

# 高速公路野生植物昆虫群落结构初步分析

郑建伟, 王宝辉, 黄大庄\*, 张显国, 陈金成

(1. 河北农业大学林学院, 河北保定071000; 2. 河北省石安高速公路管理处, 河北石家庄050031)

**摘要** [目的] 分析告诉了高速公路野生植物昆虫群落结构特征。[方法] 通过对野生植物荆条进行昆虫调查, 用优势集中性指数、优势度、多样性指数及均匀度等生态指标对野生植物的害虫亚群落和天敌亚群落进行了分析。[结果] 共调查昆虫10 308头, 分属于昆虫纲9个目、43科、68种以及蛛形纲1科、1种; 野生植物害虫亚群落的物种个体数多于天敌亚群落的个体数, 害虫亚群落的优势集中性和优势度最大, 天敌亚群落的多样性指数大于害虫亚群落。[结论] 野生植物荆条中昆虫的丰富度越高, 其昆虫的均匀度就越低。

**关键词** 高速公路; 昆虫群落结构; 多样性指数; 偏相关分析

中图分类号 Q968.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)25-10980-03

## Preliminary Study on the Structure of Insect Community on Highway

ZHENG Jian-wei et al (Forestry College, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000)

**Abstract** [Objective] The research aimed to discuss the community structure character of wild plants and insects. [Method] By the investigation on the introduced wild plants of *Mitexnegundo varhetero-phyia*, the wild plants natural enemies sub-community and pest sub-community were analyzed through the ecological index of dominant concentration, dominance, diversity index and evenness. [Result] 10 308 insects were identified, belonging to 9 orders, 43 families, 68 species of Insecta and 1 families, 1 species of Arachnida. The result revealed that the individuals of the pest sub-community were more than that of the natural enemies sub-community, the dominant concentration and dominance of the pest sub-community were the biggest, diversity index of the natural enemies sub-community was more than that of the pest sub-community. [Conclusion] The higher abundance of insects in the *Mitexnegundo varhetero-phyia*, the lower evenness of insects.

**Key words** Highway; Structure of insect community; Diversity index; Partial correlation analysis

随着社会经济的发展, 公路建设也进入了迅速发展的阶段, 公路绿化随之得到了长足的发展, 河北省公路建设在提高通行质量的同时, 也致力于提高公路的综合服务功能, 公路绿化美化取得了显著成绩<sup>[1-2]</sup>。由于高速公路的边坡土质含有较多的石灰渣等废弃物, 且坡面较陡, 不可能换土, 栽草则管理费用太高, 且容易退化。因此, 选择耐贫瘠、耐干旱、耐盐碱、管理要求低的多年生野生灌木——荆条 *Mitexnegundo varhetero-phyia* 进行绿化, 可起到防护作用, 并且野生灌木的虫害较少发生, 易于管理。目前, 人们出于绿化观赏的目的而引入一些野生植物, 增加了公路的有效覆盖率, 提高了绿化的生态效益和社会效益。通过对石安高速公路引进的野生灌木调查后发现, 野生灌木具有成丛早、郁闭度高、对土壤要求不高、适应力强、根系发达等优点, 而且提高了公路的绿化效果, 改善了公路的生态环境。

通过对野生植物昆虫群落的资料进行查阅发现, 该研究领域涉及的野生植物极少, 仅在高速公路绿化树种的引入和选择方面的研究较为突出。对昆虫群落结构的研究也只是在其他天然林群落或栽植的植物群落中较多。而对野生植物昆虫群落的变化规律上缺乏必要的研究, 而且国内外对高速公路生态系统内昆虫群落结构的系统调查研究尚属空白。野生植物的引入, 有可能对公路绿化植物中的害虫、天敌以及群落结构、生物多样性产生影响, 进而影响到公路绿化功能的发挥。为此, 笔者将引进的野生植物作为植物群落的组成部分进行昆虫群落调查, 从中分析野生植物对昆虫群落的结构及其种群动态变化, 了解害虫类群和天敌类群的种类及其规律, 旨在为制定有效的害虫治理策略提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

石安高速公路位于华北平原南部, 属温

带大陆性季风气候, 冬季寒冷少雪, 春季干燥多风, 夏季炎热多雨, 秋季晴朗, 寒暖适中。年平均气温 13.1℃, 1月平均气温 -3.6℃, 7月平均气温 26.2℃, 极端最低温 -23.3℃, 极端最高温 40.0℃。年平均降水量 485 mm, 其中 75% 集中在 6~9月。无霜期 207 d, 雨热同期, 光照充足, 适合大部分植物生长。公路两侧是农业区, 地势平坦, 起伏较小, 海拔多在 50 m 以下, 为洪积平原和冲积平原区, 土壤主要为褐土及潮土, 土层较厚, pH 值在 6.5~7.5。

基金项目 河北省交通厅资助项目(Y-030109)。

作者简介 郑建伟(1978-), 男, 河北南和人, 硕士, 工程师, 从事昆虫群落生态方面的研究。\* 通讯作者。

收稿日期 2008-06-16

带大陆性季风气候, 冬季寒冷少雪, 春季干燥多风, 夏季炎热多雨, 秋季晴朗, 寒暖适中。年平均气温 13.1℃, 1月平均气温 -3.6℃, 7月平均气温 26.2℃, 极端最低温 -23.3℃, 极端最高温 40.0℃。年平均降水量 485 mm, 其中 75% 集中在 6~9月。无霜期 207 d, 雨热同期, 光照充足, 适合大部分植物生长。公路两侧是农业区, 地势平坦, 起伏较小, 海拔多在 50 m 以下, 为洪积平原和冲积平原区, 土壤主要为褐土及潮土, 土层较厚, pH 值在 6.5~7.5。

**1.2 昆虫群落的调查方法** 调查采用对角线法, 每块样地设置 5 个 1 m<sup>2</sup> 小样方, 并结合扫网计录样方内昆虫的种类及个体数量。

需特殊处理的昆虫为蚜虫类、螨类。计数方法为统计东、南、西、北 4 个方位一枝条顶部倒数第 3 片叶上的数量, 对于暂时不能鉴别的昆虫种类, 装入酒精试管和毒瓶内, 带回实验室进行鉴定<sup>[3-4]</sup>。

将调查采到的标本尽可能鉴定到种, 至少鉴定到科, 并按功能类群将调查昆虫以害虫(包括刺吸性昆虫和食叶昆虫及螨类)、天敌(包括寄生性天敌和捕食性天敌及蜘蛛类)以及中性昆虫(蝇类和蚊子)分别统计。

**1.3 数据处理方法** 在野生植物植被类型中, 统计昆虫总群落、害虫亚群落及天敌亚群落中的物种数量和个体数量, 对其结构进行分析, 并以生态学理论中的多个指标测定昆虫群落及各亚群落的群落组织水平。

相对丰盛度:

$$P_i = N_i / N$$

式中,  $N_i$  表示第  $i$  物种的个体数;  $N$  表示所有物种总的个体数。

优势集中性(Dominant concentration):

$$C = \sum P_i^2$$

Shannon-Wiener 多样性指数(Diversity index):

$$H = - \sum P_i \ln P_i$$

均匀度(Evenness) :

$$E = H / \ln S$$

式中, H 为多样性指数; S 为物种数。

优势度(Dominance) :

$$D = N_{\max} / N$$

式中,  $N_{\max}$  为群落中数量最大物种的个体数; N 为总个体数。

**1.4 数据分析** 二元变量的相关分析在一些情况下无法较为真实准确地反映事物之间的相关关系, 而偏相关分析可以解决这个问题。偏相关分析是指当2个变量同时与第3个变量相关时, 将第3个变量的影响剔除, 只分析另外2个变量之间的相关程度的过程。数据分析采用SPSS12.0进行运算处理<sup>[5]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 野生植物昆虫各类群群落结构

**2.1.1 总群落种类组成及相对丰盛度。**从野生植物中共调查昆虫10308头, 分属于昆虫纲9个目、43科、68种以及蛛形纲1科、1种(表1)。由表1可知, 同翅目、膜翅目、鞘翅目及双翅目发生量最大, 相对丰盛度分别达到了0.6130、0.1625、0.0697和0.0623, 构成了群落的主要成分, 尤以刺槐蚜 *Aphis robiniae* Macchiati 为优势种, 其相对丰盛度达到0.4713。

表1 野生植物昆虫总群落种类个体数及其相对丰盛度

**Table 1 The individual number of total insect community species in the wild plants and its relative abundance**

目名	类群	个体数 个	相对丰盛度
Order name	Group	Individual number	Relative abundance
同翅目	Hemiptera	6319	0.6130
膜翅目	Hymenoptera	1597	0.1625
鞘翅目	Coleoptera	718	0.0697
双翅目	Diptera	642	0.0623
半翅目	Hemiptera	339	0.0329
鳞翅目	Lepidoptera	236	0.0229
直翅目	Orthoptera	74	0.0072
蜘蛛类	Spiders	221	0.0214
螳螂目	Mantodea	60	0.0058
脉翅目	Neuroptera	24	0.0023

**2.1.2 害虫亚群落种类组成及相对丰盛度。**害虫亚群落共包括害虫7028头, 分属于5个目、22个科、27种(表2)。由表2可知, 主要的害虫为数量上处于优势地位的同翅目昆虫。其中, 刺槐蚜 *Aphis robiniae* Macchiati 4858头, 小绿叶蝉 *Empoasca flavescens* (Fabricius) 1433头, 其相对丰盛度分别达到0.6912和0.2039。另外, 鞘翅目的小青花金龟 *Oxytorna jucunda* Fald 数量也相当大, 其相对丰盛度达到0.0387, 主要是由于6月是荆条开花的季节, 而小青花金龟又主要危害荆条的花所致。其他的如鳞翅目、直翅目以及半翅目均有发生, 但数量较少。

**2.1.3 天敌亚群落种类组成及相对丰盛度。**天敌亚群落共包括昆虫天敌1188头, 分属于7个目、8个科、19个种以及蜘蛛类1科、1种(表3)。由表3可知, 天敌亚群落的优势种群是瓢甲科, 其相对丰盛度达到0.3359, 其中主要是龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* Goeze 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis* (Pallas); 另外, 蜻科和蜘蛛类圆蛛科的数量也较为丰富, 其相对丰盛度分别是0.1953和0.1860。主要是麻皮蜻 *Ethresina fullo* (Thunberg)、茶

翅蜻 *Halyomorpha tabaniformis* Rott 以及小黑蛛 *Erigonidium graminicola*, 这些类群构成了天敌亚群落的主体, 对抑制害虫尤其是主要害虫(蚜虫、叶蝉)起到了非常重要的作用。

表2 害虫亚群落种类个体数及其相对丰盛度

**Table 2 Individual number of pest subcommunity species and its relative abundance**

科名	类群	个体数 个	相对丰盛度
Family name	Group	Individual number	Relative abundance
蚜科	Aphididae	4858	0.6912
叶蝉科	Cicadellidae	1433	0.2039
角蝉科	Membracidae	20	0.0028
沫蝉科	Cercopidae	6	0.0009
蜡蝉科	Fulgoroidea	2	0.0003
花金龟科	Cetoniidae	272	0.0387
叶甲科	Chrysomelidae	31	0.0044
金龟科	Scarabaeidae	8	0.0011
丽金龟科	Rutidae	4	0.0006
叩头甲科	Elateridae	1	0.0001
盲蝽科	Miridae	51	0.0073
猎蝽科	Reduviidae	47	0.0067
缘蝽科	Coreidae	5	0.0007
长蝽科	Lygaeidae	4	0.0006
尺蛾科	Geometridae	162	0.0231
毒蛾科	Lynxidae	29	0.0041
舟蛾科	Notodontidae	25	0.0036
螟蛾科	Pyralidae	3	0.0004
袋蛾科	Psychidae	2	0.0003
灯蛾科	Arctiidae	1	0.0001
蝗科	Acrididae	36	0.0051
菱蝗科	Tetrigidae	28	0.0039

表3 天敌亚群落种类个体数及其相对丰盛度

**Table 3 Individual number of the natural enemy subcommunity species and its relative abundance**

科名	类群	个体数 个	相对丰盛度
Family name	Group	Individual number	Relative abundance
草蛉科	Chrysopidae	24	0.0202
螳螂科	Mantidae	60	0.0505
圆蛛科	Araneidae	221	0.1860
蠼斯科	Tetrigonidae	10	0.0084
蜻科	Pentatomidae	232	0.1953
寄蝇科	Tachinidae	10	0.0084
瓢甲科	Coccinellidae	399	0.3359
小蜂科	Chalcididae	136	0.1145
姬蜂科	Ichneumonidae	96	0.0808

**2.2 野生植物昆虫群落组织水平** 野生植物昆虫群落组织水平的各项指标见表4。

表4 野生植物昆虫各类群的群落组织水平各项指标

**Table 4 Each index of the community organization level of each insect species in the wild plants**

类群	优势集中性	优势度	多样性指数	均匀度
Group	Dominant concentration	Dominance	Diversity index	Evenness
总群落	0.2604	0.4713	2.0311	0.5367
Total community				
害虫亚群落	0.5216	0.6912	0.9471	0.3064
Pest subcommunity				
天敌亚群落	0.2083	0.3356	1.7597	0.8009
Natural enemy subcommunity				

**2.2.1 昆虫群落的优势集中性和优势度。**优势集中性指数和优势度是群落生态学常用的2个指标,有着相似的含义,均表示群落中优势种数量上占优势的程度。

表4中列出了野生植物总群落、害虫亚群落和天敌亚群落的优势集中性指数以及优势度,两者都表现为:害虫亚群落>总群落>天敌亚群落。可见,总群落在数量上主要受到害虫亚群落的影响,在害虫亚群落中有着明显的优势种群——同翅目昆虫,而天敌亚群落的低水平数值则表明该亚群落中有着多种数量上相对平均的天敌同时对主要害虫种群起作用。

5~10月,野生植物昆虫群落优势集中性为0.1370~0.3507,优势度为2.4387~5.0024,变动的范围均较大,说明在整个调查期间刺槐蚜 *Aphis robinae* Macchiati 的种群数量明显受到来自天敌和其他环境因素的影响。同时优势集中性和优势度的变动趋势几乎一致,均为低-高-低(图1),这说明用这两个指标进行群落分析的结果是可信的。

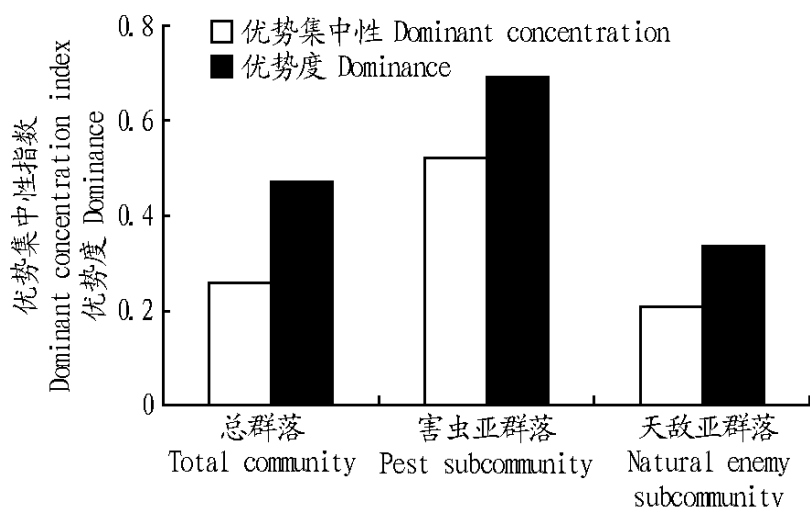


图1 野生植物昆虫各类群优势集中性、优势度比较

Fig.1 The dominant concentration and dominance comparison among each insect group in wild plants

**2.2.2 昆虫群落的均匀度。**总群落及各亚群落均匀度见表4,总群落的均匀度为0.5367,害虫亚群落均匀度为0.3064,天敌亚群落为0.8009,可见天敌亚群落>总群落>害虫亚群落。总群落与害虫亚群落均匀度水平接近,变化趋势也相似(图2)。这说明害虫亚群落对总群落形成了比较大的影响,而且天敌亚群落的均匀度水平明显高于其他2个群落,可以说明天敌亚群落中包含多种数量较为均匀的天敌。

**2.2.3 昆虫群落多样性。**群落多样性是一个反映生态系统

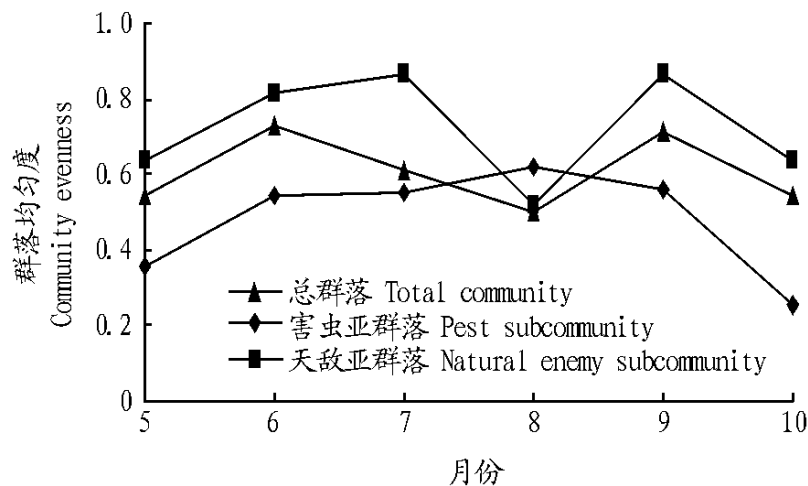


图2 野生植物昆虫群落均匀度

Fig.2 The evenness of the insect community in wild plants

结构与功能的重要特征指标。在群落的种类组成中,相对丰盛度很高的优势种类只占群落的很小比例,大多数是决定群落种类多样化的普通种类,数量也很少。群落多样性与稳定性有一定的关系,一般是多样性高的群落,稳定性也相对较高<sup>[6-7]</sup>。

该文采用 Shannon-Winner 多样性指数进行调查,结果(表4)显示:总群落的多样性指数为2.0311,害虫亚群落多样性指数为0.9471,天敌亚群落为1.7597,总群落>天敌亚群落>害虫亚群落。总群落中包括了中性昆虫及蜘蛛类,故总群落的多样性指数最大。与天敌亚群落相比,虽然害虫亚群落中物种的种类比较多,但是在优势种群数量上太大。从多样性指数的计算公式可知,多样性指数大小与物种的总个体数有一定的负相关关系,因此害虫亚群落中总个体数越大其多样性指数越小。

**2.3 昆虫群落多样性组分分析** 群落多样性是由多个因素共同决定的,如物种数、个体数、物种丰富度等,是一个综合性的指标,且不同群落其影响因子不同。为深入测定群落多样性指数同群落中其他生态学指标的相互关系,该文对野生植物中昆虫群落的多样性 H 及其主要成分——物种数、个体数、均匀度、优势度、优势集中性和物种丰富度进行相关分析,并分析了在剔除相关因素(多样性 H)的情况下其他生态指标之间的偏相关关系。

野生植物昆虫总群落多样性指数与群落物种数、个体数、均匀度、优势度、优势集中性和物种丰富度各生态指标间的相关矩阵见表5。

表5 野生植物类型昆虫总群落主要生态指标的相关矩阵

Table 5 The correlation matrix of main ecological indices in total insect community in wild plant species

指标 Index	S	N	E	D	C	R	H
S	1.000 00	0.665 28	0.518 11	-0.228 82	-0.494 87	0.988 01 <sup>*</sup>	0.806 87
N		1.000 00	0.117 08	-0.139 91	-0.241 74	0.542 53	0.384 73
E			1.000 00	-0.828 61	-0.965 18	0.560 09	0.922 03 <sup>**</sup>
D				1.000 00	0.931 78 <sup>**</sup>	-0.228 26	-0.680 74
C					1.000 00	-0.507 53	-0.890 94
R						1.000 00	0.829 93 <sup>*</sup>
H							1.000 00

注:\*,\*\* 分别表示在0.05,0.01水平上有差异;S为物种数;N为个体数;E为均匀度;D为优势度;C为优势集中性;R为物种丰富度;H为多样性指数。

Nte: \* and \*\* mean significant difference at 0.05 and 0.01 levels respectively. S, Species number; N, Individual number; E, Evenness; D, Dominance; C, Dominant concentration; R, Species richness; H, Diversity index.

数少、植株矮小等的现象,可见试验结果与现实情况是相符合的。孟凡磊等通过研究在陕西杨凌种植的西藏春青稞发现大多数青稞品种的主要缺点是株型过于高大,而且有效分蘖较少<sup>[5]</sup>,由于不同的气候、土壤等方面的原因,这种结果与西藏地区农田实际种植青稞的表现并不一致。王恒良等在西藏林芝地区运用相关与通径分析方法研究得出,不同品种同等施氮水平条件下,春青稞产量构成因素中对产量直接影响的程度为千粒重>单穗粒数>单位面积成穗数<sup>[6]</sup>,这与笔者得出的试验结果存在一定差异。目前有关施氮水平对西藏高原地区春青稞产量构成因素影响的研究报道不多,根据学者们在其他地区与其他作物上的研究结果<sup>[7-11]</sup>,笔者认为,可能正是因为施氮水平对不同农艺性状具有不同的效应,从而进一步影响各农艺性状与产量关联度的大小。

由于结构调整的需要,加大投入,提高单产水平已经成为西藏地区春青稞生产的主要措施之一。但目前关于西藏高原地区施氮水平对青稞(包括春青稞)农艺性状影响的研究报道为数甚少,笔者得到的试验结果将在一定程度上填补有关空白。由于作物农艺性状对产量的关联度存在一定的差异,各性状对较高施氮水平的反应也具有不同的规律,在确定主攻目标与最佳施氮量时应区别对待,一方面要有利于提高作物生产过程中氮肥的利用效率并提高生产力,另一方

(上接第10982页)

野生植物昆虫群落中,各生态指标之间的相关程度表现为:群落的物种数与物种丰富度的相关系数达到了极显著水平( $|r_{ij}| > r_{0.01} = 0.9172$ );均匀度、多样性及优势度与优势集中性之间均达到了极显著相关关系;物种丰富度与多样性指数之间达到了显著相关关系( $|r_{ij}| > r_{0.05} = 0.8114$ )。这说明群落中物种数越多,其物种丰富度就越大;群落的均匀度越大,其多样性指数越大;优势度与优势集中性也呈正相关关系。另外,均匀度与优势度、优势集中性与多样性指数均达到了显著负相关,均匀度与优势集中性达到了极显著负相关,即优势集中性越大,均匀度与多样性指数越小。

以上是从指标间单纯相关系数来反映其相关关系,并不能很准确地反映出生态指标间的相关关系,而且单纯的相关系数分析生态指标间的关系,事实上可能有夸大的成分。因此,需要在同多样性指数都显著相关的生态指标的情况下,剔除多样性指标后,利用偏相关分析来分析其相关程度。

从表5可知,野生植物群落中,同多样性指数达到显著相关的指标有均匀度和物种丰富度,而在对照区同多样性指数达到显著相关的有物种数和物种丰富度。在这种情况下,经分析可知,野生植物昆虫群落生态指标偏相关系数为-0.94979,相伴概率为0.0134。说明野生植物昆虫群落

面要避免因施氮过量而造成环境污染。综合上述分析,笔者认为,西藏高原地区春青稞的施氮水平应控制在150~225 kg/hm<sup>2</sup>,并根据实际情况进行具体调整,培育大穗与较高秆(抗倒)品种、提高单穗小穗数与穗粒数可能应成为春青稞育种与栽培管理工作的主攻目标。

#### 参考文献

- [1] 吴建明,谢正荣,沈小妹.灰色关联度分析法应用于水稻品种综合评判的探索[J].种子,1990(3):33-35.
- [2] 孟凡磊,强小林,余奎军,等.西藏主要农区青稞品种的遗传多样性分析[J].作物学报,2007,33(11):1910-1914.
- [3] 刘翠花,朱永官.西藏青稞主产区土壤肥力现状与施肥对策[J].土壤肥料,2005(3):23-26.
- [4] 刘廷辉.灰色系统理论在青稞品种综合试验中的应用[J].大麦科学,2004(3):13-16.
- [5] 孟凡磊,赵亚斌,强小林,等.不同地区大麦品种农艺性状比较与西藏青稞品种改良[J].麦类作物学报,2006,26(5):185-188.
- [6] 王恒良,栾运芳.西藏林芝地区青稞产量构成因素的相关和通径分析[J].大麦与谷类科学,2007,(3):10-13.
- [7] 周瑞庆,萧光玉,汪大明,等.施氮量对水稻产量及产量构成因素的影响[J].作物研究,1992,6(5):21-26.
- [8] 吴国峰,沈盈航,唐钧,等.氮肥运筹方式对大麦产量及其构成因素的影响[J].大麦科学,2001(4):33-35.
- [9] 秦亚平,李志玉,廖星,等.不同施氮量对中双9号农艺性状和经济性状的影响[J].湖北农业科学,2006,45(1):80-83.
- [10] 周顺利,张福锁,王兴仁.高产条件下冬小麦产量性状的品种差异及氮肥效应[J].麦类作物学报,2001,21(2):67-71.
- [11] 浙江农业大学.作物营养与施肥[M].北京:中国农业出版社,1990:44-58.

中均匀度与物种丰富度达到极显著负相关。

### 3 结论与讨论

总体上,野生植物害虫亚群落的物种个体数明显多于天敌亚群落的个体数,即害虫亚群落在数量上所占的比例较大,野生植物害虫亚群落的优势种为同翅目的刺槐蚜,其相对丰盛度是0.6912;野生植物天敌亚群落的优势种是龟纹瓢虫和异色瓢虫,其相对丰盛度达到0.3359。

通过优势集中性、多样性等多个群落生态学指标对野生植物昆虫群落组织水平进行分析,优势集中性和优势度2项指标均显示为:害虫亚群落>总群落>天敌亚群落;野生植物天敌亚群落多样性指数高于害虫亚群落。

研究得出,野生植物昆虫群落中均匀度与物种丰富度达到极显著负相关,说明野生植物中昆虫的丰富度越高,其昆虫的均匀度就越低。

#### 参考文献

- [1] 程胜高,鱼红霞,殷坤龙.高速公路生态环境评价的研究[J].环境保护,2000(8):21-23.
- [2] 江玉林,杜娟.高等级公路生态环境保护问题与对策[J].公路,2000(8):68-72.
- [3] 夏敬源,王月恒,马艳,等.不同类型棉田昆虫群落调查的抽样方法研究[J].棉花学报,1995,7(3):179-183.
- [4] 莫建初,王问学,廖飞勇,等.马尾松林昆虫群落多样性调查抽样技术的研究[J].中南林学院学报,1997,17(3):18-21.
- [5] 余建英,何旭宏.数据统计分析与SPSS应用[M].北京:人民邮电出版社,2003.
- [6] 赵志模,周新远.生态学引论[M].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1984.
- [7] 庞雄飞.昆虫种群系统的研究概述[J].生态学报,1990,10(4):373-378.