论文

中国知名大学及研究院所专栏 中国农业科学院植物保护研究所专辑

不同豚草防治区土表节肢动物多样性的比较

郑兴汶^{①②}, 陈红松^①, 罗敏^①, 郭薇^①, 李敏^①, 万方浩^①, 王建国^③, 周忠实^{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 江西省广昌县白莲产业发展局, 广昌 344900;

③ 江西农业大学农学院植物保护系, 南昌 330045

* 联系人, E-mail: zhouzhongshi@caas.cn

收稿日期: 2016-02-20; 接受日期: 2016-03-28; 网络版发表日期: 2016-05-25

国家自然科学基金(批准号: 31171908)资助

摘要 豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)是一种世界性恶性杂草,也是入侵我国的重要杂草之一,其不仅对入侵地的植物种群多样性造成极大的破坏,同时也严重危害土表节肢动物多样性. 世界各国都在积极地采取各项措施控制豚草的进一步扩散和危害,其中生物防治是一种高效、安全、经济的防治措施. 由此,通过小区试验比较了生物防治(广聚萤叶甲(*Ophraella communa*)和豚草卷蛾(*Epiblema strenuana*))区和化学药剂防治(农达)区内土表节肢动物多样性,并运用多样性指数、丰富度指数、优势集中性指数、均匀度指数等指标进行分析、评价. 通过对70个试验小区进行8次的系统取样调查,共采集到2个纲,13个目,86个科,16838个节肢动物个体,其中弹尾目、蜘蛛目、膜翅目、同翅目等的节肢动物是优势物种,弹尾目的个体数量是各科目之最,占总个体数的35.7%. 不同控制措施防治豚草,天敌昆虫豚草卷蛾和广聚萤叶甲防治小区的多样性指数、丰富度指数、均匀度指数均较化学药剂防治区和CK高,而优势集中性指数较化学药剂防治区和CK低. 生物防治各小区的各项指数随时间的波动性明显较化学防治区和CK的小,两种天敌昆虫防治的高梯度小区较低梯度的波动性稍小,联合防治小区较单一天敌防治小区的波动小. 可见,利用豚草天敌昆虫豚草卷蛾和广聚萤叶甲防治豚草对生态系统的节肢动物多样性具有明显的改善作用. 本研究结果进一步证实了可利用天敌昆虫豚草卷蛾和广聚萤叶甲防治豚草来恢复豚草发生区的生态系统,生态学意义深远.

关键词 豚草, 广聚萤叶甲, 豚草卷蛾, 农达, 节肢动物, 多样性

对生态系统和生物多样性造成严重危害是外来植物入侵发生的一个重要特点,即可造成本地物种不可弥补的消失甚至灭绝. 外来植物入侵不仅对当地植被多样性造成危害,同时也影响本地节肢动物

的多样性. 有研究表明,旱雀麦金(*Bromus tectorum*)、合欢属植物(*Acacia saligna*)、马樱丹(*Lantana camara*)、野烟树(*Solanum mauritianum*)等入侵植物均使得入侵地土壤节肢动物的物种数或物种的个体数

引用格式: 郑兴汶, 陈红松, 罗敏, 等. 不同豚草防治区土表节肢动物多样性的比较. 中国科学: 生命科学, 2016, 46: 673–690
Zheng X W, Chen H S, Luo M, et al. Comparison of the diversity of arthropods among plots with different control methods for common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.). Sci Sin Vitae, 2016, 46: 673–690, doi: 10.1360/N052016-00159

降低^[1-3], 入侵我国的紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)对其分布区的节肢动物多样性有明显的抑制作用^[4], 可见外来植物的入侵可在一定程度上减少入侵地节肢动物的种类和数量。

近年来, 外来物种入侵对当地生态生物多样性的影响已成为当今入侵生态学的研究热点, 通过考查外来植物入侵对地上和地下生态系统的影响来评价植物入侵的生态后果^[5]。在我国, 豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)对入侵地土壤节肢动物多样性影响已有报道^[6], 但在其防治后节肢动物多样性变化方面研究少见报道。鉴此, 本试验通过对两种天敌昆虫(广聚萤叶甲(*Ophraella communa*)和豚草卷蛾(*Epiblema strenuana*))和除草剂(农达(glyphosate))防控区内的土表节肢动物多样性调查, 旨在考察不同处理对其控制区内土表节肢动物多样性的影响, 为豚草生物防治的生态学意义评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

一次性塑料水杯(220 mL), 一次性塑料碗(360 mL), 一次性竹筷子, 75%酒精, 解剖镜, 镊子, 食盐, 离心管(3 mL)。

1.2 试验方法

(1) 试验处理及小区设置。本试验设豚草卷蛾、广聚萤叶甲、广聚萤叶甲和豚草卷蛾联合防治 3 种生物防治方法各 4 个不同释放密度处理, 以及化学防治 T₁₃(农达除草剂常规剂量: 有效成分 5.45 g/L)和空白对照(CK)各 1 个, 每个处理设 5 次重复, 共 70 个处理。3 种生物防治方法各处理的虫量密度如表 1 所示, 各小区的面积为 1.5 m×1 m。2009 年 4 月 27 日, 在湖南长沙朗梨的豚草试验地的试验小区中移植株高约为 10 cm 长势均一的豚草苗 20 株, 株行距分别为 25 和 30 cm, 之后用 40 筛目的纱网及竹竿进行笼罩。待豚草长至 60~70 cm 进行接虫和喷药处理, 各处理小区

表 1 两种天敌昆虫的不同释放密度

天敌	头/区(小区代码)			
叶甲	2(T ₁)	4(T ₂)	12(T ₃)	16(T ₄)
卷蛾	2(T ₅)	4(T ₆)	12(T ₇)	16(T ₈)
叶甲+卷蛾	2+2(T ₉)	4+4(T ₁₀)	12+12(T ₁₁)	16+16(T ₁₂)

随机分布。

(2) 采集工具制作。用一次性塑料杯(220 mL)作陷阱诱捕器; 一次性塑料碗(360 mL)在相对的方向处剪去两个小方形外缘, 然后, 将一次性竹筷的一头用小刀从中间解开, 并以解开的狭缝夹住碗壁, 以此作棚; 形成一套诱捕装置(图 1)。

(3) 陷阱设置。在各豚草防治小区中随机埋入一次性水杯(220 mL), 杯口朝上, 杯口边缘与土面齐平, 杯与土面间的缝隙用细土填实。在杯口上方安置棚, 防止雨水等落入杯中, 棚离杯口高 5~6 cm。塑料杯内装有 1/3 左右 6% 的食盐水(加有少量的洗衣粉)。

(4) 调查方法。于 2009 年 7~9 月对 70 个试验小区进行 8 次系统取样调查, 即分别于 7 月 4 日、7 月 13 日、7 月 22 日、7 月 31 日、8 月 10 日、8 月 19 日、8 月 29 日、9 月 7 日取样调查, 取样方法参照顾松东等人^[7]的方法。

(5) 样本处理。取得的食盐水样装于塑料瓶中(150 mL)并带回实验室, 挑出节肢动物, 按标号分装储存在 75% 的酒精中, 之后统一计数, 并在解剖镜下分类鉴定。

2 标本鉴定及数据处理

2.1 节肢动物鉴定参考书目及数据统计软件

节肢动物鉴定参考的书目: 《昆虫形态分类学》(忻介六等人, 1985); 《中国蝇类》(薛万琦等人, 1996); 《昆虫分类》(郑乐怡等人, 1999); 《周尧昆虫图集》(周尧, 2001); 《常见昆虫野外识别手册》(张魏魏等

图 1 土表节肢动物的诱捕器

人, 2004); 《中国潜蝇茧蜂》(陈家弊等人, 2005); 《昆虫分类学》(钟觉民, 1990); 《昆虫博物馆》(李湘涛等人, 2006); 《中国蜘蛛原色图鉴定》(冯钟琪等人, 1990); 《普通昆虫学》(彩万志等人, 2001); 《农业昆虫学》(丁锦花等人, 2001); 《农业昆虫学》(雷朝亮等人, 2003).

应用 SAS 8.01, ORING 8.0 和 Excel2003 软件对数据进行处理分析及作图.

2.2 数据处理与分析方法

本文采用以下几项节肢动物群落特征指标对不同控制区的土表节肢动物多样性进行评价分析^[8,9]:

(1) 物种丰富度 S . S 为群落中物种数, Margalef 丰富度指数 D_{Ma} ,

$$D_{Ma} = (S-1)/\ln n.$$

(2) 多样性指数. Shannon-wiener 多样性指数 (H'):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i,$$

式中 H' 为多样性指数, p_i 为第 i 种类占总个体数的比例.

Hill(1973)多样性指数(N_1), (N_2):

$$N_1 = e^{H'},$$

$$N_2 = 1/\lambda.$$

λ 为 Simpson 集中性概率指数:

$$\lambda = \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{n(n-1)},$$

式中 n_i 为样本中第 i 个物种的个体数, n 为样本全体的个体数的总和, S 为样本的物种数.

(3) 均匀性指数. Pielou 均匀度指数(J):

$$J = H'/H'_{\max},$$

式中 H' 为 Shannon-Wiener 信息指数; $H'_{\max} = \ln S$ 为 H' 的最大值.

Alatalo(1981)的均匀度指数(E_s):

$$E_s = (N_2 - 1)/(N_1 - 1),$$

式中 N_1 和 N_2 分别为 Hill(1973)多样性指数的 N_1 和 N_2 .

(4) 优势集中性指数(C).

$$C = \sum_{i=1}^S (N_i/N)^2,$$

式中 N_i 为样本中第 i 个物种的个体数, N 为样本全体的个体数的总和, S 为样本的物种数.

3 结果与分析

3.1 土表节肢动物的结构特征

共采集到 2 个纲, 13 个目, 86 个科, 16838 个节肢动物个体. 试验地内各节肢动物种类主要集中在蜘蛛目、鞘翅目、鳞翅目、膜翅目、半翅目、双翅目这 6 个目中, 在此 6 个目中分布了 70 个科的节肢动物, 为总科数的 81.4%, 占有绝大的数量优势, 其中蜘蛛目的科数最多, 为 15 个科, 占总科数的 17.4%, 鞘翅目次之, 为 13 个科, 占总科数的 15.1%. 从节肢动物个体数分布来看, 同翅目、膜翅目、蜘蛛目、弹尾目 4 个目的节肢动物个体数总和达 13939 只, 为群落总个体数的 82.78%. 其中弹尾目虽仅有 2 个科, 但其个体数量却是各科目之最, 2 科共计 6010 只, 占总个体数的 35.7%. 膜翅目和同翅目昆虫个体数量仅次于弹尾目的个体数. 由此可见, 在豚草的试验区弹尾目、蜘蛛目、膜翅目、同翅目等节肢动物是优势物种, 弹尾目尤其明显(表 2).

3.2 土表节肢动物群落的季节性变化

豚草试验区内的节肢动物个体数和类群数均随着生长季节的推移而有所增加, 个体数和类群数均在 8 月的中下旬达到峰值, 其中个体数最高值出现于 8 月 19 日, 为 2690 头, 而类群数最高值的出现要稍早于个体数峰值, 于 8 月 10 日达到峰值, 为 54 科. 豚草试验区域内节肢动物的个体数试验前期较试验后期多, 9 月 7 日最少, 仅为 1244 头, 而类群数恰好与个体数相反, 试验后期的较试验前期多, 最少的是 7 月 4 日的调查, 仅为 40 科(图 2). 由此可见, 在豚草营养生长旺盛的季节中土表节肢动物无论是个体数量还类群数量都处于最高峰, 而在豚草的生长前期和后期二者均较少, 尤其是后期其个体数量最低.

3.3 不同豚草控制措施对土表节肢动物功能团的动态影响

如图 3 所示, 当单种天敌广聚萤叶甲控制豚草的情况下, 各处理小区(T_1 , T_2 , T_3 , T_4)内跳虫类节肢动物均长期占据着优势, 8 月 19 日之后其种群数量急剧下降, 优势种地位削弱. 叶蝉类也有较强的种群优势, 为次优势种群, 其中 T_4 处理的叶蝉类昆虫数量在试验前期一度超过跳虫类的数量, 变化趋势与跳虫类相一致. 其余各类节肢动物亦存在季节性变化,

表 2 节肢动物群落的基本组成(湖南朗梨, 2009 年 7~9 月)

目	科数	个体数	科数比例(%)	个体数比例(%)
鞘翅目(Coleoptera)	13	628	15.1	3.70
鳞翅目(Lepidoptera)	11	91	12.8	0.50
直翅目(Orthoptera)	5	702	5.8	4.20
同翅目(Homoptera)	4	3106	4.7	18.40
膜翅目(Hymenoptera)	11	3524	12.8	20.90
半翅目(Hemiptera)	10	232	11.6	1.40
双翅目(Diptera)	10	737	11.6	4.40
蜘蛛目(Araneae)	15	1299	17.4	7.70
双尾目(Diplura)	1	3	1.2	0.02
缨翅目(Thysanoptera)	1	79	1.2	0.50
襁翅目(Plecoptera)	1	1	1.2	0.01
蜉蝣目(Aearin)	2	426	2.3	2.50
弹尾目(Thysanoptera)	2	6010	2.3	35.70

图 2 试验区内节肢动物生长的季节动态

个体数量较前两种的差异显著。

豚草卷蛾控制区中, 各处理小区内的各类土表节肢动物功能团动态主要以跳虫类节肢动物为优势种, 其动态变化在不同处理间有所差异(图 3)。T₅ 处理跳虫类节肢动物前期有较大的种群数量, 随着时间的推移其数量呈波动性的下降, 其优势种的地位最终被叶蝉类取代, 此处理的次优势种在不同时期是由不同种类节肢动物功能团扮演。其中 T₆ 处理的各节肢动物功能团变化波动性较大, 其主、次优势角色种主要由跳虫类、蚁类、叶蝉类和其他类 3 类节肢动物交替扮演。T₇、T₈ 处理的节肢动物功能团动态的变化趋势相似, 均以跳虫类和蚁类为主、次优势种。2 处理的跳虫类种群数量均是试验前期少中后期较多, 后期急剧下降。

两种天敌昆虫联合控制作用下, 如图 3 所示, 在试验前期跳虫类的种群数量均处于较低水平, 中后期其种群数量逐渐上升, 并达到峰值。T₉ 和 T₁₀ 处理蚁类节肢动物有较多的种群数量, T₁₁ 处理叶蝉类较多, 而 T₁₂ 有蜘蛛类节肢动物较多, 但均较跳虫类的

少, T₉ 除外。此外, 整个生长季节中, 其他类的节肢动物种群总数量最多的为 T₁₂ 处理。

化学除草剂(农达)处理和对照的土表节肢动物功能团动态如图 3 所示, 除草剂处理的小区其各类的种群数长期处于极低水平, 跳虫类的节肢动物长期为优势种群, 且在 7 月 22 日之后种群数有较大发展, 其他类节肢动物种群数量在后期逐渐上升, 代替跳虫类成为优势种群。对照组, 叶蝉类在前期较跳虫类多, 为优势种, 而到了 7 月 31 日之后跳虫类种群数量迅速上升, 取代了叶蝉类优势种地位。其他类群节肢动物功能团动态与化学除草剂处理的相似, 均处于 50 头/5 个陷阱以下水平, 尤其以寄生蜂类节肢动物功能团数量最低。

综合各处理节肢动物功能团变化可知, 化学防治和豚草对某类节肢动物有抑制作用, 减少了某些类群节肢动物的个体数量, 而生物防治豚草可以提高控制区内某些类群节肢动物数量。此外, 试验期间, 跳虫类节肢动物功能团在各处理中均为优势功能团, 尤以试验中后期数量较多, 可见化学防治和豚草对此类节肢动物的抑制作用不明显, 但对寄生蜂类抑制作用较强。

3.4 不同控制区内土表节肢动物群落多样性分析

从表 3 可知, 不同控制小区内土表节肢动物多样性指数存在显著性差异, 其中生物控制区各个处理的多样性指数均较化学除草剂处理和 CK 的高。化学除草剂和 CK 的物种丰富度指数和均匀度指数也呈现出相似规律, 均低于生物防治区的各个处理, 两者的集中性概率指数高于生物防治区的各处理(表 4)。由

图3 各处理小区内节肢动物功能团动态

T₁~T₄为广聚萤叶甲控制区(虫量分别为2, 4, 12, 16头/小区), T₅~T₈为豚草卷蛾控制区(虫量分别为2, 4, 12, 16头/小区)和 T₉~T₁₂为联合控制区(虫量分别为2+2, 4+4, 12+12, 16+16头/小区), T₁₃为化学除草剂(农达)控制区; CK为对照

表3 不同处理区内土表节肢动物多样性指数^{a)}

处理	多样性指数		
	Shannon-Wiener (H')	Hill (N_1)	Hill (N_2)
T ₁	1.976±0.064de	7.478±1.005bcd	4.438±0.603abc
T ₂	2.167±0.070abcd	8.818±0.650ab	5.295±0.439ab
T ₃	2.249±0.043ab	9.513±0.413ab	5.719±0.326a
T ₄	2.078±0.078bcd	8.080±0.620abcd	5.112±0.373ab
T ₅	2.100±0.060bcd	8.225±0.504abcd	4.884±0.212ab
T ₆	2.347±0.055a	10.515±0.563a	6.047±0.270a
T ₇	2.222±0.064abc	9.446±1.003ab	5.526±0.789ab
T ₈	2.001±0.055cd	7.440±0.421bcd	4.564±0.385abc
T ₉	2.127±0.072abcd	8.686±1.233abc	5.421±1.011ab
T ₁₀	2.137±0.078abcd	8.6545±0.826abc	5.271±0.567ab
T ₁₁	2.142±0.084abcd	8.881±1.246ab	4.925±0.644ab
T ₁₂	2.170±0.072abcd	9.175±1.322ab	5.277±0.819bc
T ₁₃	1.726±0.058f	5.655±0.321d	3.089±0.169d
CK	1.792±0.092ef	6.097±0.516cd	3.685±0.324bc
$F_{13,56}$	6.04	2.54	2.07
P	<0.0001	0.0081	0.0307

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

此可见, 生物防治丰富了防治区内土表节肢动物的物种数和物种数量, 具有改善生物多样性的作用, 可使防治区内的节肢动物群落趋于稳定.

3.5 不同控制区内土表节肢动物群落的特征系数动态

(1) 不同控制区内土表节肢动物多样性指数动

态. 由表 5 可知, 不同控制区内土表节肢动物多样性指数在时间序列上的差异均达到极显著水平. 不同处理在各时期中, 生物防治各处理内的节肢动物多样性指数总体上高于化学防治区和对照区, 尤其以两种天敌昆虫联合控制的各处理更为显著, 且各处理在不同时期都高于对照组的. 豚草卷蛾控制区在试验后期下降幅度较大, 在最后一次(9 月 7 日)的调查中其各处理的多样指数均较化学防治和对照组的低, 但无显著性差异.

不同处理的多样性指数在不同时期的变化中, T_{13} 和 CK 的波动性变化大, 尤其是 T_{13} , 其前期的多样性指数较低, 但随着时间的推移呈波动性上升. 在生物防治区中, 广聚萤叶甲控制区的 T_3 , T_4 和联合控制区的 T_{11} , T_{12} 处理的变化幅度较小, 豚草卷蛾控制区的各处理变化幅度相对较大(图 4).

可见, 生物防治并没有由于广聚萤叶甲和豚草卷蛾的介入而降低豚草区的多样性指数, 反而有一定的改善作用. 化学防治尤其是在前期对其防治区

表 4 不同控制小内土表节肢动物的均匀度指数、集中性概率指数、丰富度指数^{a)}

处理	均匀度指数		集中性概率指数	丰富度指数
	J	Es	λ	D_{Ma}
T_1	0.617±0.032bcd	0.533±0.050a	0.243±0.033bc	4.245±0.254abcd
T_2	0.673±0.027abc	0.547±0.011a	0.195±0.014c	4.445±0.051abc
T_3	0.695±0.008ab	0.553±0.020a	0.177±0.011c	4.566±0.140abc
T_4	0.642±0.021abcd	0.583±0.026a	0.200±0.015c	4.312±0.229abcd
T_5	0.674±0.012abc	0.542±0.027a	0.206±0.009c	4.157±0.287bcd
T_6	0.710±0.013a	0.531±0.009a	0.167±0.008c	5.070±0.198a
T_7	0.684±0.028ab	0.521±0.033ab	0.197±0.028c	4.796±0.324ab
T_8	0.656±0.020abc	0.550±0.037a	0.225±0.019bc	3.821±0.198cd
T_9	0.648±0.023abc	0.558±0.033a	0.204±0.026c	4.577±0.325abc
T_{10}	0.650±0.037abc	0.552±0.018a	0.200±0.025c	4.732±0.162ab
T_{11}	0.673±0.033abc	0.495±0.007ab	0.219±0.031bc	4.426±0.366abc
T_{12}	0.666±0.037abc	0.516±0.026ab	0.210±0.035bc	4.489±0.381abc
T_{13}	0.567±0.021d	0.447±0.009b	0.328±0.020a	3.597±0.191d
CK	0.592±0.025cd	0.525±0.022ab	0.280±0.026ab	3.544±0.151d
$F_{13,56}$	2.35	1.52	3.34	3.13
P	0.0139	0.1375	0.0008	0.0015

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

表 5 不同控制区内土表节肢动物多样性指数动态^{a)}

处理	多样性指数(H')							
	7 月 4 日	7 月 13 日	7 月 22 日	7 月 31 日	8 月 10 日	8 月 19 日	8 月 29 日	9 月 7 日
T_1	1.4033±0.0075cde	1.3470±0.0483bcd	1.6367±0.0495bc	1.3320±0.050c	1.7245±0.0420bc	1.4589±0.0426bc	1.6548±0.0399g	1.4340±0.0403bcde
T_2	1.5649±0.0151b	1.3281±0.0193cd	1.5583±0.0134c	1.5199±0.032ab	1.7097±0.0188bcd	1.1827±0.0238ef	1.7125±0.0407fg	1.8921±0.0407a
T_3	1.4113±0.0778cde	1.3561±0.0591bcd	1.3990±0.0233d	1.3721±0.0352c	1.7922±0.0073b	1.3796±0.0513cd	1.7365±0.0335defg	1.5717±0.0469b
T_4	1.2836±0.0161de	1.3525±0.0583bcd	1.4261±0.0461d	1.6404±0.0245a	1.5907±0.0411e	1.3099±0.0369d	1.8268±0.0265bcde	1.8026±0.0484a
T_5	1.3343±0.0184de	1.3548±0.0566bcd	1.8119±0.0369a	1.5181±0.0333ab	1.4525±0.0425f	1.3527±0.0449cd	1.7115±0.0381fg	1.3459±0.0519de
T_6	1.2892±0.0320de	1.1814±0.0358e	1.5879±0.0270c	1.5417±0.0468a	2.0009±0.0367a	1.778±0.0362a	1.8408±0.0283bcd	1.3139±0.0147de
T_7	1.4442±0.0374bcd	1.4866±0.0324b	1.7262±0.0302ab	1.4152±0.0201bc	1.7860±0.0444b	1.1337±0.0302f	1.9955±0.0351a	1.4123±0.0471cde
T_8	1.3534±0.0370de	1.4350±0.0372bc	1.7503±0.0442ab	1.2032±0.0581d	1.6567±0.032cde	1.2661±0.0286de	1.7456±0.0254defg	1.3264±0.0463e
T_9	1.3840±0.1201de	1.2376±0.0448de	1.6632±0.0439bc	1.5208±0.0448ab	1.8011±0.0321b	1.1997±0.0271ef	1.7865±0.0309cdef	1.4656±0.0656bcd
T_{10}	1.8090±0.0403a	1.3941±0.0621bc	1.5581±0.0190c	1.5776±0.039a	1.7518±0.0427bc	1.3253±0.0316d	1.7705±0.0452cedf	1.5127±0.0445bc
T_{11}	1.5248±0.0428bc	1.4954±0.0689b	1.6680±0.0375bc	1.4110±0.045bc	1.5930±0.0265e	1.3580±0.0352cd	1.8580±0.0404bc	1.4958±0.0463bc
T_{12}	1.5725±0.0378b	1.6376±0.0398a	1.3697±0.0408d	1.5997±0.0247a	1.6134±0.0200de	1.5271±0.0273b	1.8992±0.0404ab	1.7622±0.0345a
T_{13}	0.6204±0.0326f	0.9549±0.0355f	1.4332±0.0420d	1.1985±0.0116d	0.9203±0.0248g	1.1313±0.0405f	1.4936±0.0318h	1.4592±0.0248bcde
CK	1.2709±0.0539e	1.1723±0.0198e	1.2409±0.0405e	1.334±0.0520c	0.9856±0.0494g	0.7765±0.0359g	1.7254±0.0285efg	1.4584±0.0528bcde
$F_{13,56}$	28.35	12.74	20.10	13.30	75.10	40.10	11.80	16.08
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

图4 不同时期内各处理的土表节肢动物多样性指数动态

平均值±标准误; 图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

内的节肢动物多样性有较大的影响, 明显地减低了其防治区内的物种多样性。

(2) 不同控制区内土表节肢动物丰富度动态. 不同处理小区内土表节肢动物的物种丰富度在不同时期内均存在显著性差异, 在8月10日和9月7日的各处理差异更为显著. 8月10日, 联合控制区各处理的物种丰富度均高于其他处理, T_{12} 处理的最高, 达11.4. 化学防治和对照组的物种丰富度均较低(表6).

由图5所示, 各处理的物种丰富度均随着时间的推移呈波动性增长, 到了后期有所减低. 其中化学除草剂的 T_{13} 处理波动性变化最为激烈, 而单一昆虫防治区中的广聚萤叶甲和联合控制区的变化较平稳.

由此表明, 用广聚萤叶甲和豚草卷蛾控制豚草时增加了其防治区内的物种数, 有利于维持较稳定的节肢动物群落, 而化学除草剂农达的使用, 由于植物多样性大大地降低以致其防治区内的节肢动物的物种数也相应的减少, 从而形成较单一的群落, 严重影响生态环境.

(3) 不同控制区内土表节肢动物均匀性指数动态. 从表7可知, 不同处理小区内土表节肢动物均

匀性指数在时间序列上存在极显著性差异, 而到了试验末期由于各处理的物种数和优势种个体数的减低, 各处理间差异有所减弱. 试验前期, CK 的节肢动物物种数少且各物种的个体数处于较低水平, 由此其均匀度指数较高, 尤其在7月4日显著高于其他处理. T_{13} 内的节肢动物均匀性指数在试验的各个时期中均低于生物防治的各处理, 除7月13日和7月22日外.

不同控制区内土表节肢动物均匀度指数均呈现先降后增的变化规律, 其中对照组表现的尤为明显, 且在试验末期各处理均有较高的均匀性指数(图6). 各处理在不同时期的变化中, CK 的变化波动性最大, T_{13} 的次之, 而生物防治区中的 T_{11} , T_{12} 处理变化较平稳, 这以生物防治区内维持相对稳定的物种数和物种个体数有关.

(4) 不同控制区内土表节肢动物集中性指数动态. 从表8中可知, 不同时期各处理小区内土表节肢动物集中性指数存在极显著性差异. 各时期内, 除草剂处理的优势种节肢动物个体数所占比例较其他处理的高, 因此其节肢动物集中性指数均高于生物防治的各个处理, 豚草卷蛾的各处理除外. T_{10} , T_{11} ,

图 5 不同时期各处理的节肢动物物种丰富度动态

平均值±标准误; 图中不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)表 6 不同控制小区内土表节肢动物丰富度动态^{a)}

处理	丰富度(S)							
	7月4日	7月13日	7月22日	7月31日	8月10日	8月19日	8月29日	9月7日
T ₁	5.6±0.9bc	9.4±0.51a	8.6±0.7a	6.2±0.8cd	10.0±0.6ab	8.2±0.4abcd	8.0±0.4bc	5.6±0.2efgh
T ₂	7±0.7ab	6.4±0.7cdef	7.4±0.8abc	7.8±0.4abc	9.0±0.3bc	6.6±0.2de	8.6±0.4bc	8.4±0.5ab
T ₃	6.6±1.1ab	6.6±0.5bcdef	7.8±0.5ab	7.4±0.5abcd	8.8±0.7bc	7.0±0.5cde	7.2±0.6c	7.6±0.4bc
T ₄	5.4±1.2bc	8.4±0.5abc	8.0±0.6a	7.6±0.5abc	8.8±0.6bc	8.2±0.4abcd	8.4±0.2bc	7.2±0.5bcd
T ₅	4.8±0.5bc	7±0.5bcdef	8.4±0.4a	7.6±0.5abc	6.6±0.8cde	6.0±0.5e	7.4±0.7bc	5.0±0.5gh
T ₆	5.4±0.8bc	6.2±0.5def	6.0±0.6bc	7.8±0.7abc	12.0±0.7a	9.6±0.8a	8.6±0.5bc	4.4±0.
T ₇	6.2±0.7b	6.8±0.6cdef	7.4±0.2abc	6.0±0.6cd	8.4±0.7bc	7.8±0.4bcd	9.0±0.7ab	5.8±0.5defgh
T ₈	6.2±0.7b	8.6±0.8ab	8.2±0.5a	6.6±0.9bcd	8.2±0.5bcd	7.0±0.6cde	7.4±0.4bc	5.2±0.4fgh
T ₉	6.2±0.9b	7.2±0.5bcde	8.6±0.9a	9.2±0.4a	9.0±0.8bc	8.0±0.7abcd	8.6±0.6bc	6.4±0.4cdef
T ₁₀	8.8±0.9a	7.6±0.8abcde	7.8±0.7ab	8.4±0.6ab	9.0±0.6bc	8.6±0.8abc	7.8±0.6bc	6.6±0.8cdef
T ₁₁	6±0.3b	7.8±0.9abcd	8.2±0.6a	7.0±0.5bcd	10.0±0.7ab	7.0±0.3cde	7.4±0.5cb	6.6±0.4cdef
T ₁₂	6.6±0.5ab	8±0.7abcd	7.2±0.7abc	7.8±0.4abc	11.4±0.9a	9.2±0.5ab	10.2±0.4a	9.6±0.2a
T ₁₃	3.2±0.4c	5.6±0.5ef	7.4±0.5abc	7.8±0.6abc	5.4±0.9e	9.0±0.7ab	7.4±0.5bc	6.8±0.6cde
CK	4.6±0.7bc	5.0±0.6bf	5.8±0.7c	5.8±0.4d	6.0±1.2ed	7.2±0.4dce	7.4±0.4bc	6.2±0.2cedfg
F _{13,56}	2.84	3.85	2.60	2.88	6.13	3.85	2.85	9.90
P	0.0034	0.0002	0.0067	0.003	<0.0001	0.0002	0.0033	<0.0001

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

T₁₂处理的集中性指数在试验各时期均低于CK, 而豚草卷蛾控制区的各处理在9月7日均高于CK.

各处理中的土表节肢动物集中性指数在时间序列上均呈波动性的上升下降(图7). 在7月4日、7月

13日、8月19日的调查中, 各处理的集中性指数达较高水平, T₆处理除外. 这是由于在前期物种数少, 优势物种的个体数占有较高的比例, 而到了试验中期(8月19日)虽然各处理内的物种数有增加, 但优势

图 6 不同时期各处理的节肢动物均匀度指数动态
平均值±标准误; 图中不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

表 7 不同控制小区内土表节肢动物均匀度指数动态^{a)}

处理	均匀度指数(J)							
	7月4日	7月13日	7月22日	7月31日	8月10日	8月19日	8月29日	9月7日
T ₁	0.8398±0.0220ab	0.6072±0.0346f	0.7542±0.0224cd	0.7556±0.0234abc	0.7729±0.0314bcd	0.7049±0.0285bc	0.8126±0.0283bc	0.8654±0.0284abc
T ₂	0.8177±0.0319bcd	0.7095±0.0348bcde	0.7851±0.0451bcd	0.7421±0.0182abc	0.7776±0.0248bcd	0.5982±0.0218efg	0.8070±0.0333bc	0.9163±0.0123a
T ₃	0.7306±0.0319ef	0.7124±0.0155bcde	0.7165±0.0402cd	0.6804±0.0179dc	0.838±0.0230abc	0.7404±0.0225ab	0.8802±0.0285ab	0.8411±0.0351abc
T ₄	0.7508±0.0167cdef	0.6431±0.0403ef	0.7033±0.0410cd	0.8169±0.0228a	0.7417±0.0228cde	0.6159±0.037def	0.8705±0.0217abc	0.9180±0.0087a
T ₅	0.7484±0.037def	0.6966±0.0317decf	0.8458±0.0190ab	0.7766±0.0049abc	0.9082±0.0244a	0.7554±0.0075bc	0.8640±0.0289abc	0.8521±0.023abc
T ₆	0.7792±0.0183bcde	0.7122±0.0224bcde	0.8958±0.0151a	0.7855±0.0223ab	0.8450±0.0221ab	0.8003±0.0118a	0.8651±0.0239abc	0.9102±0.0322a
T ₇	0.8020±0.0335bcde	0.8018±0.0107ab	0.8612±0.0153ab	0.7899±0.0410ab	0.7913±0.0457bcd	0.5616±0.0201fg	0.9141±0.0131a	0.8971±0.0394ab
T ₈	0.8168±0.0191bcd	0.6873±0.0281cdef	0.8643±0.0214ab	0.6457±0.0261de	0.7669±0.04196bcd	0.6593±0.0217cde	0.8955±0.0204ab	0.8382±0.0189abc
T ₉	0.6873±0.0258f	0.6505±0.0395def	0.7870±0.0195bc	0.6932±0.0234bcd	0.8962±0.0199a	0.5787±0.0302fg	0.8526±0.0361abc	0.8098±0.0365c
T ₁₀	0.8322±0.0295abc	0.7320±0.0140bcde	0.7745±0.0175bcd	0.7579±0.0297abc	0.8188±0.0397abc	0.6212±0.0269def	0.8770±0.0158abc	0.8156±0.0099bc
T ₁₁	0.8522±0.0186ab	0.7720±0.0243abc	0.7491±0.0234cd	0.7296±0.0470abcd	0.7123±0.0304def	0.6898±0.0211bcd	0.9177±0.0146a	0.8716±0.0177abc
T ₁₂	0.8357±0.0226ab	0.8394±0.0224a	0.6958±0.0374cd	0.8110±0.039a	0.6631±0.0362efg	0.6891±0.0274bcd	0.8322±0.0340abc	0.8044±0.0224c
T ₁₃	0.5950±0.0200g	0.7022±0.0346bcdef	0.7472±0.0231cd	0.5855±0.0334e	0.6279±0.0288gf	0.5372±0.0285g	0.7867±0.0337c	0.7896±0.0149c
CK	0.9044±0.0227a	0.7483±0.0476abcd	0.6916±0.0326d	0.7753±0.0377abc	0.571±0.0299g	0.3964±0.0247h	0.8757±0.0336abc	0.8382±0.028abc
F _{13,56}	9.26	4.14	5.59	5.01	9.84	17.91	2.06	2.88
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0315	0.003

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

种的繁殖力强, 依旧占据着较高比例。
由此可知, 豚草和除草剂对部分种类的节肢动物抑制强, 减少了节肢动物的物种数和物种数量, 优势种占有较高的比例。而生物防治则改善了豚草对

图 7 不同时期各处理的节肢动物集中性指数动态

平均值±标准误; 图中不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)表 8 不同控制小区内土表节肢动物优势集中性指数动态^{a)}

处理	优势集中性指数(C)							
	7月4日	7月13日	7月22日	7月31日	8月10日	8月19日	8月29日	9月7日
T ₁	0.2970±0.0090ef	0.3716±0.0055bc	0.2763±0.0080d	0.2794±0.0063g	0.2674±0.0089e	0.3448±0.0073fg	0.2844±0.0075b	0.2931±0.0055de
T ₂	0.2756±0.0095f	0.3653±0.0084c	0.2497±0.0054ef	0.3199±0.0061de	0.2606±0.0060ef	0.4469±0.0038d	0.2607±0.0058c	0.1757±0.0052i
T ₃	0.3685±0.0124c	0.3376±0.0072cd	0.3262±0.0063c	0.35849±0.0070c	0.2178±0.006g	0.3403±0.0037g	0.2193±0.0064de	0.2655±0.0045f
T ₄	0.4304±0.0226b	0.3878±0.0032bc	0.3247±0.0062c	0.2437±0.0057h	0.3041±0.0061d	0.4254±0.0069e	0.2025±0.0056f	0.1915±0.0039h
T ₅	0.3619±0.0100cd	0.3676±0.0568c	0.2260±0.0069h	0.2974±0.0068f	0.2744±0.0069e	0.3591±0.0028f	0.2324±0.0022d	0.3103±0.0039bc
T ₆	0.3540±0.0177cd	0.4236±0.0096b	0.2375±0.0071fgh	0.3023±0.0025ef	0.1895±0.0034h	0.2571±0.0037i	0.2179±0.0062def	0.3000±0.0054bc
T ₇	0.3393±0.0113cd	0.3049±0.0035d	0.2343±0.0081fgh	0.3312±0.0087d	0.2599±0.0050ef	0.3144±0.0068h	0.1703±0.0028g	0.3101±0.0041bc
T ₈	0.3537±0.0085cd	0.3355±0.0099cd	0.2282±0.0066gh	0.4325±0.0077b	0.2993±0.0033d	0.4125±0.0079e	0.2210±0.0051de	0.3346±0.0048a
T ₉	0.4142±0.0066b	0.4215±0.0049b	0.2479±0.0082efg	0.3317±0.0068d	0.2063±0.0039g	0.4901±0.0049c	0.2260±0.0054d	0.3243±0.0066ab
T ₁₀	0.1712±0.0047g	0.3361±0.0043cd	0.3093±0.0065c	0.3056±0.0034ef	0.2443±0.0045f	0.4458±0.0070d	0.2082±0.0055ef	0.2884±0.0054e
T ₁₁	0.2642±0.0021f	0.2990±0.0046d	0.2847±0.0063d	0.3606±0.0058c	0.3319±0.0075c	0.3381±0.0086g	0.1782±0.0010g	0.2724±0.0065f
T ₁₂	0.2730±0.0049f	0.2493±0.0112e	0.2672±0.0054de	0.2470±0.00716h	0.3332±0.0038c	0.3469±0.0056fg	0.2243±0.0037ed	0.2480±0.0042g
T ₁₃	0.6503±0.0172a	0.4992±0.0073a	0.3533±0.0024b	0.4795±0.0067a	0.4927±0.0063b	0.5107±0.0053b	0.3381±0.0069a	0.3099±0.0054bc
CK	0.3301±0.0111de	0.3844±0.0131bc	0.4065±0.0065a	0.4795±0.0049d	0.5733±0.0039a	0.6753±0.0044a	0.2251±0.0065ed	0.2956±0.00295cde
$F_{13,56}$	85.17	13.29	67.17	103.71	363.42	317.5	62.65	89.36
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

a) 平均值±标准误; 表中同列平均数后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

部分节肢动物的抑制作用。

4 讨论

生物多样性是生态系统的一个重要特征,是生态系统抵御逆境、抗干扰能力以及稳定与否的一个重要评价指标。入侵植物正是通过破坏生物多样性进而对其入侵地的生态系统造成重大影响。据报道,互花米草(*Spartina alterniflora*)入侵光滩后,造成入侵地的无脊椎动物的种群数量和物种丰富度显著减少,降低了底栖无脊椎动物的多样性^[10];入侵杂草紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*)对地表节肢动物的多样性有着明显的抑制作用^[11];黄顶菊(*Flaveria bidentis*)可引起其入侵地的地表动物多样性升高^[12]。豚草是我国重要的入侵杂草,对入侵地生态系统造成严重的破坏,世界各国都在积极地采取各项措施控制其危害,旨在恢复当地的生态系统^[13]。

节肢动物多样性是生物多样性的一个重要组成部分,而在研究节肢动物群落多样性中,有研究表明以分类学上的科为标准划分的类群多样性与物种多样性具有异曲同工之妙,可起到相同的评价作用^[14]。本文采用了此方法,以科为标准划分的类群多样性来探索不同措施控制豚草对其土表节肢动物多样性的影响,同时还采用了节肢动物功能团来进行多重评价。

本试验结果表明,弹尾目昆虫在各试验处理内为第一优势种群,而弹尾虫是生活在潮湿环境中,主要的食物是腐植质、地衣、菌类,而本试验地处水稻田、池塘边有较潮湿的环境,适应弹尾虫生活。与前人研究的结果一致^[6,15]。

人们对外来入侵植物治理的目标是利用化学或生物的方法去除外来入侵植物,然后通过土著植物

的自然恢复或者人工种植达到初级生产者的重新建立,从而使得相关各土著动物类群恢复到原来的水平^[16]。2006年,Gratton和Denno^[17]对美国特拉华湾(Delaware Bay)盐沼湿地大型修复工程的生物多样性进行了全面深入的研究,发现去除入侵植物芦苇,恢复土著植物互花米草之后,修复区域的物种组成很快得到恢复,节肢动物之间的营养相互作用关系也恢复到了原来的水平。本文各项指数分析表明,本试验运用的两种天敌昆虫对其防控区域土表节肢动物多样性没有造成负面的影响,反而在一定程度上改善了其防治区内的节肢动物多样性,丰富物种种类。从而可推测,通过利用广聚萤叶甲和豚草卷蛾防治豚草,豚草入侵地节肢动物之间的营养关系亦有望恢复到入侵前的水平。

在前人的研究中,有些化学除草剂对某些昆虫有直接的杀灭作用,如磺乐灵(nitralin)可导致弹尾虫的死亡率高达57.89%^[18],草胺磷(glufosianate)对异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)的一龄、四龄幼虫及蛹有较高的致死率^[19]。而农达在之前的研究发现,其对水葫芦象甲(*Neochetina eichhorniae*)、盾负泥虫(*Lema scutellaris*)均无直接的杀伤作用^[20,21]。本研究结果显示,化学除草剂(农达)降低了其防治区内的节肢动物多样性,在其防治的前期影响作用尤为明显。这是由于防治区内植物多样性的极度降低,从而引发的食物链反应,导致一些昆虫等节肢动物多样性的降低,还是农达本身对一些类群的节肢动物有杀伤或驱避作用,有待于进一步的研究。

利用豚草天敌昆虫豚草卷蛾和广聚萤叶甲防治豚草对豚草分布区内的节肢动物多样性有一定的改善作用,二者联合控制的改善作用更加显著。由此可见,利用二者联合控制豚草不仅具有良好的经济效益,同时也具有深远的生态学意义。

参考文献

- 1 Belnap J, Phillips S L. Soil biota in an ungrazed grassland: response to annual grass (*Bromus tectorum*) invasion. *Ecol Appl*, 2001, 11: 1261–1275
- 2 French K, Major R E. Effect of an exotic *Acacia* (Fabaceae) on ant assemblages in South African fynbos. *Austral Ecol*, 2001, 26: 303–310
- 3 Samways M J, Caldwell P M, Osborn R. Ground-living invertebrate assemblages in native planted and invasive vegetation in South Africa agriculture. *Ecosyst Environ*, 1996, 59: 19–32
- 4 陈慧丽,李玉娟,李博,等.外来植物入侵对土壤生物多样性和生态系统过程的影响. *生物多样性*, 2005, 13: 555–565
- 5 王文琪,王进军,赵志模,等.不同生境紫茎泽兰对生态群落中节肢动物多样性的影响. *西南大学学报(自然科学版)*, 2009, 31:

14–20

- 6 孙刚, 房岩, 殷秀琴. 豚草发生地土壤昆虫群落结构及动态. 昆虫学报, 2006, 49: 27–276
- 7 顾松东, 国耀华, 郑伯平, 等. 星豹蛛在丘陵山地的活动规律初步研究. 昆虫天敌, 2006, 28: 139–144
- 8 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京: 科学出版社, 2002
- 9 周忠实. 烟田斜纹夜蛾种群生态控制研究. 硕士学位论文. 广州: 华南农业大学, 2007
- 10 Luiting V T, Cordell J R, Olson A M, et al. Does exotic *Spartina alterniflora* change benthic invertebrate assemblages. In: Pattern K, ed. proceeding of the second International Spartina Conference. Olympia: Washington State University, 1997
- 11 亓东明. 紫茎泽兰入侵地不同林分类型地表节肢动物的群落多样性. 江苏农业科学, 2014, 42: 375–377
- 12 刘宁, 付卫东, 张国良, 等. 黄顶菊入侵对不同生境地表土壤动物群落的影响. 生态学杂志, 2014, 33: 176–183
- 13 陈红松. 豚草卷蛾和广聚萤叶甲对豚草的联合控制作用. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学, 2009
- 14 高书晶, 庞保平, 周晓榕, 等. 麦田昆虫群落结构及多样性的季节动态. 昆虫知识, 2006, 43: 295–299
- 15 孙刚, 殷秀琴, 祖元刚. 豚草发生地土壤动物的初步研究. 生态学报, 2002, 22: 599–611
- 16 Palmer M A, Ambrose R F, Poff N L. Ecological theory and community restoration ecology. Restorat Ecol, 1997, 5: 291–300
- 17 Gratton C, Denno R F. Arthropod food web restoration following removal of an invasive wetland plant. Ecol Appl, 2006, 16: 622–631
- 18 Ahn Y J, Kim Y J, Yoo J K. Toxicity of the herbicide glufosinate-ammonium to predatory insects and mites of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. J Econ Entomol, 2001, 94: 157–161
- 19 Khalil F A, Tadros M S. Influence of some herbicides on collembolan population occurring in soil cultivated with *Cladiolus hortulans*. Ann Agri Sci, Moshtohor, 1984, 20: 101–107
- 20 丁建清, 王韧, 付卫东, 等. 农达对水葫芦象甲的影响. 中国生物防治, 1998, 14: 152–155
- 21 刘建宏, 张秀荣, 宋东宝. 几种化学除草剂对盾负泥虫影响的初步测定. 吉林农学报, 1999, 21: 29–32

Comparison of the diversity of arthropods among plots with different control methods for common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.)

ZHENG XingWen^{1,2}, CHEN HongSong¹, LUO Min¹, GUO Wei¹, LI Min¹, WAN FangHao¹, WANG JianGuo³ & ZHOU ZhongShi¹

¹ State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

² Guangchang Industrial Development Bureau of White Lotus, Guangchang 344900, China;

³ Department of Plant Protection, Agricultural college, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, 330045, China

Common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia* L., is a noxious weed occurring worldwide, and is an invasive weed species in China. It destroys the diversity of not only plant populations, but also aboveground arthropods. Several different measures have been implemented for controlling the propagation of *A. artemisiifolia* and the subsequent damage. Of these, biological control is a highly efficient, safe, and economical approach. Therefore, in the present study, the diversity of aboveground arthropods under biological control (*Ophraella communa* & *Epiblem astreuan*) and chemical control (Glufosianate) was compared, and diversity index, richness index, dominant concentration index, and evenness index were evaluated. Eight surveys were conducted in 70 experimental plots during the growth season of *A. artemisiifolia*, and 16838 arthropod specimens from 2 classes, 13 orders, and 86 families were collected. Collembola, Araneae, Hymenoptera, and Homoptera were the dominant groups; individuals belonging to Collembola were the most abundant, which accounted for 35.7% of the total number of individuals. When different control measures were compared, the diversity index, richness index, and evenness index were found to be significantly higher in the biological control (*O. communa* & *E. astreuan*) plots than in the chemical control plots and control (CK) plots, but dominant concentration index was significantly lower in biological control plots than in the chemical control plots and CK plots. More significant changes in different indices were observed in biological control plots than in chemical control and CK plots. Fluctuations in different indices were smaller under high-density treatments than under low-density treatments with the two biological control agents (*O. communa* & *E. astreuan*); they were also smaller under coordinated biological control treatments with *O. communa* and *E. astreuan* than under single biological control treatments. Our results suggest that biological control of *A. artemisiifolia* with *O. communa* & *E. astreuan* can promote the diversity of arthropods, and thus, can aid in the restoration of the ecosystem in areas invaded by *A. artemisiifolia*, indicating the ecological significance of this biological control method.

***Ambrosia artemisiifolia*, *Ophraella communa*, *Epiblem astreuan*, glufosianate, arthropods, diversity**

doi: 10.1360/N052016-00159