

三裂叶豚草入侵对植物生物多样性的影响

殷萍萍,李建东,殷 红,孙 备,孙佳楠,王国骄,燕雪飞

(沈阳农业大学 农学院,辽宁 沈阳 110161)

【摘 要】 【目的】了解三裂叶豚草的生长群落,分析三裂叶豚草入侵对生物多样性的影响。【方法】于 2008-05-28—06-28,利用样方法,调查沈阳东陵公园附近公园(5 个样点)、农田(3 个样点)、高速公路附近(4 个样点)、桑园(4 个样点)和路边(4 个样点)5 个生境中,三裂叶豚草分布样点杂草的种类和分布情况。【结果】所调查生境分布样点中,共有杂草 28 科 71 种,其中以菊科、藜科、蓼科居多。从发生频率 $>10\%$ 的 34 种杂草在前 2 个主成分上的负荷量可以看出,影响三裂叶豚草的主成分因素是人为干扰程度和土壤水分条件,可知三裂叶豚草是喜干扰且适宜生活在土壤水分含量较大的生境内,据此将分布样点分为 3 个聚类群。随着人为干扰程度的增强,三裂叶豚草的重要值升高,同时样方中物种的丰富度随三裂叶豚草重要值的增大而下降,说明在不同生境中,三裂叶豚草的大量滋生降低了生物多样性。【结论】三裂叶豚草对入侵地生物多样性具有破坏作用,故在防除三裂叶豚草时,首先应严把植物检疫关,同时应加强生态安全宣传和生态学教育,以建立生态安全的人类生存环境。

【关键词】 三裂叶豚草;生物入侵;生物多样性

【中图分类号】 Q14;S459

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)04-0189-06

Impacts of *Ambrosia trifida* Invasi on plant biodiversity

YIN Ping-ping, LI Jian-dong, YIN Hong, SUN Bei, SUN Jia-nan,

WANG Guo-jiao, YAN Xue-fei

(College of Agronomy, Shenyang agricultural university, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: 【Objective】 This paper is to understand the growth of *Ambrosia trifida* community and to find out impact of *Ambrosia trifida* invasion on biodiversity. 【Method】 This study uses sampling method to investigate *Ambrosia trifida* growth habitat types and distribution of weeds around Dongling park (Dongling park has 5 points, farmlang 3 points, around high way 4 points, orchard 4 points, roadside 4 points) in Shenyang from May 28th, 2008 to June 28th, 2008. 【Result】 The results show that habitat distribution of the survey sample have a total of 71 kinds of weeds in 28 subjects, of which *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Polygonaceae* are the most. Through 34 kinds of weeds with occuring frequency $>10\%$ on first two principal components loads, we can see the principal components affecting the bitter weeds is the human's interruption level and the soil moisture condition, thus it can be seen that the bitter weed is suitable for interruption and it is suitable to live in the habitat where air relative humidity is higher. Three clusters are divided and as the human's interruption level is higher, the bitter weeds' important value elevates too. Simultaneously the quadrat species' abundance decreases when the bitter weed's important value increases. This explains that in different habitats, the bitter weeds siring massively can give biodiversity destructive effect. 【Conclusion】 Therefore *Ambrosia trifida* can threaten the biological diversity. So if we want to guard a-

* [收稿日期] 2009-09-29

[基金项目] 辽宁省教育厅高等学校创新团队科研项目(2009T088)

[作者简介] 殷萍萍(1985—),女,江苏镇江人,在读硕士,主要从事农业生态学研究。E-mail: ypping12@163.com

[通信作者] 李建东(1964—),男,山东莱阳人,教授,博士,博士生导师,主要从事农业生态系统管理、农田生态学、入侵生态学及生物多样性研究。E-mail: sylijandong@126.com

gainst the bitter weeds,the first defense line is to prevent its seed from invading into the non-bitter weed area,meanwhile strengthening the ecologically security propaganda and the ecology education. Only in this way can we establish an ecological secure human living environment.

Key words:*Ambrosia trifida*;biological invasion;biological diversity

外来物种(alien species),或称非本地的(non-native)、非土著的(non-indigenous)、外地的(exotic)物种,是指出现在其过去或现在的自然分布范围及扩散潜力以外的物种、亚种或以下的分类单元,包括其所有可能存活、继而繁殖的部分、配子或繁殖体。当外来物种在自然或半自然生态系统或生境中建立了种群,改变或威胁到本地生物多样性时,就成为外来入侵种(Alien invasive species)^[1]。外来入侵植物能严重破坏景观的自然性和完整性,甚至摧毁整个生态系统,引起生物多样性丧失,因此被认为是对生物多样性的第二大威胁,仅次于生境丧失^[2]。随着经济的发展,交通运输条件的不断改善,国际贸易和旅游业的迅速发展,人们的活动范围和强度逐渐加大,外来物种入侵的机会越来越大,所造成的风险也越来越高^[3]。目前,有关外来植物对生境及土著种造成的巨大影响,在国内外已有许多研究报道^[4-7]。三裂叶豚草(*Ambrosia trifida* L.)又名大破布草,原产北美洲,其生命力、竞争力及生态可塑性很强,传播途径多,繁殖系数大,在发生区容易形成单一群落,降低了自然生态系统的稳定性和物种多样性,对农牧业和园林景观造成了巨大破坏^[8]。其现已传播到世界各地,目前在美国、加拿大、墨西哥、瑞士、瑞典等 30 多个国家和地区广泛发生,其中在美国、加拿大、墨西哥的危害最为严重^[9]。中国最早于 20 世纪 30 年代在辽宁铁岭地区发现三裂叶豚草,之后在黑龙江^[10-11]、吉林^[12]、辽宁^[13-14]、河北^[15]、北京^[16-17]、山东^[18]、江西^[11-14]、湖南^[19]等地均有发生。目前,有关三裂叶豚草作为入侵植物防治方法的研究报道已有很多^[20-24],而三裂叶豚草入侵对植物多样性影响的研究尤为重要,但此方面的研究还较少。本试验以沈阳东陵公园附近的郊区为研究区域,采用样方法,调查该区域三裂叶豚草生长生境中杂草的种类和分布,探讨三裂叶豚草入侵对生物多样性的影响,以期三裂叶豚草入侵地种群多样性保护策略的制定提供科学依据。

1 调查与研究方法

1.1 野外调查

野外调查在沈阳东陵公园附近的郊区进行。主

要调查不同生境下有三裂叶豚草分布样地的杂草种类及其分布情况。调查生境包括公园(5 个样点)、农田(3 个样点)、高速公路附近(4 个样点)、桑园(4 个样点)和路边(4 个样点)等。调查时间为 2008-05-28—06-28,为期 1 个月。

调查采用样方法,每个样点选择有代表性的样方 3 个,每个样方大小为 1 m²(1 m×1 m)。调查样方中所有杂草的种类、盖度和各种杂草的数量。

每种杂草的相对多度=每种杂草数目/样方内所有杂草总数,

每种杂草的相对频度=每个样点中出现该种杂草的样方数/3,

每种杂草的重要值=该种杂草的相对多度+相对盖度+该种杂草的相对频度。

1.2 数据处理方法

选取发生频率(发生频率=出现某种杂草的样方数/样方总数)>10%的 34 种杂草重要值作为分析指标,20 个样点作为分析单位,构成 2 个原始数据矩阵。应用 SPSS 11.0 统计软件,对原始数据进行主成分分析,主成分分析是指将多个变量通过线性变换,以选出较少个数重要变量的一种多元统计分析方法,又称主分量分析(PCA)^[24]。此外,对分析结果进行生态学意义上的解释,研究不同生境条件下三裂叶豚草的分布及其对物种多样性的影响。

2 结果与分析

2.1 三裂叶豚草分布样点杂草的种类组成

在调查的 20 个样点中共有杂草 71 种,分属 28 科,其中菊科 16 种、蓼科 5 种、藜科 5 种、豆科 4 种、十字花科 4 种、唇形科 4 种。

2.2 三裂叶豚草的主成分分析

主成分分值是通过坐标转换得到的,由各指标的线性组合构成,其大小和正负只在具体评价中才有具体意义。对发生频率>10%的 34 种杂草主成分分析结果见表 1。由表 1 可知,从第 1 主成分特征向量来看,呈较大负相关的是三裂叶豚草、藜、狗尾草和地肤等,这些杂草多生长在人为干扰较多的生境中,如农田;呈较大正相关的是纤毛鹅冠草、附地菜、车前草和铁苋菜等,这些杂草在半自然生境

中,如无人管理的荒地、路边和田埂分布很广。由此得出第 1 主成分轴所代表的生态学意义是人为干扰程度,且干扰程度越高,第 1 主成分特征向量值越小。从第 2 主成分特征向量来看,呈较大正相关的杂草有菊苣、荠菜、苦荞麦和圆叶牵牛等,这些杂草属比较典型的旱生杂草;呈较大负相关的是纤毛鹅冠草、附地菜、加拿大蓬和苔草等,这几种杂草比较

喜湿。从以上分析可以得出,第 2 主成分轴所代表的生态学意义是土壤含水量,这是影响样地杂草分布的首要因素;土壤含水量与第 2 主成分特征向量值呈负相关关系。因此,调查区三裂叶豚草生长区杂草分布与危害的主要影响因素是人为干扰程度和土壤水分条件。

表 1 三裂叶豚草分布样点中 34 种杂草在前 2 个主成分上的负荷量

Table 1 Load of 34 weed species in the first two principle components in the distribution of <i>Ambrisia trifida</i>			
序号 Serial number	杂草种类 Weed	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2
1	葎草 <i>Humulus scandens</i>	−0.444 2	−0.223 8
2	鸭趾草 <i>Commelina communis</i>	−0.324 7	−0.300 6
3	地肤 <i>Kochia scoparia</i>	−0.556 2	−0.118 5
4	狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	−0.584 7	−0.142 4
5	藜 <i>Chenopodium album</i>	−0.632 6	−0.243 9
6	羊蹄酸膜 <i>Rumex japonicus</i>	−0.382 9	−0.323 9
7	蛇胆草 <i>Tylophora secamonoides</i>	−0.349 3	−0.210 5
8	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	0.106 5	−0.068 6
9	龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	−0.152 1	−0.081 7
10	三裂叶豚草 <i>Ambrosia trifida</i>	−0.674 3	−0.156 3
11	铁苋菜 <i>Acalypha australis</i>	0.781 7	−0.060 0
12	蒺藜 <i>Polygonum aviculare</i>	0.284 6	0.312 1
13	白屈菜 <i>Chelidonium majus</i>	−0.289 1	−0.225 7
14	豨莶 <i>Siegesbeckia orientalis</i>	−0.011 7	0.313 9
15	大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	−0.268 2	−0.061 5
16	野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	0.496 2	0.044 9
17	山莴苣 <i>Lactuca indica</i>	0.150 8	0.681 9
18	老鹳草 <i>Geranium wifordi</i>	0.712 9	−0.002 9
19	益母草 <i>Leonurus artemisia</i>	0.065 5	0.720 5
20	荠菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	0.051 3	0.748 2
21	圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	0.089 7	0.735 9
22	苘麻 <i>Abutilon theophrasti</i>	−0.213 3	0.661 8
23	菊苣 <i>helianthus tuberosusl</i>	0.070 6	0.799 3
24	苦荞麦 <i>Fagopyrum tataricum</i>	0.043 3	0.746 6
25	红蓼 <i>Polygonum orientale</i>	−0.353 3	−0.076 2
26	裂叶牵牛 <i>Pharbitis hederacea</i>	−0.237 0	0.330 3
27	紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>	0.732 1	−0.284 6
28	车前草 <i>Plantago asiatica</i>	0.798 3	−0.186 7
29	稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	0.014 1	−0.077 1
30	加拿大蓬 <i>Erigeron canadensis</i> L.	0.590 1	−0.352 2
31	附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	0.806 0	−0.366 0
32	婆婆丁 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.364 2	−0.184 3
33	苔草 <i>Cyperaceae</i>	0.761 4	−0.335 8
34	纤毛鹅冠草 <i>Roegneria ciliaris</i>	0.807 7	−0.366 0

2.3 不同生境对三裂叶豚草种群密度的影响

由图 1 可知,根据三裂叶豚草分布环境的人为干扰程度和土壤水分条件,将有三裂叶豚草分布的样点可分为 3 个聚类群。聚类群 I 均分布在路边和田边开阔地以及高速公路边,人为干扰程度强,土壤含水量也较高,面积广,光照充足,故种群密度很大;聚类群 II 包括的样点主要分布在桑园中,土壤含水

量一般,有人管理,但管理较聚类群 I 粗放,种群密度较小,人为干扰程度较聚类群 I 低,较聚类群 III 高,这说明田间一旦疏于管理,三裂叶豚草就极易入侵;聚类群 III 主要分布在公园内乔木层下,平均重要值降低,人为干扰程度也不高。由此可知,人为干扰程度和土壤含水量是影响三裂叶豚草种群密度的主要因素。

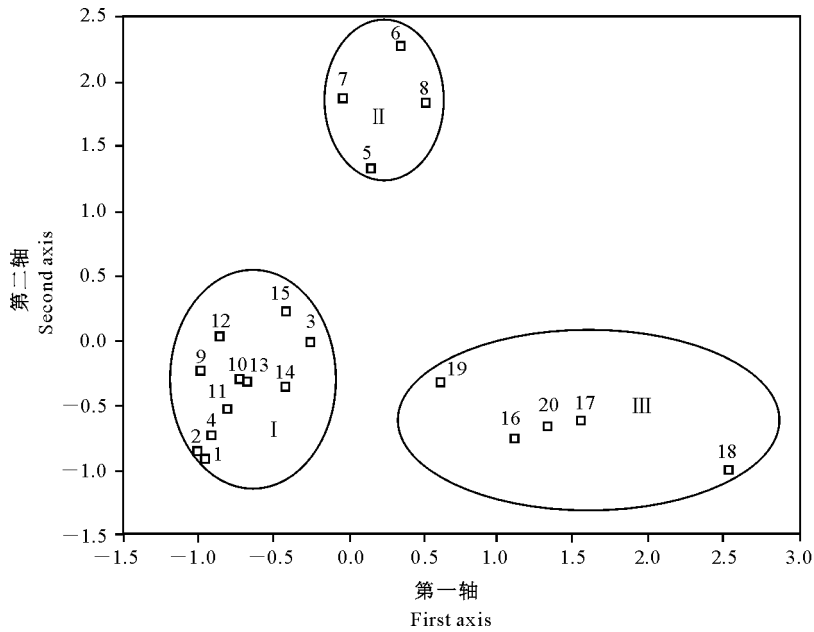


图 1 不同生境下有三裂叶豚草分布的 20 个样点的 2 维排序散点图

Fig. 1 Two-dim ensional ordination scatter plot of 20 samples in which there are *Ambrosia trifida* in different habitats

依据图 2 所划分的 3 个样地聚类群,计算各聚类群三裂叶豚草的平均重要值(图 2)。三裂叶豚草重要值越高,表明样地中三裂叶豚草的种群密度越大。图 2 表明,随着人为干扰程度的增强,三裂叶豚草的重要值升高;聚类群 I 的三裂叶豚草重要值显著高于聚类群 III;聚类群 II 三裂叶豚草的重要值介于上述 2 者之间。此外,结合样地特征及三裂叶豚草重要值分析可知,只要样地有充分的人为干扰且土壤含水量较高,三裂叶豚草的重要值也很高,说明三裂叶豚草具有很强的环境适应能力,喜欢干扰和湿润的区域。

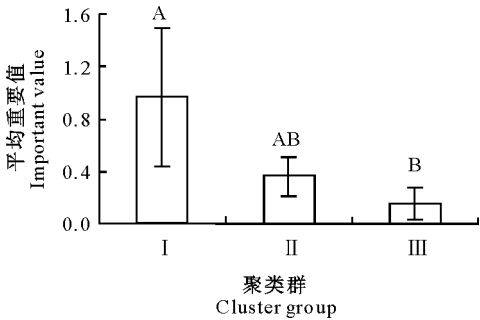


图 2 3 个聚类群中三裂叶豚草平均重要值的变化

Fig. 2 Change in important value of *Ambrosia trifida* in three clusters

2.4 三裂叶豚草入侵对生物多样性的影响

将各样方中三裂叶豚草重要值划分为 0~0.36、0.36~0.72、0.72~1.08、1.08~1.44、1.44~1.80 5 个梯度,求得三裂叶豚草各梯度平均重要值

(x)及对应样方的物种平均丰富度(即物种数目的平均值, y),并对二者的关系进行曲线模拟,结果(图 3)显示,两者的拟合曲线表达式为 $y = -1.4577\ln(x) + 8.9558$ ($R^2 = 0.9065$),具有显著相关性。由图 3 可知,样方物种丰富度随平均重要值的增大而逐渐下降。说明在不同生境中,三裂叶豚草大量滋生对生物多样性具有破坏作用。在调查过程中也发现,在三裂叶豚草较多的区域,仅有红蓼、藜、大籽蒿和菎草等杂草生长,其他杂草较少。

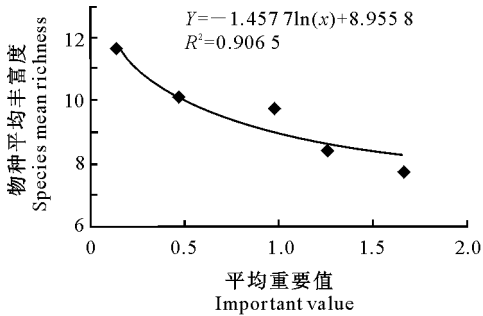


图 3 三裂叶豚草平均重要值与植物物种平均丰富度的相关关系

Fig. 3 Interrelation of mean important value of *Ambrosia trifida* and mean species diversity

比较可知,在农田中杂草种类多,而在路边和田边开阔地以及小河、小沟、湖岸边,三裂叶豚草生长猖獗,物种丰富度较低;在疏于管理的桑园中,由于受人为干扰的影响,物种丰富度也较低。从聚类群 I、II、III 来看,物种丰富度随三裂叶豚草重要值的

增加而降低;经方差分析表明,样地聚类群Ⅰ与Ⅱ、Ⅲ间的物种丰富度存在显著差异($P<0.05$)(表 2)。

表 2 3 个三裂叶豚草分布样地聚类群的物种丰富度

Table 2 Species diversity indexes of the three groups of *Ambrosia trifida*

聚类群 Cluster group	样点数 Sample point	三裂叶豚草平均重要值 The average importance value of <i>Ambrosia trifida</i>	物种丰富度 Species richness	
			均值 Mean	标准差 Standard deviation
Ⅰ	11	0.96	8.09 a	2.75
Ⅱ	4	0.36	12.00 b	0.58
Ⅲ	5	0.18	12.70 b	3.44

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。
Note:The different lowerletters in the same column denotes notable variety($P<0.05$).

3 讨 论

本研究结果表明,三裂叶豚草为喜干扰、喜湿的入侵杂草,生活力强,适应性广,耗水量和营养物质高,其入侵对当地生物多样性产生了明显影响。三裂叶豚草对生态环境和经济等的影响及其机理主要表现在 3 个方面:1)破坏其生长生境的自然性和完整性;2)形成单优势群落,降低入侵地物种的生物多样性;3)与农作物竞争光、水和营养元素,对农业生态系统产生影响。对于干扰程度较强的三裂叶豚草入侵地,应提高防治力度,并必须严把植物检疫关,防止其传入。对于已入侵的三裂叶豚草,应采用昆虫防治^[25]、植物病原菌防治^[26-27]、植物生化他感作用防治^[28]、植物替代等方式,消除其入侵^[29-30]。

4 结 论

本研究结果表明,人为干扰程度和土壤含水量是决定三裂叶豚草群落组成的 2 个重要因素,并根据此结论,将调查的不同生境划分为 3 个聚类群,为研究三裂叶豚草与其他物种的相互作用提供了第一手资料。随着人为干扰程度的增强,三裂叶豚草的重要值(发生危害程度)增高,在干扰程度高的生境中,其重要值极显著高于干扰程度相对低的生境。对三裂叶豚草各梯度平均重要值与样方物种平均丰富度进行曲线模拟,结果表明,随着生境中三裂叶豚草重要值的升高,样地中的物种丰富度下降低,两者间存在着显著相关性。

志谢:在对物种鉴定中沈阳农业大学高东昌老师提供了重要帮助,在此表示感谢。

[参考文献]

[1] 赵见明. 瑞丽主要外来入侵植物 [J]. 西南林学院学报:自然科学版,2007,2(1):20-24.
Zhao J M. Study on the main exotic invasive plant species in Ruili, Yunnan [J]. Journal of Southwest Forestry College: Nat-

ual Science Edition,2007,2(1):20-24. (in Chinese)
[2] 徐 亮,陈功锡,张代贵,等. 湘西地区外来入侵植物调查 [J]. 吉首大学学报:自然科学版,2009,30(1):98.
Xu L,Chen G C,Zhang D G,et al. Investigation on alien invasive plants in Xiangxi of Hunan Province,China [J]. Journal of Jishou University: Natural Sciences Edition,2009,30(1):98. (in Chinese)
[3] 王 忠,董仕勇,罗燕燕,等. 广州外来入侵植物 [J]. 热带亚热带植物学报,2008,16(1):29-38.
Wang Z,Dong S Y,Luo Y Y,et al. Invasive plants in Guangzhou, China [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany,2008,16(1):29-38. (in Chinese)
[4] 李扬汉. 中国杂草志 [M]. 北京:中国农业出版社,1998:81-82.
Li Y H. China weeds [M]. Beijing:China Agricultural Press,1998:81-82. (in Chinese)
[5] 谢宗强,陈志刚,樊大勇,等. 生物入侵的危害与防治对策 [J]. 应用生态学报,2003,14(10):1795-1798.
Xie Z Q,Chen Z G,Fan D Y,et al. Global consequences and control strategies of biological invasion [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2003,14(10):1795-1798. (in Chinese)
[6] 马敬能,孟 沙,张佩珊,等. 中国生物多样性保护综述 [M]. 北京:中国林业出版社,1998:20.
Ma J N,Meng S,Zhang P S,et al. Summary of China's biodiversity conservation [M]. Beijing:China Forestry Publishing House,1998:20. (in Chinese)
[7] 强 胜,曹学章. 外来杂草在我国危害性及其管理对策 [J]. 生物多样性,2001,9(2):188-195.
Qiang S,Cao X Z. Harmfulness of exotic weeds in China and for their management [J]. Chinese Biodiversity,2001,9(2):188-195. (in Chinese)
[8] 郭琼霞,虞 赞,黄可辉. 三种检疫性豚草的形态特征研究 [J]. 武夷科学,2005,2(1):69-71.
Guo Q X,Yu Y,Huang K H. Studies on the morphological characteristics among three kinds of ragweed weed [J]. Wuyi Science Journal,2005,2(1):69-71. (in Chinese)
[9] Abul-Fatih H A,Bazzaz F A. The biology of *Ambrosia trifida* L. IV. Demography of plants and leaves [J]. New Phytologist,1980,84(1):107-111.
[10] 曲秀春,刘祥君. 牡丹江市区发现三裂叶豚草 [J]. 中国林副特产,1999(4):58-59.
Qu X C,Liu X J. Mudanjiang found *Ambrosia trifida* [J].

- Quarterly of Forest by-product and Speciality in China, 1999 (4): 58-59. (in Chinese)
- [11] 祖元刚, 沙 伟. 三裂叶豚草和普通豚草的染色体核型研究 [J]. 植物研究, 1999, 19(1): 48-53.
Zu Y G, Sha W. A karyotypical study on *Ambrosia trifida* and *a. artemisiifolia* from China [J]. Bulletin of Botanical Research, 1999, 19(1): 48-53. (in Chinese)
- [12] 王大力, 祝心如. 三裂叶豚草的化感作用研究 [J]. 植物生态学报, 1996, 20(4): 330-337.
Wang D L, Zhu X R. Allelopathic research of *ambrosia trifida* [J]. Acta Phytocologica Sinica, 1996, 20(4): 330-337. (in Chinese)
- [13] 祝心如, 王 威, 赵国镇, 等. 三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida*) 对大豆根系生长及其结瘤的影响 [J]. 生态学报, 1997(4): 407-411.
Zhu X R, Wang W, Zhao G Z, et al. Effect of *Ambrosia trifida* on root growth and nodulation of soybean [J]. Acta Ecologica Sinica, 1997(4): 407-411. (in Chinese)
- [14] 王志西, 刘祥君, 高亦珂, 等. 豚草和三裂叶豚草种子休眠规律研究 [J]. 植物研究, 1999, 19(2): 159-164.
Wang Z X, Liu X J, Gao Y K, et al. Study on the dormancy law of seeds of *ambrosia artemisifolia* and *Ambrosia trifida* [J]. Bulletin of Botanical Research, 1999, 19(2): 159-164. (in Chinese)
- [15] 韩立芬, 田海义, 纪世强, 等. 秦皇岛地区大规模豚草生长及临床发病研究 [J]. 中华微生物学和免疫学杂志, 2001, 21(增刊): 39-41.
Han L F, Tian H Y, Ji S Q, et al. Study on the growth state of ragweed and relative clinical diseases in Qinhuangdao area [J]. Chinese Journal of Microbiology and Immunology, 2001, 21(S1): 39-41. (in Chinese)
- [16] 张金良, 杨维华, 张香云, 等. 北京地区三裂叶豚草封锁防治技术应用 [J]. 植物检疫, 1997, 11(5): 265-268.
Zhang J L, Yang W H, Zhang X Y, et al. The application of the technique of blockade and elimination giant ragweed in Beijing area [J]. Plant quarantine, 1997, 11(5): 265-268. (in Chinese)
- [17] 车晋滇. 北京市外来杂草调查及其防除对策 [J]. 杂草科学, 2004(2): 9-12.
Che J D. Beijing alien weeds and its control countermeasure investigation [J]. Weed Science, 2004(2): 9-12. (in Chinese)
- [18] 赵文学, 冉永正, 王翠萍, 等. 济南地区三裂叶豚草发生及防控措施 [J]. 植物检疫, 2004, 18(6): 370-374.
Zhao W X, Ran Y Z, Wang C P, et al. *Ambrosia trifida* prevent the occurrence and control measures of Jinan region [J]. Plant Quarantine, 2004, 18(6): 370-374. (in Chinese)
- [19] 沙 伟, 周福军, 祖元刚. 不同生境三裂叶豚草种群的遗传结构 [J]. 植物研究, 2000, 20(1): 94-98.
Sha W, Zhou F J, Zu Y G. The population genetic structure of *ambrosia trifida* in different environment [J]. Bulletin of Botanical Research, 2000, 20(1): 94-98. (in Chinese)
- [20] 王建军, 赵宝玉, 李明涛, 等. 生态入侵植物豚草及其综合防治 [J]. 草业科学, 2006, 23(4): 71-74.
Wang J J, Zhao B Y, Li M T, et al. Ecological invasion plant-Bitter weed (*Ambrosia artemisiifolia*) and integrated control strategy [J]. Pratacultural Science, 2006, 23(4): 71-74. (in Chinese)
- [21] 刘静玲, 冯树丹, 慕 颖. 豚草生态学特性及生防对策 [J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1997, 15(3): 61-67.
Liu J L, Feng S D, Mu Y. Ecological characteristics of the ragweeds and countmeasure of the biological weed control [J]. Journal of Northeast Normal University: Natural Science Edition, 1997, 15(3): 61-67. (in Chinese)
- [22] Hartmann H, Watson A K. Damage to *common ragweed* caused by the White Rust [J]. Weed Sci, 1980, 28(6): 632-635.
- [23] 孙 备, 李建东. 豚草防治研究进展 [J]. 农业现代化研究, 2005, 26(4): 317-320.
Sun B, Li J D. Research advance on control of *Common Ragweed* [J]. Research of Agricultural Modernization, 2005, 26(4): 317-320. (in Chinese)
- [24] 徐克学. 生物数学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 51-70.
Xu K X. Biomathematics [M]. Beijing: Science Press, 1999: 51-70. (in Chinese)
- [25] Harris P. Ragweed (*Ambrosia* sp. Compositae) its North American insects and the possibilities for its biological control [J]. CIBC Tech Bull, 1970, 13: 117-140.
- [26] Vajna L. Downy mildew epidemic on common ragweed in Hungary caused by *Plasmopara halstedii* [J]. Plant Pathology, 2001, 51(6): 809.
- [27] 李宏进, 李 萌, 李 丹. 豚草及其防治概况 [J]. 世界农业, 1998(8): 40-41.
Li H J, Li M, Li D. *Common ragweed* and its control sketch [J]. World Agriculture, 1998(8): 40-41. (in Chinese)
- [28] Taraas. Herbicide effect of essential oil [J]. Weed Sci, 2002, 50(4): 425-431.
- [29] 李秀梅. 恶性害草豚草的综合防治研究进展 [J]. 杂草科学, 1997(1): 7-10.
Li X M. Research advance on synthetic control of *Common Ragweed* [J]. Weed Science, 1997(1): 7-10. (in Chinese)
- [30] 周早弘, 戴凤凤. 运用植物替代控制豚草的蔓延和传播 [J]. 江西植保, 2003, 26(2): 68-70.
Zhou Z H, Dai F F. Control the extention and propagation of common ragweed with plant replacement [J]. Jiangxi Plant Protection, 2003, 26(2): 68-70. (in Chinese)