

越北腹露蝗 (*Fruhstorferiola tonkinensis* Will.) 发生 与粤北河滩植物群落的关系

张振飞, 吴伟坚*, 梁广文

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:用普查法研究广东省北部地区越北腹露蝗 *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. 严重发生河滩植物群落, 鉴定出分属于 43 个科的植物 106 种, 同时记录下植物群落中植物种名、平均高度、聚生多度、总覆盖率、物候相和生活力, 分析了河滩植物群落的植物相似性和丰富度以及优势种数量特征和属性标志, 结果表明河滩植被的搭配和空间分布为越北腹露蝗在粤北大发生提供了独特的生境; 另外结合各河滩植物群落进行越北腹露蝗 1 龄蝗蚰虫口密度调查, 根据调查结果对越北腹露蝗发生与植物群落的关系进行偏相关分析, 分析结果显示枫杨是越北腹露蝗最嗜性植物, 其覆盖度与越北腹露蝗发生密度呈极显著相关, 偏相关系数为 0.856 ($F=32.9201, P=0.0001$), 小簕竹是越北腹露蝗非嗜性植物, 其覆盖度与越北腹露蝗的发生密度呈显著的负相关, 偏相关系数为 -0.613 ($F=0.1617, P=0.021$), 据此提出了一些控制粤北河滩越北腹露蝗的新举措。

关键词:越北腹露蝗 (*Fruhstorferiola tonkinensis* Will.); 植物群落; 枫杨

文章编号: 1000-0933(2008)06-2663-11 中图分类号: Q143, Q948, Q968 文献标识码: A

The relationship between plant communities and outbreak of *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. in riversides of Northern Guangdong Province, China

ZHANG Zhen-Fei, WU Wei-Jian*, LIANG Guang-Wen

Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2663 ~ 2773.

Abstract: *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. is a native grasshopper species which has been eruptive in the north of Guangdong Province, China, during the latest 10 years. This species of grasshopper prefers plants which growing at the flood land of riversides. After a field all-investigation on plant communities of the riversides in northern Guangdong province where *F. tonkinensis* population had been outbreak heavy using all-survey method, 106 species of plants belonging to 43 families had been identified, and some indexes of plants in those plant communities including flora, average height, congregation index, total coverage rate, phenological phase and biodiversity were noted. Simultaneously, plant comparability, plant abundance, quantity character and attribute symbol of dominant species of riversides' plant communities were analyzed. The results showed that the vegetation systems in riversides offered a favorable habitat for *F. tonkinensis*. The

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30671373); 国家重点基础研究发展资助项目(2006CB100206); 广东省蝗虫防治经费资助项目(粤财农 0350, 05358)

收稿日期:2007-03-03; **修订日期:**2007-11-07

作者简介:张振飞(1981~), 男, 湖南省衡东县人, 博士生, 主要从事蝗虫化学生态学研究. E-mail: sunny8120@163.com

* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: weijwu@scau.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30671373), the Major State Basic Research Development Program of China (No. 2006CB100206) from the Ministry of Science and Technology and Guangdong Province grasshopper control outlay (No. 0350, 05358)

Received date:2007-03-03; **Accepted date:**2007-11-07

Biography: ZHANG Zhen-Fei, Ph. D., mainly engaged in grasshopper chemical ecology. E-mail: sunny8120@163.com

density of 1st instar nymph grasshoppers in plant communities was sampled and a partial correlation analysis (PCA) on the relationship between plant communities and outbreak of *F. tonkinensis* showed that *Pterocarya stenoptera* C. DC. is most palatable plant to *F. tonkinensis* due to its significant positive correlation with the population densities of *F. tonkinensis*, the partial correlation coefficient (PCC) = 0.856, $F = 32.920$, $P = 0.0001$; while *Bambusa flexuosa* was non-preferable plant of *F. tonkinensis* and $PCC = -0.613$, $F = 0.1617$, $P = 0.021$. On the basis of the characteristic of outbreak of *F. tonkinensis*, a series of ecological control methods were discussed preliminarily.

Key Words: *Fruhstorferiola tonkinensis* Will.; plant community; *Pterocarya stenoptera* C. DC

越北腹露蝗 *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. 属直翅目斑腿蝗科,腹露蝗属,个体较小,色褐,多食性,喜阴凉,多在沿河两岸生存。该虫蝗蝻喜跳跃,成虫可近距离迁飞,每年8、9月在河滩、沙坝等疏松且平实的土壤中产卵^[1]。1988年,首次报道该虫在粤北阳山县杜步镇发生为害,为害面积不到0.02 hm²^[2]。此后每年均有暴发,范围不断扩大,至2003年,为害面积已经扩大到20000 hm²,范围已由原来的杜步镇扩展到连州、连南、连山、阳山、英德、韶关六县(市)50多个乡镇^[2,3]。

植物群落作为生境的重要组成部分,其构成、分布以及变化对于昆虫种群动态变化、种群的兴起和消亡有着重要的影响^[4~10]。有人曾分析了多种蝗虫和植物群落之间的关系,认为蝗虫发生与植物群落之间存在着重要联系,首先从宏观层面植物群落提供了蝗虫种群消长及聚散变化的动力学基础;而微观层面植物群落则提供了蝗虫种群变动所需的食物资源、植被类型和结构以及蝗虫生长发育所必需的阳光和温湿度等^[11~18]。对沙漠蝗的研究结果表明植物群落构成会影响沙漠蝗生物型的分化,实验中将十株沙漠蝗的寄主植物分散布置,不会促使沙漠蝗由散居型向群居型的转变,但是如果把十株寄主植物集中放在一起,就会促使沙漠蝗由散居型转变为群居型^[19~21]。

越北腹露蝗与其它种类蝗虫一样,其种群的建立、繁衍以及消亡与所栖息的环境是密不可分的。该虫最早在越南北部地区发现,此后在广西东部和南部地区报道有零星发生,但在上述地区均没有爆发成灾^[1]。但自1988年在广东省阳山县杜步镇发现为害以后,危害面积逐年扩大,到2004年已经发展到清远市和韶关市的近50个乡镇^[2]。笔者对广东省阳山县境内4个越北腹露蝗发生河滩的植物群落和虫口密度进行详细调查,认真探讨越北腹露蝗暴发与河滩植物群落之间关系,为生态治理粤北河滩越北腹露蝗提供科学依据。

1 研究地区自然概况与研究方法

1.1 自然概况

阳山县位于广东省西北部,连江的中游。山地面积约占全县总面积的90%,冬凉夏热,年平均气温20.3℃。连江又称小北江,约81 km长,自西北向东南流过阳山县,在境内有3条支流(新圩河、顶背河和黄岔河),支流的河水源自阳山县东北部和西南部的高山,季节性十分明显,河床不宽,水流湍急,河滩土壤主要由卵石、砾石以及河沙土构成。连江干流水流平缓,河面较宽,每年8月份为汛期,两岸河滩均会遭受不同程度的洪灾,河滩土壤主要由粘土和沙土构成,疏松平实。本文所调查的4个河滩全部位于阳山县境内,分别是:阳城镇墩背河滩、杜步镇旱坑河滩、水口镇大东坪河滩以及顶背镇葫芦洲河滩,介于东经112°30'~113°00',北纬24°10'~24°50'。墩背河滩位于连江的干流上,旱坑河滩、大东坪河滩位于连江的支流新圩河上,葫芦洲河滩位于连江支流顶背河上。

1.2 研究方法

样地的选取采用典型取样法,在样地的设置上采用空间布局^[22~26],结合阳山县的水系分布在阳山县的不同方位设置样地,同时考虑连江的干流与支流。选取样地4个,中部墩背河滩(调查面积约0.25 hm²)、东南部旱坑河滩(调查面积约0.05 hm²)、南部大东坪河滩(调查面积约0.04 hm²)和东北部葫芦洲河滩(调查面积约0.01 hm²)。调查方式采取普查式,即将整个河滩的植被进行调查。记录植物种名、平均高度、聚生多

度、总覆盖率、物候相和生活力。

综合越北腹露蝗发生河滩植被类型复杂、分布不均、1 龄蝗蝻喜聚集成团等因素,对越北腹露蝗虫口密度调查采取与河滩植物群落相结合的方法。先调查河滩植被类型,然后对同一植被类型的群落进行五点取样调查蝗蝻的平均密度。对于一个植物群落中平均密度的调查,采取记录蝗团数、蝗团面积以及蝗团蝗蝻数,加权得平均密度。本项工作于 2005 年 4 月份完成。

1.3 数据处理

使用 SAS 统计分析软件对不同河滩植物群落进行聚类分析;使用 SPSS 数据分析软件对越北腹露蝗发生与河滩植物群落关系进行偏相关分析。

2 结果与分析

2.1 粤北河滩植物名录

在样地采集的 149 个样本中,经鉴定共有 106 种植物(表 1),分属于 43 个科。其中乔木层共有 6 个科,以胡桃科枫杨 *P. stenoptera* 和禾本科竹亚科小籐竹 *B. flexuosa* 的数量最为丰富;灌木层共有 6 个科,以大戟科白饭树 *Flueggea virosa* 和马鞭草科黄荆 *Vitex negundo* 的数量最为丰富;草本层共有 31 个科,以唇形科雪见草 *Salvia plebeia* 和禾本科狗牙根 *Cynodon dactylon*、铺地黍 *Panicum repens*、假俭草 *Eremochloa ophiuroides* 的数量最为丰富。

表 1 粤北河滩(墩背、旱坑、大东坪、葫芦洲)植被所属植物名录

Table 1 The plant list of names of a plant community riversides innorthern Guangdong Province

植物科名 Plant faculty	植物种名 Plant species name
马鞭草科 Verbenaceae	臭茉莉 <i>Clerodendrum fragrans</i> Vent.; 马鞭草 <i>Verbena officinalis</i> L.; 黄荆 <i>Vitex negundo</i> L.
禾本科 Gramineae	假俭草 <i>Eremochloa ophiuroides</i> (Munro) Hack.; 铺地黍 <i>Panicum repens</i> L.; 麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i> Munro; 小籐竹 <i>Bambusa flexuosa</i> Munro; 黍 <i>Panicum miliaceum</i> L.; 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.; 纤毛鸭嘴草 <i>Ischaemum ciliare</i> Retz.
豆科 Leguminosae	假花生 <i>Desmodium heterocarpum</i> (L.) DC.; 鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.
菊科 Compositae	东风菜 <i>Doellingeria scaber</i> (Thunb.) Nees; 一点红 <i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.; 野菊花 <i>Chrysanthemum indicum</i> L.; 五月艾 <i>Artemisia indica</i> Willd.; 三叶鬼针草 <i>Bidens Pilosa</i> L.; 黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i> (L.) DC.; 艾蒿 <i>Artemisia argyi</i> Levl. Et Vant.; 稀签 <i>Siegesbeckia orientalis</i> L.; 野苦蕒 <i>Sonchus arvensis</i> L.; 金纽扣 <i>Spilanthes paniculata</i> Wall. ex DC.; 野艾蒿 <i>Artemisia Lavandulaefolia</i> DC.; 东风草 <i>Blumea megacephala</i> (Randeria) Chang et Tseng; 广金钱草 <i>Desmodium styracifolium</i> (Osb.) Merr.; 野菊 <i>Dendranthema indicum</i> (L.) Des Moul.; 一年蓬 <i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.; 野茼蒿 <i>Gynura crepidioides</i> Benth.; 加拿大蓬 <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq
蕨科 Athyriaceae	华南毛蕨 <i>Cyclosorus parasiticus</i> (L.) Farwell.; 蜈蚣草 <i>Pteris vittata</i> L.; 井边栖 <i>Pteris excelsa</i> Gaud.
唇形科 Labiatae	透骨消 <i>Glechoma longituba</i> (Nakai) Kupr.; 紫苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.; 白苏 <i>Perilla frutescens</i> (L.) Britt.; 荆芥 <i>Nepeta cataria</i> L.; 广防风 <i>Epimeredi adans indica</i> (L.) Rothm.; 风轮菜 <i>Clinopodium chinense</i> (Benth.) O. Ktze.
锦葵科 Malvaceae	肖梵天花 <i>Urena lobata</i> L.; 木槿 <i>Hibiscus syriacus</i> L.; 黄花捻 <i>Sida acuta</i> Burm. f.
桑科 Moraceae	小构树 <i>Broussonetia kazinoki</i> Sieb. et Zucc.; 葛线藤 <i>Humulus scandens</i> (L.) Merr.; 构树 <i>Broussonetia Papyrifera</i> (L.) Vent.; 桑树 <i>Morus alba</i> L.; 穿破石 <i>Cudrania cochinchinensis</i> (Lour.) Kudo et Masam
蔷薇科 Rosaceae	空心泡 <i>Rubus rosifolius</i> Smith.; 茅莓 <i>Rubus parvifolius</i> L.; 仙鹤草 <i>Agrimonia pilosa</i> Ledeb.; 浅裂锈毛莓 <i>Rubus reflexus</i> Ker.
八角枫科 Alangiaceae	八角枫 <i>Alangium Chinese</i> (Lour.) Harms
大戟科 Euphorbiaceae	烂头钵 <i>Phyllanthus reticulatus</i> Poir.; 乌桕 <i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb.; 红背山麻杆 <i>Alchornea trewioides</i> (Benth.) Muell.-Arg.; 蓖麻 <i>Ricinus communis</i> L.; 白饭树 <i>Flueggea virosa</i> (Roxb. ex Willd.) Voigt.
卷柏科 Selaginellaceae	翠云草 <i>Selaginella uncinata</i> (Desv.) Spring
荨麻科 Urticaceae	野苎麻 <i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaud.; 密花苎麻 <i>Boehmeria densiflora</i> Hook. & Arn.
鸭跖草科 Commelinaceae	鸭跖草 <i>Commelina communis</i> L.; 竹节草 <i>Commelina diffusa</i> Burm. F.
毛茛科 Ranunculaceae	水杨梅 <i>Geum japonicum</i> Thunb.; 野棉花 <i>Anemone vitifolia</i> Buch. -Ham.
茜草科 Rubiaceae	鸡屎藤 <i>Paederia Scaudens</i> (Lour.) Merr.; 猪殃殃 <i>Galium aparine</i> L.
藜科 Chenopodiaceae	藜 <i>Chenopodium alium</i> L.; 土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i> L.

续表

植物科名 Plant faculty	植物种名 Plant species name
伞形花科 Umbelliferae	积雪草 <i>Centella asiatica</i> (L.) Urban; 芫荽 <i>Coriandrum sativum</i> L.; 石防风 <i>Peucedanum terebinthaceum</i> (Fisch.) Fisch. ex Turcz.; 假芫荽 <i>Eryngium foetidum</i> L.
莎草科 Cyperaceae	水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.
酢浆草科 Oxalidaceae	酢浆草 <i>Oxalis repers</i> Thunb.
苋科 Amaranthaceae	刺苋 <i>Amaranthus Spinosus</i> L.; 野苋菜 <i>Amaranthus ascendens</i> Loisel.; 莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i> (L.) DC.
榆科 Ulmaceae	朴树 <i>Celtis sinensis</i> Pers.; 山油麻 <i>Trema dielsiana</i> Hand. -Mazz.
胡桃科 Juglandaceae	枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i> C. DC.
蝶形花科 Papilionaceae	鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Sehindl.; 山蚂蝗 <i>Desmodium racemosum</i> (Thunb.) DC.; 铁扫帚 <i>Lepedeza juncea</i> (L. f.) Pers.
漆树科 Anacardiaceae	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> Mill.
紫草科 Boraginaceae	厚壳树 <i>Ehretia thyrsoflora</i> (Sieb. et Zucc.) Nakai
苏木科 Caesalpiniaceae	任豆 <i>Zenia insignis</i> Chun.
忍冬科 Caprifoliaceae	接骨草 <i>Sambucus chinensis</i> Lindl.
杨柳科 Salicaceae	意大利杨树 <i>Populus euramericana</i> cv. 'I-214'
茄科 Solanaceae	颠茄 <i>Solanum surattense</i> Burm. f.; 枸杞 <i>Lycium chinense</i> Mill.; 少花龙葵 <i>Solanum photeinocarpum</i> Nakam. et Odash.; 水茄 <i>Solanum torvum</i> Swartz
夹竹桃科 Apocynaceae	念珠藤 <i>Alyxia sinensis</i> Champ. ex Benth.
车前草科 Plantaginaceae	车前 <i>Plantago asiatica</i> L.; 大车前 <i>Plantago major</i> L.
葡萄科 Vitaceae	小叶葡萄 <i>Vitis sinocinerea</i> W. T. Wang
蓼科 Polygonaceae	杠板归 <i>Polygonaceae plebeium</i> L.; 假菠菜 <i>Rumex maritimus</i> L.
堇菜科 Violaceae	犁头草 <i>Violaceae Japonica</i> Langsd.
三白草科 Saururaceae	三白草 <i>Sarururus chinensis</i> (Lour.) Baill.
防己科 Menispermaceae	粪箕笃 <i>Stephania longa</i> Lour.
小檗科 Berberidacea	南岭小檗 <i>Berberis impedita</i> Schmid.
樟科 Lauraceae	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl
玄参科 Scrophuhrhoeae	婆婆纳 <i>Veronica didyma</i> Tenore
石竹科 Caryophyllaceae	繁缕 <i>Stellaria media</i> (L.) Cyr.
楝科 Meliaceae	苦楝 <i>Melia azedarach</i> L.
天南星科 Araceae	海芋 <i>Alocasia macrorrhiza</i> (L.) Schott

2.2 粤北河滩植被类型及其生境特点

2.2.1 墩背河滩植被类型、生境特点

(1) 白饭树-雪见草群落 (*F. virosa*-*S. plebeian* community)

主要分布在河滩中部地带,土壤为疏松的沙壤,受河水的影响。灌木层优势种为白饭树 *F. virosa*;草本层优势种为雪见草 *S. plebeia*。伴生种有黄荆 *V. negundo*、酢浆草 *O. repers* 和翠云草 *S. uneinata*、葎草 *H. scandens* 等。这种类型的群落在该河滩很常见,数目达到 100 个左右,蝗团主要集中于雪见草上,也有少量爬上白饭树为害。

(2) 小籐竹-狗牙根-雪见草群落 (*B. flexuosa*-*C. dactylon*-*S. plebeian* community)

主要分布在河滩近水一侧,土壤为沙壤,由于狗牙根分布密集,故土壤十分结实。乔木层优势种为小籐竹 *B. flexuosa*;草本层优势种狗牙根 *C. dactylon*;次优势种为雪见草,伴生种有透骨消(活血丹) *G. longituba*、黍 *P. miliaceum* 等。这种类型的群落在该河滩也很常见,数目有约 50 个,可是却鲜有发现蝗团存在,多数样方内蝗虫密度都是零。

(3) 乌桕-黄荆-雪见草群落 (*S. sebiferum*-*V. negundo*-*S. plebeian* community)

主要分布在河滩远水一侧,土壤为沙壤,乔木的数量和种类都比较多。乔木层的优势种为乌桕 *S. sebiferum*;次优势种为樟 *C. camphora*;草本层的优势种为雪见草;次优势种为黄荆。伴生种有构树 *B. papyrifera*、红背山麻杆 *A. trewioides*、广防风 *E. indica* 等。这种类型的群落在该河滩数量不多,蝗团主要集中于雪见草上,但蝗团的数量不是很多,平均密度也较小。

(4) 枫杨-雪见草群落(*P. stenoptera*-*S. plebeian* community)

主要分布在河滩远水一侧,土壤为疏松的沙壤,受河水的影响。乔木层优势种为枫杨 *P. stenoptera*;草本层优势种为雪见草。伴生种有车前草 *P. asiatica*、酢浆草和翠云草等。这种类型的群落在该河滩数量不多,蝗团主要集中于雪见草上。

2.2.2 旱坑河滩植被类型、生境特点

(1) 枫杨-葎草群落(*P. stenoptera*-*H. scandens* community)

主要分布在河滩中部,土壤由沙土和砾石构成,受河水影响。乔木层优势种为枫杨;草本层优势种为葎草。伴生种有鸡眼草 *K. striata*、接骨草 *S. chinensis*、穿破石 *C. cochinchinensis* 等。这种类型的群落在该河滩很常见,枫杨是该河滩的背景植物。蝗团主要集中于葎草上,也有大量爬上枫杨树近地面的枝条聚集成团。

(2) 小簕竹-葎草-雪见草群落(*B. flexuosa*-*H. scandens*-*S. plebeian* community)

主要分布在河滩远水一侧,受河水的影响不大,土壤主要由沙壤、粘土构成。乔木层优势种为小簕竹;草本层优势种为葎草;次优势种为雪见草。伴生种有野棉花 *A. vitifolia*、野苦荬 *S. arvensis* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,蝗蛹在该类型的植物群落几乎没有分布。

(3) 葎草-雪见草群落(*H. scandens*-*S. plebeian* community)

在河滩中部有分布,没有乔木和灌木的覆盖。优势种为葎草、雪见草,伴生种有酢浆草、紫苏 *P. frutescens*、白苏 *H. orientalis*、黄鹌菜 *Y. tenuicauli* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,蝗蛹在该类型的植物群落也有较少数量的分布。

2.2.3 大东坪河滩植被类型、生境特点

(1) 枫杨(小乔木)-铺地黍群落(*P. stenoptera*-*P. repens* community)

主要分布在河滩边缘,土壤由沙壤和卵石构成,受河水的影响较大,主要由小乔木枫杨构成河滩的背景;草本层优势种是铺地黍。这种类型的群落在该河滩数量很多,蝗蛹主要集中于小乔木枫杨上,蝗团数量多,虫口密度非常大。

(2) 枫杨-雪见草-黍群落(*P. stenoptera*-*S. plebeian*-*P. miliaceum* community)

主要分布在河滩远水一侧,土壤为沙壤,受河水影响不大。乔木层优势种为枫杨;草本层优势种为雪见草,次优势种为黍。伴生种有黄荆、小构树 *B. kazinoki*、葎草等。这种类型的群落在该河滩数量很多,蝗蛹主要集中于雪见草上,蝗团数量比较多。

(3) 小簕竹-野棉花-黍-铺地黍群落(*B. flexuosa*-*A. vitifolia*-*P. miliaceum*-*P. repens* community)

主要分布在河滩远水一侧,土壤为沙壤,受河水影响不大。乔木层优势种为小簕竹;草本层优势种为黍与铺地黍。伴生种有海芋 *A. macrorrhiza*、艾蒿 *A. indica*、野菊花 *C. indicum* 等。这种类型的群落在该河滩数量很多,但是蝗团数量却是十分少见,在大部分该类型的群落均没有发现蝗团。

(4) 野棉花-雪见草-黍群落(*A. vitifolia*-*S. plebeian*-*P. miliaceum* community)

主要分布在河滩中部,土壤为沙壤。灌木层优势种为野棉花;草本层优势种为雪见草和黍。伴生种有小叶葡萄 *V. balanseana*、假菠菜 *R. maritimus*、三白草 *S. chinensis* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,蝗蛹主要集中在雪见草上,蝗团数量多,虫口密度较大。

2.2.4 葫芦洲植被类型、生境特点

(1) 枫杨(小乔木)-黄荆-假俭草群落(*P. stenoptera*-*V. negundo*-*E. ophiuroides* community)

主要分布在河滩中部及近水一侧,受河水的影响较大,土壤主要由砾石和沙构成。乔木层优势种为枫杨(小乔木);混生种为黄荆;草本层优势种为假俭草 *E. ophiuroides*。伴生种有野菊花、臭茉莉 *C. fragrans*、三叶鬼针草 *B. pilosa* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,蝗团数量也比较多,蝗蛹主要集中在小乔木枫杨上。

(2) 小簕竹-黄荆群落(*B. flexuosa*-*V. negundo* community)

主要分布在河滩下游端,土壤为沙壤,受河水影响,乔木层优势种为小簕竹;灌木层优势种为黄荆。伴生

有白饭树;草本层混生有稀签 *S. orientalis*、艾蒿、马鞭草 *V. officinalis* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,但是在大部分该类型的群落均没有发现蝗团。

(3) 白饭树-黄荆-假俭草群落 (*F. virosa*-*V. negundo*-*E. ophiuroides* community)

主要分布在河洲中部,土壤为沙壤,受河水影响较大,灌木层优势种为白饭树;次优势种为黄荆;草本层优势种为假俭草。伴生种有葎草、鸡屎藤 *P. Scaudens*、密花苧麻 *B. densiflora* 等。这种类型的群落在该河滩数量较多,有接近 40 个。但是蝗团数量也不是很多,虫口密度也不是很大。

2.3 粤北河滩植物群落的相似性分析

2.3.1 植物相似度

物种相似度 = 相同的物种数目 / 比较群落的物种总数 (以墩背河滩的植被类型作为参照,设其相似度为 1)。比较 4 个调查的河滩,以早坑河滩与墩背河滩的相似度最小,为 0.41;大东坪河滩与墩背河滩的相似度最大,为 0.61。

2.3.2 植物丰富度

群落中物种丰富度指数 (*S*) 为物种所在群落中的物种总数。比较 4 个河滩,可以发现各个河滩以草本植物的种类最为丰富,乔木的种类次之,灌木的种类最少,而 4 个河滩总的物种丰富度相近,以墩背河滩的物种丰富指数最大,达到 45;而其他的几个河滩则分别为 36、36、32。

2.3.3 河滩植物群落优势种数量特征和属性标志

植物群落种的数量特征一般包括种的多度、密度、盖度、频度等参数,它是植物群落基本特征的组成。属性标志包括群落的种类组成生活型组成,植株物候期,植物生活力等其他表现,反映植物群落发展变化的幅度和速度,阐明各种因素间的联系和影响,估计潜在的植物资源,判别群落间类型差异程度,同样也反映着植物群落的基本特征。本文对植物群落调查的样地选取采用典型取样法,在样地的设置上采用空间格局,调查方式采取普查式,即将整个河滩的植被进行调查。记录植物种名、平均高度、聚生多度、总覆盖率、物候相和生活力。河滩植物群落优势种的数量特征和属性标志的记录如表 2.3。

2.3.4 粤北河滩植物群落聚类分析

以河滩植物种类数、草本植物种数、灌木种数、乔木种数、所属科目数、相似度、总覆盖率、枫杨覆盖率、小籐竹覆盖率、雪见草覆盖率、白饭树覆盖率、黄荆覆盖率、葎草覆盖率这 13 个变量作为指标对墩背河滩、早坑河滩、大东坪河滩、葫芦洲河滩的植物群落进行聚类分析,得出聚类分析图 (图 1)。从聚类分析统计图可以看出,早坑河滩较之其它两个河滩与大东坪河滩的植被类型更为接近,葫芦洲河滩次之,墩背河滩的植被类型与大东坪河滩比较相差最大。

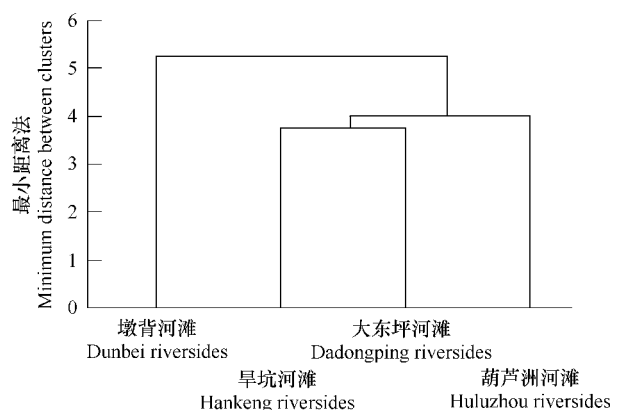


图 1 河滩植物群落聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis about plant communities on different riversides

2.4 越北腹露蝗发生与河滩植物群落的关系

2.4.1 粤北河滩植物群落越北腹露蝗 1 龄蝗蝻虫口密度

结合粤北河滩植物群落的调查,对各不同类型的植物群落中越北腹露蝗的虫口密度进行了调查,结果如表 3。

2.4.2 越北腹露蝗发生与河滩植物群落关系的偏相关分析

对越北腹露蝗发生与植物群落的关系进行偏相关分析,以越北腹露蝗的发生密度 (*y*) 为因变量,自变量如下:枫杨覆盖度 (x_1),雪见草覆盖度 (x_2),小籐竹覆盖度 (x_3),白饭树覆盖度 (x_4),黄荆覆盖度 (x_5),葎草覆盖度 (x_6),假俭草覆盖度 (x_7),竹叶黍覆盖度 (x_8),狗牙根覆盖度 (x_9),油籽树覆盖度 (x_{10}),野棉花覆盖度

(x_{11}), 铺地黍覆盖度(x_{12})。采用全部入选法, 分析结果如表 4。

表 2 河滩植物群落优势种的数量特征和属性标志
Table 2 Quantity character and attribute symbol of dominant species in plant communities

河滩名称 Riversides name	生长型 Grow form	植物种名 Plants name	平均高度 Height (m)	聚生多度 Congregation index	总覆盖率 Total coverage rate	物候相 Phenological phase	生活力 Viability
墩背河滩 Dunbei riversides	乔木 Arbor	枫杨 <i>P. stenoptera</i>	15	Soc.	0.5	○	3
	乔木 Arbor	小籐竹 <i>B. flexuosa</i>	10	Cop3.	0.4	—	3
	乔木 Arbor	油籽树 <i>S. sebiferum</i>	6	Cop2.	0.1	—	3
	灌木 Shrub	白饭树 <i>F. virosa</i>	2	Soc.	0.4	—	3
	灌木 Shrub	黄荆 <i>V. negundo</i>	1.8	Cop ¹ .	0.1	—	3
	草本 Herb	雪见草 <i>S. plebeian</i>	0.1	Soc.	0.6	—	3
	草本 Herb	狗牙根 <i>C. dactylon</i>	0.05	Soc.	0.4	—	3
旱坑河滩 Hankeng riversides	乔木 Arbor	枫杨 <i>P. stenoptera</i>	15	Soc.	0.7	○	3
	乔木 Arbor	小籐竹 <i>B. flexuosa</i>	7	Soc.	0.4	—	3
	草本 Herb	菴草 <i>H. scandens</i>	0.1	Cop ³ .	0.2	—	3
	草本 Herb	雪见草 <i>S. plebeian</i>	0.06	Cop ² .	0.15	—	3
大东坪河滩 Dadongping riversides	乔木 Arbor	枫杨 <i>P. stenoptera</i>	20	Soc.	0.4	○	3
	乔木 Arbor	小籐竹 <i>B. flexuosa</i>	10	Soc.	0.4	—	3
	灌木 Shrub	小枫杨 <i>P. stenoptera</i>	1.8	Soc.	0.5	—	3
	灌木 Shrub	野棉花 <i>A. vitifolia</i>	1.0	Cop ² .	0.15	—	3
	草本 Herb	雪见草 <i>S. plebeian</i>	0.08	Soc.	0.3	—	3
	草本 Herb	黍 <i>P. miliaceum</i>	0.1	Cop ² .	0.15	—	3
	草本 Herb	铺地黍 <i>P. repens</i>	0.05	Cop ¹ .	0.05	—	3
	草本 Herb	假俭草 <i>E. ophiuroides</i>	0.05	Soc.	0.5	—	3
葫芦洲河滩 Huluzhou riversides	乔木 Arbor	小籐竹 <i>B. flexuosa</i>	12	Cop ² .	0.3	—	3
	灌木 Shrub	小枫杨 <i>P. stenoptera</i>	1.2	Soc.	0.4	—	3
	灌木 Shrub	白饭树 <i>F. virosa</i>	1.2	Cop ¹ .	0.15	—	3
	灌木 Shrub	黄荆 <i>V. negundo</i>	1.2	Cop ¹ .	0.1	—	3
	草本 Herb	假俭草 <i>E. ophiuroides</i>	0.05	Soc.	0.5	—	3

聚生多度按 Drude 划分为 6 级: Sol. 表示植株地上部分密集形成背景, Cop¹. 表示植株数量相当多, Cop². 表示植株数量多, Cop³. 表示植株数量很多, Sp. 表示植株数量少且分散, Sol. 表示植株数量很少或稀少; 物候相按 AJI&XUH 的方法用以下符号代表: 一开花前营养期、○花盛开、\开始开花、+ 已开过花但种子未成熟、/ 花凋落、∨结实后营养期、∧花蕾出现或抽穗、#种子或果实全落收获; 生活力分为 3 级: 3 示全盛, 2 示中盛, 1 示衰落; 植物生长型参照 Whittaker 等的分类系统分为草本、灌木、小乔木和乔木 Congregation index were divided into six levels following the method of Drude; Sol. presented the over ground part of plants being glomerate and becoming background sight; Cop1 presented a good few plants; Cop2 presented a large number of plants; Cop3 presented many plants; Sp. presented few disperse plants; Sol. presented exiguous plants. Phenological phase represented by following symbol with the method of AJI? XUH: — trophophase before anthesis; O blooming; \ ready to bloom; + after blooming but the seed were immaturity; / deciduous flowers; ∨ trophophase after seeding; ∧ bud emergence or heading stages; #seeds or fruits were harvested. Viability was divided into three levels; 3 presented full flourish; 2 presented middle flourish; 1 presented eclipse. Plant grow form was divided into four types including herb, shrub, small arbor and arbor following the classification system (Whittaker *et al.*); A presented arbor, S presented shrub, H presented herb

表 3 粤北河滩越北腹露蝗 1 龄蝗蛹虫口密度调查结果
Table 3 Investigation about first instar nymph *F. tonkinensis* populations of different riversides in northern Guangdong Province

河滩名称 Riversides name	植物群落类型 Plant community styles	植物群落数目 Plant communities number	平均虫口密度 (头/m ²) average population (Head/m ²)
墩背河滩 Dunbei riversides	白饭树-雪见草群落 <i>F. virosa</i> - <i>S. plebeian</i> Community	90 ~ 100	296
	小籐竹-狗牙根-雪见草群落 <i>B. flexuosa</i> - <i>C. dactylon</i> - <i>S. plebeian</i> community	35 ~ 40	20
	乌柏-黄荆-雪见草群落 <i>S. sebiferum</i> - <i>V. negundo</i> - <i>S. plebeian</i> community	25 ~ 30	100
	枫杨-雪见草群落 <i>P. stenoptera</i> - <i>S. plebeian</i> community	15 ~ 20	514

续表

河滩名称 Riversides name	植物群落类型 Plant community styles	植物群落数目 Plant communities number	平均虫口密度 (头/m ²) Average population (Head/m ²)
旱坑河滩 Hankeng riversides	枫杨-葎草群落 <i>P. stenoptera</i> - <i>H. scandens</i> community	30 ~ 35	536
	小簕竹-葎草-雪见草群落 <i>B. flexuosa</i> - <i>H. scandens</i> - <i>S. plebeian</i> community	15 ~ 20	16
	葎草-雪见草群落 <i>H. scandens</i> - <i>S. plebeian</i> community	10 ~ 15	90
大东坪河滩 Dadongping riversides	枫杨-铺地黍群落 <i>P. stenoptera</i> - <i>P. repens</i> community	35 ~ 45	1000
	枫杨-雪见草-黍群落 <i>P. stenoptera</i> - <i>S. plebeian</i> - <i>P. miliaceum</i> community	30 ~ 35	530
	小簕竹-黍-野棉花-铺地黍群落 <i>B. flexuosa</i> - <i>A. vitifolia</i> - <i>P. miliaceum</i> - <i>P. repens</i> community	25 ~ 30	28
	雪见草-黍-野棉花群落 <i>A. vitifolia</i> - <i>S. plebeian</i> - <i>P. miliaceum</i> community	15 ~ 20	430
	枫杨-黄荆-假俭草群落 <i>P. stenoptera</i> - <i>V. negundo</i> - <i>E. ophiuroides</i> community	40 ~ 45	428
葫芦洲河滩 Huluzhou riversides	小簕竹-黄荆群落 <i>B. flexuosa</i> - <i>V. negundo</i> community	15 ~ 20	22
	白饭树-黄荆-假俭草群落 <i>F. virosa</i> - <i>V. negundo</i> - <i>E. ophiuroides</i> community	35 ~ 40	130

结果显示,越北腹露蝗的发生密度与枫杨的覆盖度呈极显著正相关($r_{y,x1}=0.856$; $P=0.0001$);与小簕竹覆盖度呈显著负相关($r_{y,x3}=-0.613$; $P=0.021$);与其它植物总覆盖率均相关性不显著。

3 结论与讨论

横贯粤北地区的小北江位于广东珠江水系北江的上游,是一条季节性明显的河流。雨季时,山水汇聚,河面变宽,漫泛沿河两岸河滩;枯水季节,河面变得很窄,大面积的河床裸露出来。尤其是1970~1980年在小北江上游大量修建中小型水电站,河床裸露情况更加严重。一年中大部分时间处于枯水季节,河滩上植被丰富。2004年4~7月,对阳山县越北腹露蝗发生严重河滩的植物群落进行详细调查后发现河滩植被几乎全部为野生或次生植被,河滩植被总覆盖率都达到80%以上,物种繁多,乔木有枫杨、油籽树等;灌木有白饭树、黄荆等;以及大量覆盖在地表的草本植物如雪见草、葎草等。各个河滩植被的相似性不是很高,最大植物相似度为0.61。枫杨和小簕竹是受调查的各河滩共有植物,且为河滩植被的优势种和背景植物。越北腹露蝗蝗蝻喜阴凉,善跳跃,喜欢在斑驳的树荫下活动和取食。越北腹露蝗孵化后首先聚集在雪见草或其它一些嗜食植物上取食,然后在转移到灌木丛如白饭树和黄荆上取食,1龄末期或2龄蝗蝻则开始爬到高大的枫杨树上取食为害,成虫交配后则在枫杨树附近疏松的沙土表产卵。粤北河滩植物群落的空间构成与分布,为越北腹露蝗的暴发成灾提供了适宜的生境。

结合河滩植物群落的研究,同时还调查了各类型植物群落越北腹露蝗的发生密度。越北腹露蝗在河滩各种植物之间转移和扩散通常发生在低龄虫态,选取1龄蝗蝻在河滩植物群落的虫口密度作为调查对象。通过对越北腹露蝗发生的虫口密度与不同河滩植物总覆盖度进行偏相关分析,发现枫杨的覆盖度与越北腹露蝗的发生密度呈极显著正相关($r=0.856$; $P=0.0001$);小簕竹覆盖度与越北腹露蝗的发生密度呈显著负相关($r=-0.613$; $P=0.021$)。枫杨和小簕竹在这几个河滩都有分布,且是各个河滩的背景植被,河滩上枫杨相关群落的虫口密度远远大于其它类型群落,平均虫口密度高达560头/m²,而小簕竹相关群落的平均虫口密度只有21头/m²;枫杨相关群落上越北腹露蝗虫口密度从大到小依次为大东坪河滩>旱坑河滩>墩背河滩>葫芦洲河滩;各个河滩枫杨总覆盖率从大到小依次为大东坪河滩(0.7)>旱坑河滩(0.6)>墩背河滩(0.4)>葫芦洲河滩(0.3),结论如下:越北腹露蝗虫口密度与河滩枫杨总覆盖率成正比,与河滩小簕竹总覆盖率成反比。

表 4 越北腹露蝗虫口密度与河滩植物总覆盖率的偏相关分析

Table 4 Study on the relationship between occurrences of <i>F. tonkinensis</i> and plant communities with Partial correlation analysis (PCA)												
植物群落名称 Plant community name	蝗虫密度 Locust population	植物总覆盖率 Total plant coverage rate										
		枫杨 <i>P. stenoptera</i>	雪见草 <i>S. plebeian</i>	小簕竹 <i>B. flexuosa</i>	白饭树 <i>F. virosa</i>	黄荆 <i>V. negundo</i>	律草 <i>H. scandens</i>	假俭草 <i>E. ophiuroides</i>	黍 <i>P. miliaceum</i>	构牙根 <i>C. dactylon</i>	乌柏 <i>S. sebiferum</i>	野棉花 <i>A. vitifolia</i>
	<i>y</i>	<i>x</i> ₁	<i>x</i> ₂	<i>x</i> ₃	<i>x</i> ₄	<i>x</i> ₅	<i>x</i> ₆	<i>x</i> ₇	<i>x</i> ₈	<i>x</i> ₉	<i>x</i> ₁₀	<i>x</i> ₁₁
白饭树-雪见草群落 <i>F. virosa-S. plebeian</i> community	296	—	0.6	—	0.4	—	—	—	—	—	—	—
小簕竹-狗牙根-雪见草群落 <i>B. flexuosa-C. dactylon-S. plebeian</i> community	20	—	0.6	0.4	—	—	—	—	—	0.4	—	—
乌柏-黄荆-雪见草群落 <i>S. sebiferum-V. negundo-S. plebeian</i> community	100	—	0.6	—	—	0.1	—	—	—	—	0.1	—
枫杨-雪见草群落 <i>P. stenoptera-S. plebeian</i> community	514	0.5	0.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
枫杨-律草群落 <i>P. stenoptera-H. scandens</i> community	536	0.7	—	—	—	—	0.2	—	—	—	—	—
小簕竹-律草-雪见草群落 <i>B. flexuosa-H. scandens-S. plebeian</i> community	16	—	0.15	0.4	—	—	0.2	—	—	—	—	—
律草-雪见草群落 <i>H. scandens-S. plebeian</i> community	90	—	0.15	—	—	—	0.2	—	—	—	—	—
枫杨-铺地黍群落 <i>P. stenoptera-P. repens</i> community	1000	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05
枫杨-雪见草-黍群落 <i>P. stenoptera-S. plebeian-P. miliaceum</i> community	530	0.9	0.3	—	—	—	—	—	0.15	—	—	—
小簕竹-黍-野棉花-铺地黍群落 <i>B. flexuosa-A. vitifolia-P. miliaceum-P. repens</i> community	28	—	—	0.4	—	—	—	—	0.15	—	—	0.15
雪见草-黍-野棉花群落 <i>A. vitifolia-S. plebeian-P. miliaceum</i> community	430	—	0.3	—	—	—	—	—	0.15	—	—	0.15
枫杨-黄荆-假俭草群落 <i>P. stenoptera-V. negundo-E. ophiuroides</i> community	428	0.4	—	—	—	0.1	—	0.5	—	—	—	—
小簕竹-黄荆群落 <i>B. flexuosa-V. negundo</i> community	22	—	—	0.3	—	0.1	—	—	—	—	—	—
白饭树-黄荆-假俭草群落 <i>F. virosa-V. negundo-E. ophiuroides</i> community	130	—	—	—	0.15	0.1	—	0.5	—	—	—	—
偏相关系数 Partial correlation coefficient <i>r_{y,xi}</i>		0.856 *	-0.115	-0.613 *	-0.059	-0.284	-0.152	-0.024	0.063	-0.273	-0.194	-0.097
<i>P</i>		0.0001	0.695	0.021	0.842	0.326	0.603	0.934	0.832	0.346	0.507	0.741

—: 该种植物在群落中缺失 That such kind of plant was lacked in this plant communities

中国通过改造蝗区生态环境等手段成功治理了东亚飞蝗危害^[27]。陈永林等也认为控制东亚飞蝗的关键在于改造东亚飞蝗滋生地如河滩、湖滨、海滨以及河口三角洲的生态环境,而进一步的任务就是兴修水利,从根本上铲除东亚飞蝗滋生的生境^[28]。对粤北河滩越北腹露蝗的控制受到相关部门的极大重视,对该虫的化学药剂防治也从未间断,并对越北腹露蝗暴发成灾后种群数量的控制起到了重要的作用,但是这种办法并没有能够阻止该虫的扩散。这些说明化学防治只是一种治标不治本的措施。结果是,在越南北部和广西中南部地区都有发生报道的越北腹露蝗之所以在粤北地区爆发成灾,是由于粤北地区的生境给这种害虫的暴发成灾提供了可能。越北腹露蝗的发生密度与河滩枫杨覆盖度呈极显著正相关,而与小籐竹覆盖率呈极显著负相关。这些结论将有助于加强对该虫生态控制的认识,而开垦河滩荒地、减少河滩枫杨面积以及大力种植小籐竹是从根本上控制粤北河滩越北腹露蝗危害行之有效的措施。

野外调查发现 1、2 龄的蝗蚬集中在枫杨上取食,密度最高可达上万头/m²,也目睹大量蝗蚬攀爬近 20m 高枫杨树的现象,推断枫杨和越北腹露蝗之间存在着紧密的化学联系,目前正进一步探讨枫杨与越北腹露蝗之间这种化学联系,弄清它们之间化学通讯机制,为生态控制越北腹露蝗进行有益的探索。

References:

- [1] Jiang G F. Study on Guangxi grasshoppers: geography divisions of grasshoppers. *Guangxi Sciences*, 1999,6(1):59—62.
- [2] Chen Y T, Chen Z N. Crop pest, disease occurrencesituation and control strategies in Guangdong province. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2004,2:34—36.
- [3] Qiu S J, Chen W Z, Wu W J. A new mulberry pest-occurrence situation and control method of *Fruhstorferiola tonkinensis* Will. *China plant protection*, 2004,9: 1.
- [4] Hang B Y, Jiang C J, Li Z M. Components of arthropod communities in tea garden s with four different cultivation types. *Acta Ecologica Sinica*, 2001,21(4):646—652.
- [5] Liu C Z, Zhou S R. Cutting effects on the in sect community structure and dynamics of alfalfa pasture. *Acta Ecologica Sinica*, 2004,24(3): 542—546.
- [6] Yang X Z, Lu J J, Liu H. Influence of Character is ties of *Scirpus mariqueter* Community on the Benthic Macro- invertebrate in a Salt Marsh of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2002,23(3):526—513.
- [7] Shi G L, Zhang L L, Miao Z W, *et al.* The structure and dynamics of pest in sect communities in jujube sites of different intercropped systems. *Acta Ecologica Sinica*, 2005,25(9):2263—2271.
- [8] Cai W L, Shi S P, Yang C J, *et al.* The arthropod community stabilities and diversities in the Bt rice paddy field with different patch designs. *Acta Ecologica Sinica*, 2005,25(11):2968—2975.
- [9] He H D, Zhen Z M. Mathematical demonstration for the ecology effects of environmental factors on grasshopper community. *Acta Agrestia Sinca*, 1996,4(3):213—220.
- [10] Ni S X, Jiang J J, Gong A Q, *et al.* Assessment of grassland habitats on potential occurrence of grasshoppers in the region around qinghai lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2002,22(3):285—290.
- [11] Joern A. Variation in grasshopper (Acrididae) densities in response to fire frequency and bison grazing in tallgrass prairie. *Environmental Entomology*,2004,33(6):1617—1625.
- [12] Joern A. Guild structure in grasshopper assemblages based on food and microhabitat resources. *Oikos*, 1981a,37: 93—104.
- [13] Joern A. Importance of behavior and coloration in the control of body temperature by *Brachystola magna* Girard (Orthoptera: Acrididea). *Acrida*, 1981,10:117—130.
- [14] Joern A. Vegetation structure and microhabitat selection in grasshoppers (Orthoptera: Acrididea). *Southwestern Naturalist*, 1982,27:197—209.
- [15] Joern A. Host plant utilization by grasshoppers (Orthoptera: Acrididea) from a sandhills prairie. *Journal of Range Management*, 1983,36:793—797.
- [16] Yang Y, Joern A. Influence of diet, developmental stage and temperature on food residence time in *Melanoplus differentialis*. *Physiological Zoology*, 1994,67:598—616.
- [17] Scoggan A C, Brusven M A. Grasshopper-plant community associations in Idaho in relation to the natural and altered environment. *Melanderia*, 1973,12:22—33.
- [18] Kemp W P, HarveyS J, O'neill K M. Patterns of vegetation and grasshopper community composition. *Oecologia*, 1990,83:299—308.

- [19] Rojas J C. Influence of host plant damage on the host-finding behavior of *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*, 1999, 28(4): 588—593.
- [20] Hansson B S, Ochieng S A, Grosmaître X, *et al.* Physiological responses and central nervous projections of antennal olfactory receptor neurons in the adult desert locust, *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae). *J comp physiol A*, 1996, 179(2): 157—167.
- [21] Njagi G, Torto B. Responses of nymphs of desert locust, *Schistocerca gregaria* to volatiles of plants used as rearing diet. *Chemoecology*, 1996, 7(4): 172—178.
- [22] Dong H D, Quan K G. Ecology of plant communities in Liaohé estuary wetland conservation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6(2): 190—195.
- [23] Ma K P, Huang J H, Yu S L. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China II. Species richness, evenness, and species diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3): 268—277.
- [24] Torrusio S, Cigliano M M, Wysiecki M L, *et al.* Grasshopper (Orthoptera: Acridoidea) and plant community relationships in the Argentine pampas. *Journal of Biogeography*, 2002, 29, 221—229.
- [25] Fisher R A. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal Animal Ecology*, 1943, 12: 42—58.
- [26] Hurlbert S H. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 1981, 37: 199—204.
- [27] Ma S J, Chen Y L. Evolution and alteration of outbreak centers of *L. migratoria manilensis*. In: Ma S J ed. *A outbreak center study of Locusta migratoria manilensis* (Mey.) in China. Beijing: Science Press, 1965. 260—277.
- [28] Chen Y L. Water is the key factor in management of the Oriental migratory locust. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42(5): 506—509.

参考文献:

- [1] 蒋国芳. 广西蝗虫研究: 蝗虫的地理区划. *广西科学*, 1999, 6(1): 59~62.
- [2] 陈玉托, 陈忠南. 广东省农作物病虫害发生生态势与综合治理对策. *广东农业科学*, 2004, 2: 34~36.
- [3] 丘思娟, 陈伟洲, 吴伟坚. 桑田新害虫——越北腹露蝗的发生情况及防治方法. *中国植保导刊*, 2004, 9: 1.
- [4] 韩宝瑜, 江昌俊, 李卓民. 间作密植和单行茶园节肢动物群落组成差异. *生态学报*, 2001, 21(4): 646~652.
- [5] 刘长仲, 周淑荣. 刈割对苜蓿人工草地昆虫群落结构及动态的影响. *生态学报*, 2004, 24(3): 542~546.
- [6] 袁兴中, 陆健健, 刘红. 河口盐沼植物对大型底栖动物群落的影响. *生态学报*, 2002, 23(3): 526~513.
- [7] 师光禄, 赵莉茜, 苗振旺, 等. 不同间作枣园害虫的群落结构与动态. *生态学报*, 2005, 25(9): 2263~2271.
- [8] 蔡万伦, 石尚柏, 杨长举, 等. Bt 水稻田不同斑块设计对田间节肢动物群落稳定性的影响. *生态学报*, 2005, 25(11): 2968~2975.
- [9] 贺汉达, 郑哲民. 环境因子对蝗虫群落生态效应的数值分析. *草地学报*, 1996, 4(3): 213~220.
- [10] 倪绍祥, 蒋建军, 巩爱岐, 等. 环青海湖地区草地生境的蝗虫潜在发生可能性评价. *生态学报*, 2002, 22(3): 285~290.
- [11] 董厚德, 奎全国. 辽河河口湿地自然保护区植物群落生态的研究. *应用生态学报*, 1995, 6(2): 190~195.
- [12] 马克平, 黄建辉, 于顺利. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. *生态学报*, 1995, 15(3): 268~277.
- [13] 马世骏, 陈永林. 东亚飞蝗蝗区的演变及改造. 见: 马世骏主编. *中国东亚飞蝗蝗区的研究*. 北京: 科学出版社, 1965. 260~277.
- [14] 陈永林. 改治结合, 根除蝗害的关键因子是“水”. *昆虫知识*, 2005, 42(5): 506~509.