的推移,天敌昆虫经历1代或几代的繁衍种群壮大后,才能对杂草起到有效的抑制作用。豚草植株的

生物量以“S”形曲线增长,即可分为:缓慢生长期、旺盛生长期、生长转变期(万方浩等,2005)。5月中旬至7月中旬为旺盛生长期(万方浩等,2005),此时释放天敌昆虫,气候条件和豚草植株营养条件虽对天敌昆虫种群发展有利,但天敌昆虫种群扩增和取食速度远远不及豚草植株的生长势头,从而在

某一程度上影响到最终的控制效果。早期研究结果表明,在 20 ~ 28 °C 下广聚萤叶甲需经历 30 ~ 20 d 才能完成一个世代 (Zhou *et al.*, 2010), 因此在一些土壤肥力较好, 豚草生长旺盛的地区, 单独释放广聚萤叶甲对豚草的控制效果可能达不到 100%。同时, 前期研究亦发现, 豚草卷蛾在很大程度上仅能明显降低豚草植株高度和生活力, 从而减少花粉和种子量, 但对受害植株种籽的单粒重、充实率和生活力并无影响 (McFadyen, 1992), 且对处在迅速生长期的豚草植株不能直接致死 (余雄波和邓克勤, 2007)。

周忠实等 (2008) 根据生态位和资源竞争理论, 提出 2 种植食性昆虫如果对寄主植物与空间资源不存在竞争效应, 其同时发生则可加重寄主植物的受害程度。万方浩等 (2003) 报道了豚草卷蛾和苍耳螟 *Ostrinia orientalis* Mutuura & Munroel 在空间资源利用上不存在竞争关系, 对豚草可起到较好的联合控制作用。由于广聚萤叶甲与豚草卷蛾特殊的生态位与取食习性, 使得他们在生态空间资源上不仅不存在竞争关系, 反而形成明显的互补效应, 因此它们同时发生势必会对豚草起到更好的协同抑制作用。陈红松 (2009) 和郑兴汶 (2011) 通过田间小区网罩试验证实了广聚萤叶甲和豚草卷蛾联合释放, 处理区豚草的株高、死亡率、生物量显著低于单一天敌处理、化防和对照区。本研究在小区网罩试验的基础上, 通过野外大面积同时释放广聚萤叶甲和豚草卷蛾, 以明确 2 种天敌昆虫在完全开放的野外是否对豚草同样起到预期的控制效果。结果表明, 在 5 月底, 2 种天敌按每 10 株 6 头的密度联合释放, 可将释放区所有豚草植株于开花前完全致死, 达到 100% 的控制效果, 从而有效地抑制了豚草种群的蔓延。可以预见, 推广与应用豚草卷蛾和广聚萤叶甲联合控制的豚草生物防治体系, 可使豚草种群数量在 2 种天敌的双重胁迫和影响下不断减少, 最终消除豚草对我国农业生产、生态平衡和人体健康造成的危害。

参考文献

陈红松. 2009. 豚草卷蛾和广聚萤叶甲对豚草的联合控制作用. 武汉: 华中农业大学.

- 李宏科, 李萌, 李丹. 1999. 豚草及其防治概况. 世界农业, 8: 40–41.
- 马骏, 郭建英, 万方浩, 周忠实. 2008a. 入侵物种的综合治理 // 万方浩, 李保平, 郭建英. 生物入侵: 生物防治篇. 北京: 科学出版社, 112–138.
- 马骏, 万方浩, 郭建英, 胡学难. 2008b. 豚草和三裂叶豚草的生物防治 // 万方浩, 李保平, 郭建英. 生物入侵: 生物防治篇. 北京: 科学出版社, 157–185.
- 孟玲, 李保平. 2005. 新近传入我国大陆取食豚草的广聚萤叶甲. 中国生物防治, 21(2): 65–69.
- 孟玲, 徐军, 李海波. 2007. 外来广聚萤叶甲在我国的扩散及生活史特征. 中国生物防治, 23(1): 5–10.
- 万方浩, 关广清, 王韧. 1993. 豚草及豚草综合治理. 北京: 中国科学技术出版社.
- 万方浩, 刘万学, 马骏, 郭建英. 2005. 普通豚草和三裂叶豚草 // 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. 北京: 科学出版社, 662–692.
- 万方浩, 马骏, 郭建英, 游兰韶. 2003. 豚草卷蛾和苍耳螟对豚草的联合控制作用. 昆虫学报, 46(4): 473–478.
- 余雄波, 邓克勤. 2007. 豚草卷蛾对豚草的控制效果. 植物检疫, 21(1): 14–15.
- 郑兴汶. 2011. 广聚萤叶甲对向日葵的安全性及其应用. 南昌: 江西农业大学.
- 周忠实, 郭建英, 万方浩, 彭兆普, 罗源华, 刘勇. 2008. 豚草防治措施综合评价. 应用生态学报, 19(9): 1917–1924.
- Kiss L. 2007. Why is biocontrol of common ragweed, the most allergenic weed in eastern Europe, still only a hope? // Vincent C, Goettel M S and Lazarovits G. *Biological Control: A Global Perspective*. Oxfordshire, UK: CAB International, 80–91.
- McFadyen R E. 1992. Biological control against *Parthenium* weed in Australia. *Crop Protection*, 11: 400–407.
- Palmer W A and Goeden R D. 1991. The host range of *Ophraella communa* Lesage (Coleoptera: Chrysomelidae). *Coleopterists Bulletin*, 45: 115–120.
- Reznik S Y. 1991. The effects of feeding damage in ragweed *Ambrosia artemisiifolia* (Asteraceae) on populations of *Zygogramma suturalis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia*, 88: 204–210.
- Reznik S Y, Spasskaya I A, Dolgovskaya M Y, Volkovitsh M G and Zaitzev V F. 2007. The ragweed leaf beetle *Zygogramma suturalis* F. (Coleoptera: Chrysomelidae) in Russia;

- current distribution, abundance and implication for biological control of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. // Rector B G. *Proceedings of the XII International Symposium on Biological Control of Weeds*. La Grande Motte, France, 614.
- SAS Institute. 2004. SAS User's® Guide: Statistics. Cary, NC: SAS Institute.
- Sohn J C, An S L, Li J E and Park K T. 2002. Notes on exotic species, *Ophraella communa* Lesage (Coleoptera: Chrysomelidae) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology*, 41: 145 – 150.
- Tamura Y, Hattori M, Konno K, Kono Y, Honda H, Ono H and Yoshida M. 2004. Triterpenoid and caffeic acid derivatives in the leaves of ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asterales: Asteraceae), as feeding stimulants of *Ophraella communa* LeSage (Coleoptera: Chrysomelidae). *Chemoecology*, 14: 113 – 118.
- Teshler M P, DiTommaso A, Gagnon J A and Watson A K. 2002. *Ambrosia artemisiifolia* L., common ragweed (Asteraceae) // Mason P G and Huber J T. *Biological Control Programmes in Canada*, 1981 – 2000. New York, Wallingford, UK: CABI Publishing, 290 – 294.
- Zhou Z S, Guo J Y, Chen H S and Wan F H. 2010. Effects of temperature on survival, development, longevity and fecundity of *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae), a biological control agent against invasive ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L. (Asterales: Asteraceae). *Environmental Entomology*, 39: 1021 – 1027.
- Zhou Z S, Wan F H and Guo J Y. 2009. Biological control of *Ambrosia artemisiifolia* with *Epibleme strenuana* and *Ophraella communa* // Wan F H, Guo J Y and Zhang F. *Research on Biological Invasions in China*. Beijing, China: Science Press, 253 – 258.

(责任编辑:彭露)