

环青海湖不同草地类型昆虫群落多样性研究

纪佳怡¹, 来有鹏^{1*}, 周华坤²

(1. 青海大学, 青海省农业有害生物综合治理重点实验室, 青海 西宁 810016; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海省寒区恢复生态学重点实验室, 青海 西宁 810016)

摘要:【目的】调查环青海湖地区高寒草甸、沼泽化草甸以及人工草地和山地干草原交界地带的昆虫多样性, 为草地生态健康和草地生态恢复提供理论依据。【方法】采用马氏网诱捕昆虫, 运用多样性指数等统计分析不同草地昆虫群落结构及其多样性。【结果】共采集昆虫样本 36 990 头, 隶属于 9 目 57 科, 其中双翅目(Diptera)个体数最多, 占 40.35%。3 种草地类型采集昆虫数量表现为交界地带草地>高寒草甸>沼泽化草甸; 从昆虫在不同草地类型分布上来看, 高寒草甸昆虫 12 684 头, 隶属于 9 目 43 科, 占调查总个体数的 34.29%。沼泽化草甸上的昆虫 4 198 头, 隶属于 9 目 41 科, 占调查昆虫总个体数的 11.35%。交界地带草地共捕获昆虫 20 018 头, 隶属于 8 目 52 科, 占调查总个体数的 54.12%。不同草地类型昆虫群落多样性指数随季节的变化而发生变化, 其中 Shannon—wiener 多样性和 Pielou 均匀度的第一峰值均出现在 8 月中旬, 而 Simpson 优势度和 Margalef 丰富度指数出现情况则与其相反, 最低值出现在 8 月中旬, 且沼泽化草甸昆虫群落的 Pielou 均匀度指数显著低于其他两类型草地, 交界地带草地昆虫的 Margalef 丰富度指数显著高于其他两类型草地($P<0.05$)。高寒草甸和交界地带草地的昆虫物种相似度表现为极度相似。【结论】环青海湖地区昆虫群落多样性指数和均匀度指数呈季节性变化趋势。人工草地和山地干草原交界地带草地的昆虫物种最丰富, 高寒草甸次之, 沼泽化草甸昆虫物种多样性最低。双翅目昆虫为 3 个不同类型草地的优势类群。

关键词:昆虫; 种类; 分布; 群落多样性; 草地类型; 青海湖

中图分类号:S512.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2025)02-0186-10

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2025.02.021



青海湖环湖地区是封闭式内陆盆地, 地理位置位于 36°21'~37°12' N、99°38'~100°45' E, 总面积 296.61 万 hm^2 , 海拔 3 194~5 174 m, 草地面积 213.65 万 hm^2 ^[1], 是我国西北干旱区、西南高寒区和东部季风区的交汇区, 对整个青海西部沙漠化起到屏障保护作用, 是维系青藏高原东北部生态安全的重要屏障^[2]。因自然环境的变迁、人类活动的干预和过度放牧等因

素的影响, 青海湖地区的草地出现了退化沙化的问题^[3-4], 使草地生态系统的结构、功能受到破坏^[5]。

昆虫对于周围的环境反应极为敏锐^[6-7], 作为草地生态系统中的一类重要生物, 其多样性直接反映了草原生态系统的健康状况和稳定性, 同时也是评估草原健康状况的关键指标之一^[8]。随着现代生态学的发展, 越来越多地研究发现昆虫在生态环境中有着不可替代的作用。贾春生等^[9]调查了森林植物群落对昆虫群落的响应, 发现植物群落物种的复杂程度极大地影响昆虫群落多样性。植物群落组成和结构越复杂, 昆虫多样性就越丰富。李旭梅^[10]研究宁夏南华山草甸草原昆虫和植物, 发现昆虫群落对植物功能丧失响应程度不同, 昆虫和植物多样性指数和丰富度指数间呈等速生长关系, 昆虫和植物优势度和均匀度指数间呈

收稿日期:2024-05-06; **修回日期:**2024-09-24

基金资助:青海省寒区恢复生态学重点实验室项目(2017-ZJ-Y20)

作者简介:纪佳怡(1999-), 女, 河南省平顶山人, 硕士研究生。E-mail:jjiaiyi559@163.com

*通信作者, 研究方向为昆虫学及有害昆虫防治。E-mail:yplai@126.com

异速生长关系。因此通过深入研究草地昆虫的多样性,可以更好地了解该地区的生态状况,为生态环境保护提供科学依据,具有重要的意义。

目前有关环青海湖地区草地昆虫多样性研究较少,且研究多集中于草地植被多样性调查。关于环青海湖地区不同草地昆虫多样性及群落结构分布尚不明确。因此,通过调查统计环青海湖地区高寒草甸、沼泽化草甸以及人工草地和山地干草原的交界地带草地昆虫的种类和数量,分析昆虫群落结构、昆虫多样性状况以及种群季节动态变化,明确该地区不同草地上昆虫的优势类群和种群动态,可以为草地生态恢复和草地生态健康提供基础数据和理论依据。

1 材料和方法

1.1 样地概况

调查点位于青海省西宁市海北藏族自治州海晏

县哈勒景蒙古族乡。海拔 3 000~3 500 m,年平均气温仅为 0.5℃,年平均降水量为 391.9 mm,年日照时间长达 2 912.7 h,有充足的日照资源。此外,该地区受高山阻挡,常年多云,风力较强,平均风力大于 8 级。土壤类型整体为砂壤土,但在土壤垂直剖面上存在分层现象:表层 0~30 cm 为粉壤土,质地较细,30~50 cm 则为粘壤土,土壤颗粒较细且粘性增强^[11]。按照青海省高寒草甸分类系统,环青海湖片草地主要包括山地干草原类、高寒干草原类和高寒草甸类,其中高寒草甸类又可分为高山草甸亚类和沼泽化草甸亚类^[12]。调查区域天然草地类型主要为高寒草甸,沼泽化草甸和山地干草原,又有当地牧民种植的大片燕麦田,因此实验样地选择为高寒草甸,沼泽化草甸,人工种植的燕麦田和山地干草原的交界地带。在 3 个实验样地,分别设置 2 个昆虫取样点,共设置 6 个取样点(表 1)。

表 1 各样点分布及其植被类型
Table 1 Diverse distribution and vegetation

草地类型	地理坐标	海拔/m	主要植物种类
高寒草甸	101°00'37" E、37°03'31" N	3 241.2	高山嵩草、披针叶野决明、黄帚橐吾、刺芒龙胆、麻花艽、百脉根、紫花苜蓿、冷蒿、飞廉、高原毛茛、珠芽蓼
	101°00'35" E、37°03'34" N	3 235.4	
沼泽化草甸	100°59'42" E、37°02'55" N	3 185.4	矮生嵩草、藏北嵩草、黑褐苔草、紫云英、圆穗蓼、珠芽蓼、蓝白龙胆、银叶火绒草、达乌里龙胆、乳白香青、密生苔草
	101°00'03" E、37°03'15" N	3 36.3	
交界地带	100°59'52" E、37°02'03" N	3 178.7	燕麦、芨芨草、葛缕子、倒提壶、蓬子菜、春黄菊、密花香薷、播娘蒿、蓝翠雀花、白花枝子花、细叶大戟、高山紫菀、圆叶风铃草、麻花艽、狼毒、黑柴胡、垂穗披碱草
	100°59'51" E、37°02'01" N	3 175.2	

1.2 调查方法

昆虫诱集参照吴琮等^[13]方法,即改进优化后的马氏网诱捕法。调查时间为 2023 年 7 月—2023 年 10 月,每个月调查 2 次,每次调查时间为 1 天,10 月份调查 1 次,共调查 7 次。在每次收集昆虫后,带回实验室进行后续的详细鉴定和数量统计^[14]。

1.3 昆虫分类鉴定

种类鉴定主要基于外部形态特征,主要参考:《普通昆虫学》^[15]、《昆虫分类》^[16]、《昆虫学导论》^[17]、《青海经济昆虫志》^[18]和《宁夏贺兰山昆虫》^[19]等书籍资料,鉴定至科。

1.4 昆虫群落结构及多样性分析

相对丰盛度 P_i 表示昆虫群落中各科丰盛度与总丰盛度的比值,用下式计算:

$$P_i = N_i / N$$

式中:群落丰盛度 N 为昆虫个体总数, N_i 为第 i 个科的丰盛度。

昆虫群落多样性采用 Shannon—Wiener 多样性指数(H')进行表示:

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

式中: P_i 为第 i 个科的个体数占总数个体数的比值^[20]。

昆虫丰富度指数(Richness index),采用 Margalef 丰富度指数(D)进行计算:

$$D = S - 1 / \ln N$$

式中: S 表示昆虫群落包含的所有科数。

昆虫群落均匀度指数(J)计算公式为:

$$J = H' / H_{\max} = H' / \ln S$$

式中: $H_{\max}$ 为群落的最大多样性指数。

昆虫群落生态优势度指数(Ecological concentration)以 Simpson集中性指数(C)表示,计算公式:

$$C = \sum P_i^2$$

昆虫群落数量,10%以上为优势类群,1%~10%为常见类群,1%以下为稀有类群^[21]。

昆虫群落采用 Jaccard 相似性系数计算不同草地类型之间昆虫群落相似性,计算公式为:

$$JA = c / (a + b - c)。$$

式中:a为A群落的类群数;b为B群落的类群数;c为A、B两类群的共有群落数。当 $JA = 0 \sim 0.25$ 时,为极不相似;当 $0.25 < JA \leq 0.50$ 时,为中等不相似;当 $0.50 < JA \leq 0.75$ 时,为中等相似;当 $0.75 < JA \leq 1.00$ 时,为极相似^[22]。

1.5 数据处理

采用 Excel2021、SPSS24.0 软件、Adobe Photoshop2019 软件和 Arcgis10.4 软件进行统计分析和制图^[23]。

2 结果与分析

2.1 昆虫群落结构

通过诱捕共收集到 36 990 头昆虫样本,经鉴定隶属于 9 目 57 科(表 2)。其中,高寒草甸的昆虫隶属于 43 科,沼泽化草甸的昆虫隶属于 41 科,交界地带草地的昆虫则隶属于 52 科(表 3)。双翅目(Diptera)昆虫的科数最多为 23 科,占总科数比值的 40.35%;膜翅目(Hymenoptera)昆虫、半翅目(Hemiptera)昆虫和鳞翅目(Lepidoptera)昆虫占总科比值相似,膜翅目昆虫分为 9 个科,它们在总科数中的比值为 15.79%;半翅目昆虫有 8 科,占总科数比值的 14.04%;鳞翅目昆虫有 7 科,占总科数比值的 12.28%;鞘翅目(Coleoptera)昆虫和脉翅目(Neuroptera)昆虫科数相对较少,鞘翅目昆虫有 5 科,占总科数比值的 8.77%;脉翅目昆虫有 2 科,占总科数比值的 3.51%;此外,毛翅目(Trichoptera)、襀翅目(Plecoptera)和直翅目(Orthoptera)昆虫各含有 1 科,均占到总科数的 1.75%。

表 2 青海省海北藏族自治州海晏县哈勒景蒙古族乡地区昆虫群落结构

Table 2 Insect community structure in Halejing Mongolian Township, Haiyan County, Haibei Tibetan Autonomous Prefecture, Qinghai Province

目	科数		个体数		多样性指数 H'	均匀度指数 J
	数量/个	占比/%	数量/个	占比/%		
双翅目	23	40.35	28 340	76.80	2.417	0.771
膜翅目	9	15.79	4971	13.48	0.524	0.238
鞘翅目	5	8.77	102	0.28	1.360	0.845
鳞翅目	7	12.28	2196	6.00	0.998	0.513
半翅目	8	14.04	856	2.32	1.542	0.742
脉翅目	2	3.51	38	0.10	0.206	0.297
毛翅目	1	1.75	16	0.04	0	0
襀翅目	1	1.75	106	0.29	0	0
直翅目	1	1.75	275	0.75	0	0
合计	57	100	36 990	100		

表 3 不同草地类型下昆虫组成及分布

Table 3 Composition and distribution of insects in different grassland groups

目	科	高寒草甸	沼泽化草甸	交界地带
双翅目 Diptera	蚊科 Culicidae	+	+	+
	大蚊科 Tipulidae	+	+	+
	毛蚊科 Bibionidae	+	+	+
	摇蚊科 Chironomidae	+	+	+
	蕈蚊科 Mycetophilidae	+	+	+
	蜂虻科 Bombyliidae	+	+	+
	虻科 Tabanidae	+	+	+
	舞虻科 Empididae	+	+	+

续表 3

目	科	高寒草甸	沼泽化草甸	交界地带
	食虫虻科 Asilidae	+		+
	长足虻科 Dolichopodidae	+	+	+
	秆蝇科 Chloropidae	+	+	+
	彭翅蝇科 Sepsidae	+	+	+
	寄蝇科 Tachinidae	+	+	+
	花蝇科 Anthomyiidae	+	+	+
	实蝇科 Tephritidae	+	+	+
	食蚜蝇科 Syrphidae	+	+	+
	果蝇科 Drosophilidae	+	+	+
	蚤蝇科 Phoridae	+	+	+
	丽蝇科 Calliphoridae	+	+	+
	瘦足蝇科 Tylidae			+
	粪蝇科 Scathophagidae	+	+	+
	麻蝇科 Sarcophagidae	+	+	+
	蝇科 Muscidae	+	+	+
膜翅目 Hymenoptera	姬蜂科 Ichneumonidae	+	+	+
	茧蜂科 Braconidae	+		+
	熊蜂科 Bombidae			+
	叶蜂科 Tenthredinidae	+	+	+
	泥蜂科 Sphecidae		+	
	胡蜂科 Vespidae		+	
	金小蜂科 Pteromalidae	+		+
	蜜蜂科 Apidae			+
	蚁科 Formicidae	+	+	+
鞘翅目 Coleoptera	叶甲科 Chrysomeloidea	+		+
	步甲科 Carabidae	+	+	+
	瓢虫科 Coccinellidae	+	+	+
	葬甲科 Silphidae		+	
	金龟科 Scarabaeidae			+
鳞翅目 Lepidoptera	细蛾科 Gracilariidae			+
	草螟科 Crambidae	+	+	+
	夜蛾科 Noctuidae	+	+	+
	卷蛾科 Tortricidae	+	+	+
	毒蛾科 Lymantridae	+		
	灰蝶科 Lycaenidae	+		+
	蛱蝶科 Nymphalidae		+	+
半翅目 Hemiptera	蚜科 Aphididae	+	+	+
	个木虱科 Triozidae			+
	木虱科 Psyllidae	+		+
	叶蝉科 Cicadellidae	+	+	+
	蝽科 Pentatomidae			+
	红蝽科 Pyrrhocoridae		+	+
	姬蝽科 Nabidae			+
	盲椿科 Miridae	+	+	+

续表 3

目	科	高寒草甸	沼泽化草甸	交界地带
脉翅目 Neuroptera	褐蛉科 Hemerobiidae	+	+	+
	草蛉科 Chrysopidae			+
毛翅目 Trichoptera	石蛾科 Trichoptera	+	+	
襀翅目 Plecoptera	叉襀科 Nemouridae	+	+	+
直翅目 Orthoptera	蝗科 Acridoidea	+	+	+

注：“+”表示分布于该草地

在3种草地类型中,双翅目、膜翅目和鳞翅目均为优势类群。在交界地带草地,除了上述3个类群外,半翅目也有一定的分布。交界地带草地的优势类群个体数占比最高,达到了83.32%。相对而言,沼泽化草甸的优势类群个体数占比最低,为73.17%。高寒草甸的优势类群个体数占比则为76.74%,与沼泽化草甸相比,相差不明显(表4)。

表 4 不同草地类型下草地昆虫群落优势类群和常见类群

Table 4 Dominant groups and general groups of grassland insect communities under different grassland groups

草地类型	优势类群(>10%)	一般类群(1%~10%)
高寒草甸	双翅目 Diptera(46.51%)、膜翅目 Hymenoptera(16.28%)、鳞翅目 Lepidoptera(13.95%)	鞘翅目 Coleoptera(6.98%)、半翅目 Hemiptera(6.98%)、毛翅目(2.33%)、脉翅目 Neuroptera(2.33%)、襀翅目 Plecoptera(2.33%)、直翅目 Orthoptera(2.33%)
沼泽化草甸	双翅目 Diptera(46.34%)、膜翅目 Hymenoptera(14.63%)、鳞翅目 Lepidoptera(12.20%)	鞘翅目 Coleoptera(7.32%)、半翅目 Hemiptera(9.76%)、毛翅目(2.44%)、脉翅目 Neuroptera(2.44%)、襀翅目 Plecoptera(2.44%)、直翅目 Orthoptera(2.44%)
交界地带	双翅目 Diptera(42.59%)、膜翅目 Hymenoptera(14.81%)、鳞翅目 Lepidoptera(11.11%)、半翅目 Hemiptera(14.81%)	鞘翅目 Coleoptera(9.26%)、襀翅目 Plecoptera(1.85%)、直翅目 Orthoptera(1.85%)、脉翅目 Neuroptera(3.70%)

2.2 不同草地类型下昆虫数量动态变化

不同草地类型昆虫总个体数量变化随着季节的转变也随之变化。高寒草甸和沼泽化草甸昆虫个体数量呈现出单峰型变化,峰值出现时间相同,都出现在8月19日;而在交界地带草地昆虫个体数呈双峰型变化,且第2峰值高于第1峰值(图1)。

在不同草地类型中,半翅目昆虫的丰度变化(图

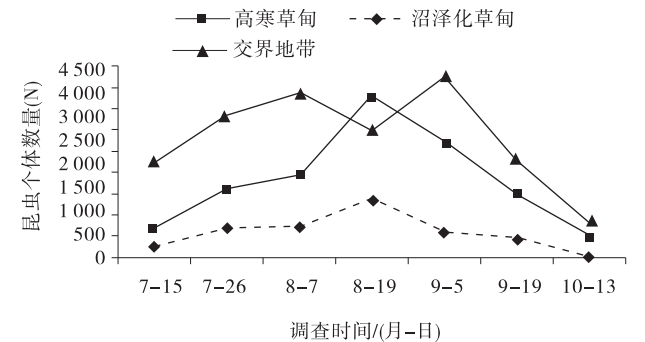


图 1 不同草地类型下昆虫总个体数季节变化

Fig. 1 Seasonal variation of total insect individual number under different grassland groups

2-A)在交界地带呈现双峰型,第1峰值出现在8月初,第2峰值出现在9月中旬,且第2峰值大于第1峰值,在9月之后昆虫个体数量直线下降。双翅目昆虫的丰度变化(图2-B)在交界地带呈现双峰型,两个峰值分别出现在8月初和9月初且第2峰值高于第1峰值。而在沼泽化草甸和高寒草甸呈现单峰型,峰值均出现在8月中旬。膜翅目昆虫的丰度变化(图2-C)呈现出各异的变化趋势,高寒草甸和交界地带呈现出双峰型,第1峰均出现在夏季的7月底,第2峰值出现在9月初,且第2峰值均大于第1峰值;沼泽化草甸呈现出单峰型,昆虫丰度出现在8月中旬。鳞翅目昆虫的丰度变化(图2-D)在高寒草甸呈现双峰型,第2峰值大于第1峰值,到达第2峰值后呈现较明显的下降趋势;在沼泽化草甸和交界地带草地呈现单峰型,在八月中旬达到峰值,之后出现下降趋势。

2.3 不同草地类型下昆虫多样性动态变化

不同草地类型下昆虫群落的多样性指数结果显

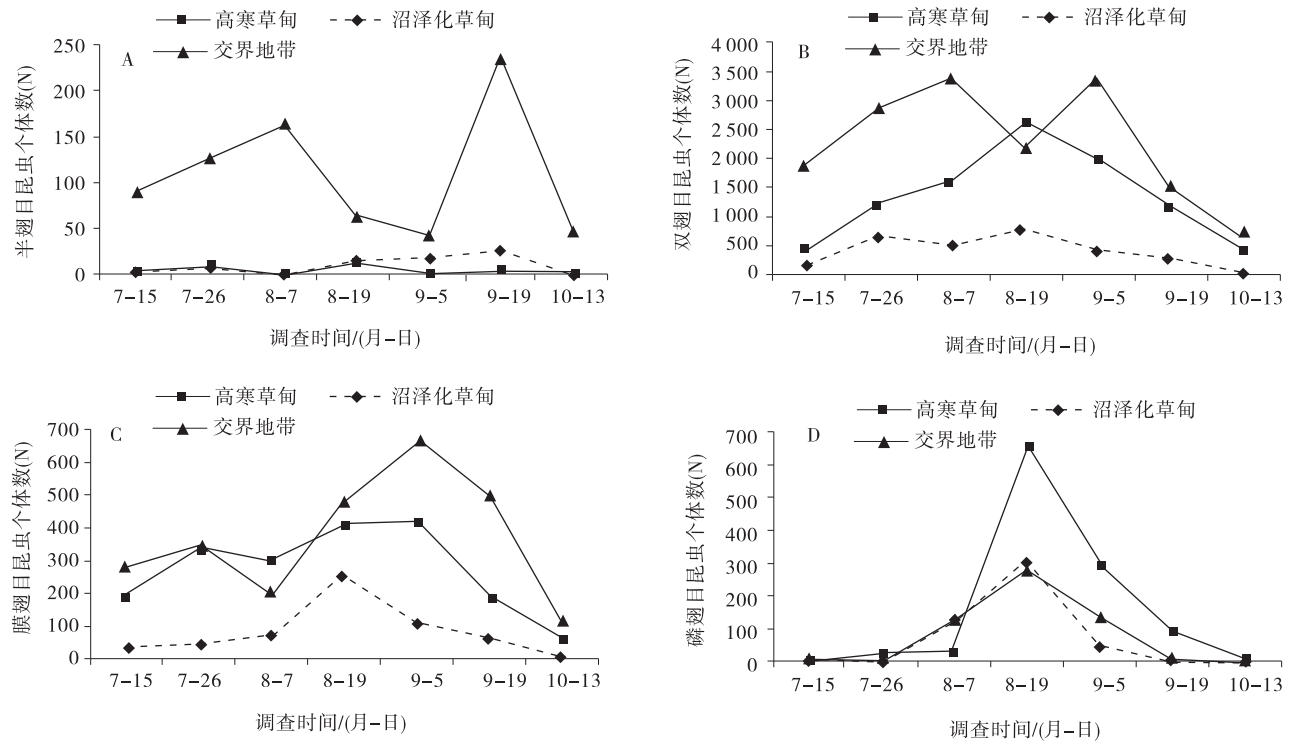


图 2 不同草地类型下优势目总体个数季节变化

Fig. 2 Seasonal variation of total insect individual number under different grassland groups

示,沼泽化草甸的昆虫 Shannon—Wiener 多样性指数相较于其他两类草地类型表现为较高的数值;Simpson 优势度指数表现为交界地带草地(0.647) > 高寒草甸(0.632) > 沼泽化草甸(0.582);相对于 Pielou 均匀度指数而言,沼泽化草甸最高(0.285)差异显著($P < 0.05$)。交界地带草地的昆虫丰富度指数最高,显著高于高寒草甸和沼泽化草甸($P < 0.05$)(表 5)。

高寒草甸昆虫 Margalef 丰富度指数在 9 月初达到峰值,沼泽化草甸昆虫 Margalef 丰富度指数变化趋于平缓,总体差异不明显。交界地带草地昆虫 Margalef 丰富度指数呈双峰型变化,具体来说,该指数先升高,在 8 月初期达到第 1 峰值,随后降低在 8 月中旬达到最低点之后,再次升高,在 9 月中旬达到更高的第 2 峰值,随后下降(图 3-A)。

高寒草甸昆虫 Simpson 优势度指数呈现双峰型变

化趋势,具体来说,这一指数首先升高,然后在 8 月初期达到第 1 峰值,随后降低;到了 8 月中旬达到最低点之后,再次升高,最终在 10 月份达到更高的第 2 峰值。沼泽化草甸昆虫 Simpson 优势度指数呈现单峰型变化特点,峰值出现在 7 月中旬,最低值出现在 8 月中旬。交界地带草地昆虫 Simpson 优势度指数变化较为复杂呈现 3 峰型变化趋势,尽管整体趋势为下降,但指数先升高,在 8 月初达到第 1 峰值,随后降低;到 9 月初达到第 2 峰值,再次降低后,在 10 月中旬达到第 3 峰值。其中,第 1 峰值最高,第 3 峰值次之,第 2 峰值最低。最低值出现在 9 月中期(图 3-B)。

高寒草甸昆虫 Pielou 均匀度指数呈单峰型变化,峰值出现在 8 月中旬,最低值出现在 10 月。沼泽化草甸昆虫 Pielou 均匀度指数展现出双峰型的变化趋势,具体表现为先降低后升高,再降低后再次升高。其中

表 5 不同草地类型下昆虫群落的多样性指数

Table 5 Diversity indexes of insect communities in different grassland groups

草地类型	多样性指数 H'	优势度指数 C	均匀度指数 J	丰富度指数 D
高寒草甸	0.671 ± 0.14^a	0.632 ± 0.08^a	0.211 ± 0.04^a	3.222 ± 0.42^a
沼泽化草甸	0.884 ± 0.26^a	0.582 ± 0.14^a	0.285 ± 0.09^b	3.202 ± 0.19^a
交界地带	0.717 ± 0.19^a	0.647 ± 0.09^a	0.205 ± 0.04^a	4.127 ± 0.43^b

注:同列数据后的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

第2峰值高于第1峰值,第1峰值出现在8月中旬,第2峰值在10月达到,该指数在7月中旬降至最低点。交界地带草地昆虫Pielou均匀度指数也呈双峰型变化,但其波动更为复杂。该指数首先降低,随后在8月中旬达到第1峰值,之后再次降低,在9月中旬达到第2峰值,但第2峰值略低于第1峰值。同样地,该指数在7月中旬也达到了一个低点(图3-C)。

高寒草甸昆虫Shannon—wiener多样性指数基本呈双峰型变化趋势,这种趋势具体表现为指数先升高后降低,接着再次升高随后又降低,且在10月降至最

低点。其中2个峰值分别出现在7月中旬和8月中旬,第2峰值,高于第1峰值,表明8月中旬是高寒草甸昆虫多样性最为丰富的时期。相比之下,沼泽化草甸昆虫Shannon—wiener多样性指数呈单峰型变化,该指数在7月中旬达到最低点后开始上升,于8月中旬达到峰值,随后逐渐降低。交界地带草地昆虫Shannon—wiener多样性指数基本呈双峰型变化,降低—升高—降低—升高—降低,第2峰值>第1峰值。最高峰值出现在9月中旬,最低值出现在7月中旬(图3-D)。

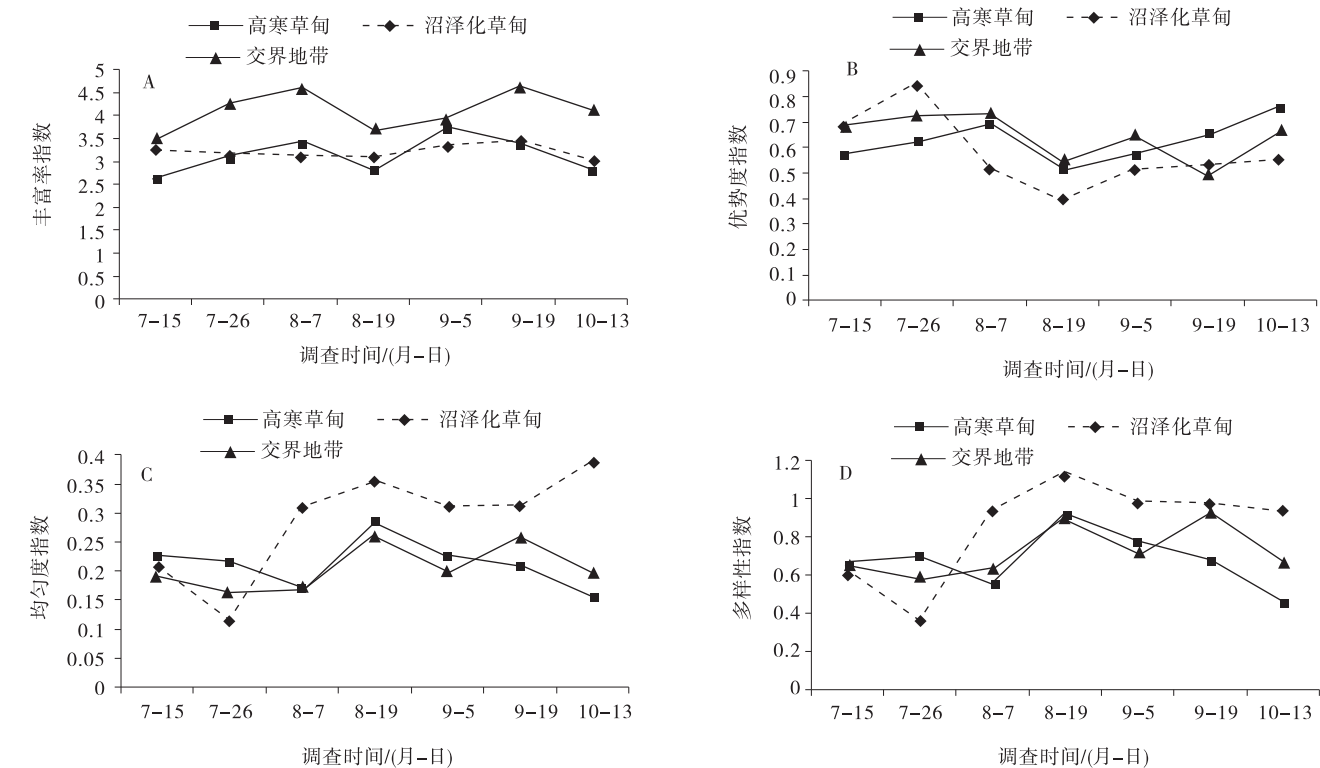


图3 不同草地类型下多样性指数季节动态变化

Fig. 3 Seasonal dynamic changes of insect diversity index under different grassland groups

高寒草甸和交界地带草地的昆虫群落相似度指数表现为极度相似,高寒草甸和沼泽化草甸以及交界地带草地和沼泽化草甸的草地昆虫群落相似度指数均表现为中等相似(表6)。

表6 不同草地类型下草地昆虫相似度指数
Table 6 Similarity index of grassland insects under different grassland types

草地类型	高寒草甸	沼泽化草甸	交界地带草地
高寒草甸	—	0.647	0.755
沼泽化草甸	—	—	0.727
交界地带草地	—	—	—

3 讨论

调查昆虫多样性有许多不同的方法,比如:巴氏罐陷阱法、拦截式诱捕器诱捕法^[24]、采用黄盘诱集、震落、灯诱、巴氏罐诱集、扫网法和马氏网诱捕法^[25]。本研究以马氏网集虫法为主,对环青海湖地区不同类型草地的昆虫群落结构的多样性进行了调查分析。马氏网集虫法是利用昆虫的趋旋光性和向上爬的特性,将昆虫吸引到酒精瓶中,这种方法适用于全天候随机采集移动中的昆虫,并且可以了解昆虫的迁徙和族群动态特征^[26]。其主要优势在于能够大幅减少采集所

需时间,并且采集的连续性高、持续时间长、效率高,适用于对昆虫进行长期监测^[27-28];不足之处在于,诱集至马氏网陷阱收集瓶中的鳞翅目昆虫,容易受酒精的腐蚀导致本身颜色褪去,增加了鉴定的困难^[29-30]。因此,在运用马来氏网进行昆虫诱集时,关键在于确保每个部分的绳索都保持紧绷状态,并且中间的黑色阻隔筛网与地面之间应无缝隙,以确保有效地诱集到部分爬行类昆虫。此外,面对恶劣的气候条件时,应及时检查马来氏网,确保没有损坏且各部分绳索紧固,以防因天气原因导致的损坏或松动^[31]。为了降低鳞翅目昆虫在收集后受损的问题,建议增加更换收集瓶的频率。每次更换后,应立即将鳞翅目昆虫取出,进行鉴定或妥善保存,以确保标本的完整性和研究数据的准确性。

植被对昆虫的多样性构成直接影响,其关键影响因素包括植物的结构复杂性、植物种类的多样性以及植物的生产力水平等。昆虫与植物作为陆地生态系统中不可或缺的重要组成部分,它们之间存在着密切而复杂的相互依赖关系,这种关系深刻影响着生态系统的整体结构与功能^[32]。本次调研涉及的3种草地类型中,交界地带草地展现出最丰富的植被种类,而沼泽化草甸的植被种类则相对较少,高寒草甸的植物种类数量介于两者之间。由于交界地带草地植物种类最丰富,该地区吸引了最多的昆虫物种数和昆虫个体数量。高寒草甸的昆虫物种数和昆虫个体数量排在第2位。相比之下,沼泽化草甸的昆虫物种数和昆虫个体数量则是最少的。采集到的双翅目昆虫主要为腐食性昆虫^[33],调研地区草地受到不同程度的当地牧民的放牧影响,而且轻度放牧会促进昆虫群落及其功能群多样性的提高^[34]。

调研地区季节更替明显,早晚温差较大,不同草地类型的昆虫群落的个体总数随季节的更迭而表现出显著的差异。高寒草甸和沼泽化草甸呈单峰型变化,交界地带草地昆虫个体数呈双峰型变化。交界地带草地的优势类群个体数也多呈双峰变化,这反映了研究区草地昆虫可能经历两个世代的生命循环周期。6月到8月,为环青海湖地区的夏季,此时地表植物丰富度最高。高寒草甸和沼泽化草甸,双翅目的峰值均出现在8月中旬,交界地带和沼泽化草甸,鳞翅目峰值

出现在8月中旬,沼泽化草甸膜翅目峰值出现在8月中旬。高寒草甸鳞翅目峰值出现在9月初。高寒草甸和交界地带草地,膜翅目峰值出现在9月初。综上所述,昆虫数量的季节动态显著受到优势类群的影响,这种影响并非仅由单一类群决定,而是多个类群协同作用的结果。同时,生物群落中物种间相互关系的动态变化,也深刻反映了昆虫对不同生境条件的适应性调整^[35]。

昆虫的Shannon—wiener多样性指数、Simpson优势度指数、Margalef丰富度指数、Pielou均匀度指数的峰值和最低值的出现时间不尽相同,这可能是由于不同草地类型下植被类型的利用程度的差异造成的。随着气温的降低,进入秋冬季,草原植被进入休眠状态,环境变得不适宜昆虫生存^[36],昆虫活动逐渐减少导致昆虫Shannon—wiener多样性指数开始降低。由于人工草地和山地干草原的交界地带的植物种类最丰富,其草地昆虫的Margalef丰富度指数显著高于其他2类草地。沼泽化草甸昆虫的Pielou均匀度指数与其他2类草地类型均有显著性差异,这种差异不仅体现在数值上,更显著的是最大值和最小值出现的时间点存在较大的差异。这种时间上的差异很可能源于不同类群的昆虫种群动态变化的不一致性。不同草地类型昆虫Simpson优势度指数的最低值出现在8月中旬,这与Shannon—wiener多样性指数,Pielou均匀性指数变化相反。

4 结论

人工草地和山地干草原交界地带草地的昆虫物种最丰富,其次为高寒草甸,沼泽化草甸的昆虫多样性最低。在各类草地中,双翅目、鳞翅目和膜翅目昆虫均占据显著的优势地位。昆虫群落Shannon—wiener多样性指数和Pielou均匀度指数季节性变化趋势相似。沼泽化草甸昆虫的Pielou均匀度指数与其他2类草地类型均有显著性差异,人工草地和山地干草原交界地带草地昆虫的Margalef丰富度指数显著高于其他2类草地。

参考文献:

- [1] 马延东,赵景波,邵天杰,等. 青海环湖地区草原土壤含水量及富集规律[J]. 中国农业科学,2015,48(10):1982—1995.

- [2] 高黎明,张乐乐. 青海湖流域植被盖度时空变化研究[J]. 地球信息科学学报,2019,21(9):1318—1329.
- [3] 郑伟. 环青海湖高寒草原植被和家畜增重对放牧的响应[D]. 西宁:青海大学,2014.
- [4] 宋磊,董全民,李世雄,等. 放牧对青海湖北岸高寒草原植物群落特征的影响[J]. 草业科学,2016,33(8):1625—1632.
- [5] 苏比努尔·吾麦尔江,吐尔逊娜依·热依木,于昭文,等. 山地草甸草地植物与昆虫多样性对放牧强度的响应[J]. 中国草地学报,2023,45(3):20—29.
- [6] Weigel M B ,Dimick J J. Development, validation, and application of a macroinvertebrate—based Index of Biotic Integrity for nonwadeable rivers of Wisconsin[J]. Journal of the North American Benthological Society, 2011, 30(3): 665—679.
- [7] Shokri R M , Gladstone W , Kepert A. Annelids, arthropods or molluscs are suitable as surrogate taxa for selecting conservation reserves in estuaries [J]. Biodiversity and Conservation,2009,18(5):1117—1130.
- [8] 宋晓晓,刘光明,孙志鹏,等. 昆虫多样性在草地生态恢复评价中的应用前景及展望[J]. 中国草地学报,2022,44(10):105—115.
- [9] 贾春生,迟德富,胡隐月. 森林植物群落对昆虫群落的影响[J]. 安徽农业科学,2006(9):1871—1872.
- [10] 李旭梅. 宁夏草甸草原植物多样性与昆虫物种多样性关系研究[D]. 银川:宁夏大学,2023.
- [11] 魏永林,严德行,宋理明,等. 青海湖地区草甸化草原主要优势种牧草对气候变化的响应[J]. 青海草业,2011,20(2):2—7+12.
- [12] 张风丽,尹球,匡定波,等. 环青海湖地区主要草地类型完整生育期波谱试验分析[J]. 草业学报,2006(1):42—47.
- [13] 吴琼,C. van Achterberg,陈学新. 昆虫诱集装置——马氏网的类型与使用[J]. 应用昆虫学报,2016,53(3):660—667.
- [14] 王章训,王凤,吴时英,等. 利用马氏网评估老港固体废物综合利用基地防护林节肢动物群落结构及多样性[J]. 浙江林业科技,2021,41(1):82—87.
- [15] 彩万志. 普通昆虫学(第2版)[M]. 北京:中国农业大学出版社,2011.
- [16] 郑乐怡. 昆虫分类[M]. 南京:南京师范大学出版社,1999.
- [17] Villet M. H. Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects, 7th edition, C. A. Triplehorn& N. F. Johnson: book review [J]. African Entomology, 2005, 13(2):393—394.
- [18] 蔡振声,史先鹏,徐培河. 青海经济昆虫志[M]. 西宁:青海人民出版社,1994.
- [19] 王新谱,杨贵军. 宁夏贺兰山昆虫[M]. 银川:宁夏人民出版社,2010.
- [20] 秦胜楠. 东北与华南花生产区昆虫群落结构及多样性研究[D]. 南京:南京农业大学,2017.
- [21] 王鹏冬,杨新元,张学武,等. 山西吕梁地区向日葵田昆虫群落结构及多样性[J]. 山西农业科学,2021,49(3):351—356+3
- [22] 张弘扬,勾文山,孙尧德,等. 甘肃民勤温性荒漠草原3个亚类草地昆虫种类调查[J]. 草原与草坪,2023,43(5):104—112.
- [23] 王孔,牙森·沙力,古建波,等. 新疆克州草原昆虫群落多样性研究[J]. 江西农业学报,2023,35(10):57—64.
- [24] 常虹,高燕,王思威,等. 雷州半岛空中昆虫群落结构特征[J]. 植物保护学报,2023,50(5):1113—1119.
- [25] 杜行行,龙奎,苏兰,等. 杭州湾湿地植被演替过程中鞘翅目昆虫群落动态研究[J]. 浙江林业科技,2023,43(5):1—10.
- [26] 郑世仲,刘楚非,金珊,等. 马氏网集虫法调查福鼎生态茶园昆虫群落结构及多样性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2023,52(4):438—444.
- [27] 滕备,杨海东,佟一杰,等. 三种被动式采集方法对甲虫收集效果的比较研究:以香港城门样地为例[J]. 生物多样性,2021,29(10):1386—1395.
- [28] 王宇,陈杰,肖敦皇,等. 不同取样方式在稻田节肢动物采集中的效率评估[J]. 环境昆虫学报,2016,38(6):1090—1098.
- [29] 邹言,刘佳文,李立坤,等. 北京市珍珠泉乡不同昆虫采集方法采集效果对比分析[J]. 环境昆虫学报,2021,43(3):758—767.
- [30] 王章训,王凤,吴时英,等. 利用马氏网评估老港固体废物综合利用基地防护林节肢动物群落结构及多样性[J]. 浙江林业科技,2021,41(1):82—87.
- [31] 李凯亮,张振宇,胡红英. 新疆哈密地区枣园昆虫群落结构及多样性分析[J]. 新疆农业科学,2023,60(8):2028—2037.
- [32] 虞蔚岩,李朝晖,黄成,等. 江苏南京地区蜻蜓目(Odonata)昆虫区系及多样性分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(5):514—521.
- [33] 黄秀东. 贵州不同草地利用方式下草地昆虫物种多样性研究[D]. 贵阳:贵州大学,2020.
- [34] 杨兴卓,袁明龙. 放牧对高寒草甸昆虫群落的研究现状及进展[J]. 草业科学,2019,36(11):2937—2951.

- [35] 魏淑花,马林杰,白玲,等.宁夏温性草原甲虫多样性及其对环境指示作用的初步研究[J].环境昆虫学报,2017,39(6):1287—1298.
- [36] 游宇,曲明静,林显凤,等.四川南充地区花生田昆虫群落结构及多样性分析[J].花生学报,2022,51(1):17—22.

Structure and diversity analysis of insect community in different grassland types in Qinghai Lake

JI Jia-yi¹, LAI You-peng^{1*}, ZHOU Hua-kun²

(1. Qinghai Key Laboratory of Integrated Management of Agricultural Pests, Qinghai University, Xining 810016, China; 2. Qinghai Key Laboratory of Cold Restoration Ecology, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810016, China)

Abstract: [Objective] Insect community composition and biodiversity characteristics of grassland can provide research basis for grassland ecological environment monitoring. The insect diversity of alpine meadow, marsh meadow, artificial grassland and mountain steppe in the area around Qinghai Lake was investigated to provide basis and guidance for grassland ecological health and grassland ecological restoration. [Method] The community structure and diversity of insects in different grassland were analyzed by using the diversity index. [Result] A total of 36990 insect samples were collected, belonging to 9 orders and 57 families, among which Diptera accounted for 40.35%. The number of insects collected in the three grassland types was as follows: borderland grassland > alpine meadow > swamp meadow; According to the distribution of insects in different grassland types, there were 12684 insects in alpine meadow, belonging to 9 orders and 43 families, accounting for 34.29% of the total number of individuals. There were 4198 insects in the swamp meadow, belonging to 9 orders and 41 families, accounting for 11.35% of the total number of insects. A total of 20018 insects were captured from 8 orders and 52 families, accounting for 54.12% of the total number. Insect community diversity index of different grassland types changed with the change of seasons. The first peaks of Shannon-wiener diversity and Pielou evenness occurred in mid-August, while Simpson dominance index and Margalef richness index appeared in mid-August, and the lowest values appeared in mid-August. The Pielou evenness index of insect community in swampy meadow was significantly lower than the other two types of grassland, and the Margalef richness index of insect community in the border area was significantly higher than the other two types of grassland. ($P < 0.05$). The similarity of insect species between alpine meadow and borderland grassland was extremely similar. [Conclusion] The diversity index and evenness index of insect community in the area around Qinghai Lake showed seasonal variation. The insect species in the border area between artificial grassland and mountain steppe was the most abundant, followed by alpine meadow, and the lowest in swamp meadow. Diptera was the dominant group of 3 different grassland types.

Key words: insects; species; distribution community diversity; grassland type; Qinghai Lake

(责任编辑:康宇坤)