网络出版时间:2025-11-26 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.05.015

拉萨青稞生长季天敌昆虫多样性研究

孙兆旭[1,2],郭鑫楠[1,2],张欢欢[3],董晓[1,2],唐晓琴[1,2],王文峰[4],崔洁[5]

(1 西藏农牧学院 植物科学学院,西藏 林芝 860000;2 西藏高原资源昆虫与应用昆虫实验室,西藏 林芝 860000;
3 西藏自治区农牧科学院 蔬菜研究所,西藏 拉萨 850000;4 西藏自治区农牧科学院 科研管理处,西藏 拉萨 850000;
5 西藏自治区农牧科学院 农业研究所,西藏 拉萨 850000)

[摘 要] 【目的】探明西藏拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫的种群组成,了解其优势种群和不同区县之间的多样性差异,为该地区青稞田害虫防治及生态保护提供参考。【方法】2024年6—8月,通过网捕法对拉萨市墨竹工卡县、达孜县、曲水县、林周县和堆龙德庆区青稞田开展天敌昆虫资源调查,分析各区县的天敌昆虫数量构成、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数、Pielou均匀度指数、Margalef丰富度指数和Jaccard 相似性系数。【结果】通过采集与鉴定,共获得天敌昆虫1 908头,隶属于6目12科32属40种,其中优势种5种,常见种16种,稀有种19种;5个优势种分别为横斑瓢虫(*Coccinella transversoguttata*)、蒙新原花蝽(*Anthocoris pilosus*)、巧圆突食虫虻(*Machimus concinnus*)、花胫蚜蝇姬蜂(*Diplazon laetatorius*)和泛希姬蝽(*Himacerus apterus*),其优势度分别为38.863%,6.604%,5.765%,5.241%,5.136%。Shannon-Weiner多样性指数以墨竹工卡县、林周县、达孜县较高,其次为曲水县与堆龙德庆区;Simpson优势度指数以墨竹工卡县最高,其次为林周县与达孜县,堆龙德庆区最低;Pielou均匀度指数以墨竹工卡县较高,其次为达孜县与林周县,曲水县与堆龙德庆区较低;Margalef丰富度指数以墨竹工卡县最高,其次为曲水县、林周县、堆龙德庆区,达孜县最低。各采集点间无极相似点,也无极不相似点,墨竹工卡县青稞主要生长季天敌昆虫群落与曲水县相似程度最高,Jaccard相似系数为0.686;曲水县青稞主要生长季天敌昆虫群落与林周县的相似程度最低,Jaccard相似系数为0.474,属中等不相似;其余各采集点间均呈现中等相似。不同月份之间多样性的差异性体现在Shannon-Weiner多样性指数、Simpson优势度指数、Pielou均匀度指数6月份高于7,8月份,而Margalef丰富度指数最高值出现在7月份。【结论】拉萨地区青稞主要生长季,不同区县之间天敌昆虫群落组成存在差异,天敌昆虫群落多样性差异还受青稞生长周期变化的影响。

[关键词] 拉萨;青稞;自然天敌昆虫;昆虫多样性

[中图分类号] S435.123 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)05-0146-09

Study on the diversity of natural enemy insects during the main growing season of barley in Lhasa

SUN Zhaoxu[1,2],GUO Xinnan[1,2],ZHANG Huanhuan[3],DONG Xiao[1,2],
TANG Xiaoqin[1,2],WANG Wenfeng[4],CUI Jie[5]

(1 *Plant Sciences College,Xizang Agricultural and Animal Husbandry University,Linzhi,Xizang* 860000,*China*;
2 *Lab of Resource and Applied Insects in the Xizang Plateau,Linzhi,Xizang* 860000,*China*;3 *Institute of Vegetable Research,Xizang Autonomous Region Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences,Lhasa,Xizang* 850000,*China*;
4 *Research Management Office,Xizang Autonomous Region Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences,Lhasa,Xizang* 850000,*China*;5 *Institute of Agricultural Research,Xizang Autonomous Region Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences,Lhasa,Xizang* 850000,*China*)

[收稿日期] 2025-03-29 [修回日期] 2025-06-02
[基金项目] 西藏自治区重点科技计划项目(XZ202501JD0004);西藏农牧学院研创项目(YJS2024-05);西藏自治区科技计划项目(XZ202301YD0042C);2025年中央财政支持地方高校发展改革专项资金项目(YJSXK2025-05,YJSXK2025-15)
[作者简介] 孙兆旭(1997—),男,山东泰安人,在读硕士,主要从事天敌昆虫资源调查研究。E-mail:953034761@qq.com
[通信作者] 唐晓琴(1977—),女,四川乐山人,教授,硕士,主要从事农业昆虫与害虫防治研究。E-mail:tibettxq@sina.com

Abstract：【Objective】This research aims to identify the community structure of the main natural enemies of barley in the Lhasa area of Xizang，understand the dominant species and the diversity differences among different counties，and provide a reference for pest control and ecological protection in barley fields in this region.【Method】From June to August in 2024，the net trapping method was used to conduct a survey of natural enemy insect resources in the barley fields of Mozhugongka County，Dazi County，Qushui County，Linzhou County and Duilongdeqing District of Lhasa City. The composition of natural enemy insect populations，Shannon-Wiener diversity index，Simpson's dominance index，Pielou evenness index，Margalef richness index and Jaccard similarity coefficient of each district were analyzed.【Result】Through collection and identification，a total of 1 908 natural enemy insects were obtained，belonging to 6 orders，12 families，32 genera and 40 species. Among them，5 were identified as dominant species，16 as common species，and 19 as rare species. 5 dominant species were *Coccinella transversoguttata*，*Anthocoris pilosus*，*Machimus concinnus*，*Diplazon laetatorius* and *Himacerus apterus*，with dominance degrees of 38.863%，6.604%，5.765%，5.241% and 5.136% respectively. The Shannon-Weiner diversity index was relatively high in Mozhugongka County，Linzhou County，and Dazi County，followed by Qushui County and Duilongdeqing District. The highest Simpson's dominance index was observed in Mozhugongka County，followed by Linzhou County and Dazi County，and the lowest in Duilongdeqing District. The Pielou uniformity index was relatively high in Mozhugongka County，followed by Dazi County and Linzhou County，and relatively low in Qushui County and Duilongdeqing District. The highest Margalef richness index was observed in Mozhugongka County，followed by Qushui County，Linzhou County，and Duilongdeqing District，and the lowest in Daxizhou County. There were no extremely similar or extremely dissimilar points observed among all the collection sites. The natural enemy communities of barley during the main growing season in Mozhugongka County showed the highest similarity to that in Qushui County，with a Jaccard similarity coefficient of 0.686. The natural enemy communities of barley during the main growing season in Qushui County showed the lowest similarity to that in Linzhou County，with a Jaccard similarity coefficient of 0.474，which was classified as moderate dissimilarity. All the other collection sites showed moderate similarity. The differences in diversity among different months were reflected in the Shannon-Weiner diversity index，Simpson's dominance index，and Pielou uniformity index. The values of these indices were higher in June than in July and August，while the highest value of the Margalef richness index occurred in July.【Conclusion】During the main growing season of barley in the Lhasa region，major differences in the composition of natural enemy insect communities were observed among different counties. Moreover，the diversity of the natural enemy insect communities was also affected by the changes in the growth cycle of barley.

Key words：Lhasa；barley；natural enemies' insects；diversity of insects

青稞作为西藏人民最主要的粮食作物，其种植和加工是拉萨地区农业经济的重要支柱[1-3]。然而，青藏高原独特的生态环境使得青稞种植面临特殊的虫害挑战：一方面是青稞营养丰富且抗病虫害能力较弱；另一方面是高原特殊的昼夜温差大、紫外线强等环境条件导致害虫产生特殊的适应性，难以防治[3]。目前，拉萨地区的害虫防治仍以化学防治为主，这种防治方式不仅与高原脆弱的生态环境不相容，还因长期使用导致害虫抗药性显著增强。已有研究显示，西藏小菜蛾田间种群已对氰戊菊酯和阿维菌素产生高水平抗性，加大了防治难度[4]。生物防治是一种基于生态平衡理论的可持续防控策略[5-7]，通过调控物种间的相互作用，利用特定生物抑制有害生物的种群发展[8-16]。已有研究发现，小麦与油菜间作能增加蚜虫天敌昆虫的数量，从而达到较好的蚜虫防治效果[17]。

目前，拉萨青稞种植区内天敌昆虫的种群结构仍不清晰，优势物种尚未明确界定，其种群动态规律与时空分布特征亦缺乏系统研究，导致难以充分发挥本地天敌昆虫在害虫生物防治中的关键作用。为此，本研究选取拉萨市典型的青稞种植区，开展天敌昆虫资源调查，重点解析不同采集区天敌昆虫的优势种组成及其多样性分布格局[18-19]，为青稞害虫的生物防控提供理论支撑，推动青稞产业向绿

色、可持续方向发展。

1 材料与方法

1.1 调查区概况

拉萨河谷平原位于中国西藏自治区中南部,是雅鲁藏布江中游北岸的重要支流河谷,流域内耕地集中,耕地面积占西藏总耕地面积的18%以上,青稞产量占西藏青稞总产量的40%以上。该地区属高原温带半干旱气候、年均气温在7 ℃左右,昼夜温差显著(15~20 ℃),年日照时数3 000 h以上[3],为青稞的光合作用和干物质积累创造了优越的光温环境。独特的夜雨型降水模式有效提高了水分利用效率,既保证了作物需水,又显著减少了白天的蒸发损耗。河谷内冲积土壤肥沃,地形平坦,适宜机械化作业,拉萨河稳定的径流确保了灌溉水源,为青稞规模化种植提供了可靠保障。

1.2 调查时间与样地设置

2024年6—8月在墨竹工卡县、达孜县、曲水县、林周县和堆龙德庆区的青稞田进行天敌昆虫调查,青稞田均为连作种植模式,每地选取3个自然村(表1),每个自然村间距大于8 km,每村设3块15 m×15 m独立样田作为重复。每月中旬采集一次,采集时避开大风和持续降雨天气。

表1 拉萨地区青稞田天敌昆虫调查点的基本信息

Table 1 Basic information on the survey sites of natural enemy insects in barley fields in Lhasa region

调查点 Investigation point	采集地 Collection site	海拔/m Altitude	经纬度 Longitude and latitude
墨竹工卡县 Mozhugongka County	乌斯江村 Wusiijiang village	4 236.1	29.709 216° N,92.162 398° E
	仁青林村 Renqinglin village	3 925.9	29.718 069° N,92.027 846° E
	格桑村 Gesang village	3 789.6	29.822 082° N,91.687 199° E
达孜县 Dazi County	章多乡 Zhangduo township	3 708.5	29.784 814° N,91.500 968° E
	白纳村 Baina village	3 660.3	29.699 599° N,91.357 719° E
	叶巴村 Yeba village	3 660.3	29.692 449° N,91.283 654° E
曲水县 Qushui County	纳木村 Namu village	3 578.9	29.462 113° N,90.924 762° E
	南木乡 Nanmu township	3 618.4	29.413 119° N,90.902 875° E
	其奴村 Qinu village	3 578.7	29.291 990° N,90.603 703° E
林周县 Linzhou County	江郎村 Jianglang village	3 732.8	29.896 357° N,91.242 790° E
	加荣村 Jiarong village	3 727.3	29.899 408° N,91.264 325 °E
	连巴村 Lianba village	3 714.8	29.684 773° N,91.347 318° E
堆龙德庆区 Duilongdeqing District	贾热村 Jiare village	3 694.8	29.667 070° N,90.968 049° E
	嘎夺克村 Gaduoke village	3 746.9	29.695 4511° N,90.863 437° E
	农科院五号试验田 Test field five	3 598.4	29.643 359° N,91.038 829° E

1.3 昆虫采集与鉴定

采用网捕法进行昆虫采集,按棋盘式分区,使用35 cm×76 cm捕虫网沿“之”字形路线逐区匀速挥动虫网罩捕,每个样田重复3次。捕获的虫体立即置于装有体积分数95%酒精的指型管中保存[19-20],标记采集信息后带回实验室;地面遗漏昆虫通过目测观察,使用镊子或吸虫管收集至指型管中保存。

借助Leica(IVESTA_3I)体视显微镜观察昆虫外部特征,结合形态分类与分子鉴定技术对采集的昆虫进行鉴定。昆虫分子鉴定通过核酸提取、PCR扩增和测序分析实现物种识别,首先从样本中提取DNA,根据目标基因选择通用引物进行PCR扩增,经电泳验证条带特异性后,对合格产物进行Sanger测序。获得的测序数据经质量筛选和序列拼接,最后通过NCBI中nt/nr数据库比对,以最高匹配度的物种作为鉴定结果。

1.4 昆虫数量与优势度分析

(1)昆虫数量。按目、科、属、种级阶元统计各采集区的昆虫数量。

(2)昆虫数量等级分类。通过某优势种数量占天敌昆虫总数量的百分比计算物种优势度,参考闫伟东等[21]、董雯等[20]的方法,结合该地区天敌昆虫的数量特征,定义优势度≥5%为优势种,优势度1%~5%为常见种,优势度<1%为稀有种。

1.5　数据处理与分析

利用 Excel 2007 和 Past 4.16 进行数据整理和分析，计算 Shannon-Wiener 多样性指数（H）[21]、Simpson 优势度指数（D）[20]、Margalef 丰富度指数（E）[22]、Pielou 均匀度指数（J）[23]和 Jaccard 相似性系数（C_j）[24-25]。

$H=-\sum P_i\times\ln P_i$；

$D=1-\sum(n_i/N)^2$；

$E=(S-1)/\ln N$；

$J=H/\ln S$；

$C_j=c/(a+b-c)$。

式中：H 为 Shannon-Wiener 多样性指数，P_i 为类群 i 占总类群数的百分比，D 为 Simpson 优势度指数，n 为某物种的个体数，N 为样区内所有类群的总个体数量，E 为 Margalef 丰富度指数，S 为样区内的类群数目，a 为 A 地的物种数，b 为 B 地的物种数，c 为两地共有物种数，C_j 为 Jaccard 相似性系数，C_j 的取值范围为 0～1，其中 $C_j<0.25$ 时，表明两个地区昆虫群落极不相似；当 $0.25\leqslant C_j<0.50$ 时，表明两个地区昆虫群落中等不相似；当 $0.50\leqslant C_j<0.75$ 时，表并两个地区昆虫群落中等相似；当 $0.75\leqslant C_j<1.00$ 时，表明两个地区昆虫群落极相似[22,26]。

2　结果与分析

2.1　拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫的种类和数量

经鉴定与统计，此次采集天敌昆虫共 1 908 头，分属 6 目 12 科 32 属 40 种（表 2）。由表 2 可知，从物种数量和优势度来看，横斑瓢虫（*Coccinella transversoguttata*）741 头、蒙新原花蝽（*Anthocoris pilosus*）126 头、巧圆突食虫虻（*Machimus concinnus*）110 头、花胫蚜蝇姬蜂（*Diplazon laetatorius*）100 头、泛希姬蝽（*Himacerus apterus*）98 头，为青稞田天敌昆虫的优势种，其优势度分别为 38.836%，6.604%，5.765%，5.241% 和 5.136%；常见种有 16 种，其中姬蝽属（*Nabis sp.*）、泛三叉食虫虻（*Trichomachimus basalis*）、螟甲腹茧蜂（*Chelonus munakatae*）、侧沟茧蜂属（*Microplitis sp.*）、多异瓢虫（*Hippodamia variegata*）的优势度分别为 4.822%，3.092%，2.778%，2.306% 和 2.044%，是常见种中数量较多的 5 个种；其余 19 种的优势度均在 1% 以下，为群落中的稀有种。

表 2　拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫的群落结构

Table 2　Community structure of natural enemy insects during the main growth season of barley in Lhasa Area

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	数量/头 Number						优势度/% Dominance
				A	B	C	D	E	合计 Total	
双翅目 Diptera	食虫虻科 Asilida	突食虫虻属 *Machimus*	巧圆突食虫虻 *Machimus concinnus*	43	27	16	7	17	110	5.765
		三叉食虫虻属 *Trichomachimus*	泛三叉食虫虻 *Trichomachimus basalis*	14	13	23	2	7	59	3.092
		低颜食虫虻属 *Cerdistus*	齿斑低颜食虫虻 *Cerdistus denticulatus*	16	3	3	0	0	22	1.153
	食蚜蝇科 Syrphidae	细腹食蚜蝇属 *Sphaerophoria*	暗跗细腹食蚜蝇 *Sphaerophoria philanthus*	2	9	4	13	6	34	1.782
		宽跗蚜蝇属 *Platycheiru*	卷毛宽跗蚜蝇 *Platycheirus ambiguus*	0	0	2	0	0	2	0.105
			凸颜宽跗蚜蝇 *Platycheirus manicatus*	0	0	0	1	0	1	0.052
			斜斑宽跗蚜蝇 *Platycheirus scutatus*	3	0	2	0	1	6	0.314
			黑腹宽跗蚜蝇 *Platycheirus albimanus*	0	2	0	0	2	4	0.210
		粗股蚜蝇属 *Syritta*	黄环粗股蚜蝇 *Syritta pipiens*	1	0	2	0	3	6	0.314
		优蚜蝇属 *Eupeodes*	大灰优食蚜蝇 *Eupeodes corollae*	2	0	23	0	4	29	1.520
			新月斑优食蚜蝇 *Eupeodes luniger*	3	0	9	2	0	14	0.734
		条胸蚜蝇属 *Helophilus*	连斑条胸蚜蝇 *Helophilus continuus*	2	1	3	0	1	7	0.367
		黑带食蚜蝇属 *Episyrphus*	黑带食蚜蝇 *Episyrphus balteatus*	2	5	2	0	4	13	0.681
		食蚜蝇属 *Syrphus*	野食蚜蝇 *Syrphus torvus*	0	0	1	0	0	1	0.052

表2(续) Table 2(continued)

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	数量/头 Number						优势度/% Dominance
				A	B	C	D	E	合计 Total	
			黄颜食蚜蝇 *Syrphus ribesii*	0	1	0	1	0	2	0.105
		鼓额食蚜蝇属 *Scaeva*	斜斑鼓额食蚜蝇 *Scaeva pyrastri*	2	0	4	0	0	6	0.314
	寄蝇科 Tachinidae	缘寄蝇属 *Onychogonia*	瑟氏缘寄蝇 *Onychogonia cervini*	13	7	0	1	1	22	1.153
		Eurithia	望天广颜寄蝇 *Eurithia connivens*	10	2	0	3	6	21	1.101
鞘翅目 Coleoptera	瓢虫科 Coccinellidae	瓢虫属 *Coccinella*	横斑瓢虫 *Coccinella transversoguttata*	21	75	285	59	301	741	38.836
			西藏瓢虫 *Coccinella saucerottii*	2	0	0	2	6	10	0.524
		小巧瓢虫属 *Oenopia*	黄缘巧瓢虫 *Oenopia sauzeti*	0	0	2	2	4	8	0.419
		长足瓢虫属 *Hippodamia*	多异瓢虫 *Hippodamia variegata*	0	3	9	5	22	39	2.044
			十三星瓢虫 *Hippodamia tredecimpunctata*	0	0	2	0	10	12	0.629
		大丽瓢虫属 *Adalia*	二星瓢虫 *Adalia bipunctata*	4	2	8	0	0	14	0.734
膜翅目 Hymenoptera	茧蜂科 Braconidae	甲腹茧蜂属 *Chelonus*	螟甲腹茧蜂 *Chelonus munakatae*	14	9	7	9	14	53	2.778
		脊茧蜂属 *Aleiodes*	折半脊茧蜂 *Aleiodes ruficornis*	12	1	17	1	2	33	1.730
		侧沟茧蜂属 *Microplitis*	侧沟茧蜂属的一个种 *Microplitis sp.*	9	6	21	5	3	44	2.306
	姬蜂科 Ichneumonidae	蚜蝇姬蜂属 *Diplazon*	花胫蚜蝇姬蜂 *Diplazon laetatorius*	7	33	27	13	20	100	5.241
		拟瘦姬蜂属 *Netelia*	拟瘦姬蜂属的一个种 *Netelia sp.*	3	4	9	7	5	28	1.468
		重姬蜂属 *Barichneumon*	重姬蜂属的一个种 *Barichneumon sp.*	1	0	0	0	8	9	0.472
		弯尾姬蜂属 *Diadegma*	弯尾姬蜂的一个种 *Diadegma sp.*	1	5	4	11	3	24	1.258
半翅目 Hemiptera	姬蝽科 Nabidae	希姬蝽属 *Himacerus*	泛希姬蝽 *Himacerus apterus*	13	13	2	25	45	98	5.136
		姬蝽属 *Nabis*	姬蝽属的一个种 *Nabis sp.*	5	23	14	12	38	92	4.822
	花蝽科 Anthocoridae	原花蝽属 *Anthocoris*	蒙新原花蝽 *Anthocoris pilosus*	19	21	26	29	31	126	6.604
	盲蝽科 Miridae	齿爪盲蝽属 *Deraeocoris*	斑楔齿爪盲蝽 *Deraeocoris ater*	3	3	16	8	1	31	1.625
			黑食蚜盲蝽 *Deraeocoris punctulatus*	3	0	8	0	0	11	0.577
脉翅目 Neuroptera	褐蛉科 Hemerobiidae	丛褐蛉属 *Wesmaelius*	双钩齐褐蛉 *Wesmaelius bihamitus*	0	0	0	2	0	2	0.105
		广褐蛉属 *Megalomus*	西藏广褐蛉 *Megalomus tibetanus*	2	0	0	2	0	4	0.210
	草蛉科 Chrysopidae	通草蛉属 *Chrysoperla*	藏通草蛉 *Chrysoperla xizangana*	0	12	18	1	2	33	1.730
蜻蜓目 Odonata	细蟌科 Coenagrionidae	绿蟌属 *Enallagma*	心斑绿蟌 *Enallagma cyathigerum*	0	5	0	32	0	37	1.939
合计 Total				232	285	569	255	567	1 908	100

注:A~E依次是调查点墨竹工卡县、达孜县、曲水县、林周县、堆龙德庆区。

Note: A－E are the survey points of Mozhugongka County, Dazi County, Qushui County, Linzhou County, and Duilongdeqing District, respectively.

由表2还可知,曲水县和堆龙德庆区两地采集到的天敌昆虫数量较多,分别为569和567头,墨竹工卡县采集到的天敌昆虫数量最少,为232头。双翅目最高有13属,占比40.625%,构成了属级阶元的主要天敌昆虫类群;膜翅目次之有7属,占比21.857%;半翅目和鞘翅目各有4属,占比均为

12.500%；脉翅目有3属，蜻蜓目有1属，占比分别为9.375%和3.125%。双翅目最高有18个种，占比45.000%；膜翅目次之，占比17.500%；两者构成了种级阶元的优势类群。数量组成上鞘翅目居首，共有824头，占比43.187%；双翅目和半翅目次之，分别为359头（占比18.816%）和358头（占比18.763%）；膜翅目有291头，占比为15.252%；脉翅目39头，占比为2.044%；蜻蜓目数量最少，仅有37头，占比为1.939%。

2.2　拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫群落多样性分析

表3显示，墨竹工卡县青稞生长季天敌昆虫群落的Shannon-Weiner多样性指数、Simpson优势度指数、Pielou均匀度指数和Margalef丰富度指数均最高。达孜县青稞生长季天敌昆虫群落的Pielou均匀度指数低于墨竹工卡县，而Shannon-Weiner多样性指数和Simpson优势度指数高于曲水县和堆龙德庆区，Margalef丰富度指数则最低，显示其在物种丰富度方面相对不足。曲水县青稞生长季天敌昆虫群落的Margalef丰富度指数低于墨竹工卡县，但高于其他3个县区，而Shannon-Weiner多样性指数、Simpson优势度指数和Pielou均匀度指数仅高于堆龙德庆区。林周县青稞生长季天敌昆虫群落的Shannon-Weiner多样性指数和Simpson优势度指数仅低于墨竹工卡县，Pielou均匀度指数和Margalef丰富度指数高于曲水县和堆龙德庆区。堆龙德庆区青稞生长季天敌昆虫群落的Margalef丰富度指数仅高于达孜县，其余3个指数均最低，显示出该区域在生物多样性方面相对较弱。上述结果表明，各县区青稞生长季天敌昆虫多样性呈现明显的空间差异。

表3　拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫群落多样性分析

Table 3　Analysis of natural enemy insect community diversity indicators during the main growing season of barley in Lhasa region

调查点 Investigation point	Shannon-Weiner多样性指数 Shannon-Weiner diversity index	Simpson优势度指数 Simpson's dominance index	Pielou均匀度指数 Pielou uniformity index	Margalef丰富度指数 Margalef richness index
墨竹工卡县 Mozhugongka County	2.983	0.923 3	0.859 1	5.141
达孜县 Dazi County	2.605	0.885 8	0.809 3	4.246
曲水县 Qushui County	2.200	0.734 5	0.646 8	4.571
林周县 Linzhou County	2.624	0.893 8	0.805 4	4.512
堆龙德庆区 Duilongdeqing District	1.982	0.698 8	0.594 8	4.258

表4表明，各多样性指标随青稞生长周期的变化呈现明显动态特征。随着青稞生育期的推进，青稞天敌昆虫群落的Shannon-Weiner多样性指数、Simpson优势度指数和Pielou均匀度指数均在6月份达到最大值，随后逐月呈递减趋势；而Margalef丰富度指数则表现为先上升后下降的趋势，最高值出现在7月份。上述结果表明，青稞不同生育期对天敌昆虫种群的多样性特征具有显著影响，各多样性指标对作物生长周期的响应模式存在明显差异。

表4　不同月份拉萨地区青稞天敌昆虫的群落多样性

Table 4　Community diversity of natural enemies of barley in Lhasa region in different months

月份 Months	Shannon-Weiner多样性指数 Shannon-Weiner diversity index	Simpson优势度指数 Simpson's dominance index	Pielou均匀度指数 Pielou uniformity index	Margalef丰富度指数 Margalef richness index
6月 June	2.737	0.895	0.821	4.551
7月 July	2.700	0.882	0.786	4.685
8月 August	2.041	0.716	0.589	4.538

2.3　拉萨地区青稞生长季天敌昆虫群落的Jaccard相似性分析

拉萨地区青稞生长季天敌昆虫群落的Jaccard相似性分析结果（表5）显示，研究区域内不存在极端相似或极端不相似情况，整体呈现中等程度的相似性。其中墨竹工卡县青稞主要生长季天敌昆虫群落与曲水县的相似程度最高，Jaccard相似性系数为0.686，达到中等相似水平；而曲水县青稞主要生长季天敌昆虫群落与林周县之间的相似程度最低，Jaccard相似性系数仅为0.474，表现为中等不相似。其余各调查点天敌昆虫群落的Jaccard相似性系数为0.50～0.75，属于中等相似范畴。上述结果表

明,研究区域内的生物群落结构既具有一定的空间异质性,又未形成完全独立的生态格局,整体呈现梯度过渡特征。

表5 拉萨地区青稞主要生长季天敌昆虫群落的Jaccard相似性系数

Table 5 Jaccard similarity coefficient of natural enemies of barley in Lhasa region during the main growing season

调查点 Investigation point	墨竹工卡县 Mozhugongka County	达孜县 Dazi County	曲水县 Qushui County	林周县 Linzhou County	堆龙德庆区 Duilongdeqing District
墨竹工卡县 Mozhugongka County	1	0.588	0.686	0.528	0.676
达孜县 Dazi County		1	0.667	0.645	0.656
曲水县 Qushui County			1	0.474	0.657
林周县 Linzhou County				1	0.500
堆龙德庆区 Duilongdeqing District					1

3 讨论与结论

本试验从拉萨主要青稞种植区内共采集天敌昆虫1 908头,隶属于6目12科32属40种。其中双翅目及膜翅目在属级阶元和种级阶元均占据主导,构成了优势类群。横斑瓢虫、蒙新原花蝽、巧圆突食虫虻、花胫蚜蝇姬蜂和泛希姬蝽为优势种,在5个调查点均有分布,表明其在环境适应能力与生态竞争方面,相较于其他天敌昆虫具有显著优势[27]。特别是横斑瓢虫,数量最多且生存时间最长,这与杨杰[28]对拉萨主要蔬菜基地周边捕食螨和瓢虫的调查结果,以及李杨等[29]对拉萨市农田瓢虫种类的田间调查结果一致。由此推测,横斑瓢虫在害虫生物防治与人工扩繁领域均有较大的应用潜力。但是本研究结果与张涪平[30]对西藏不同海拔种植区害虫天敌的研究结果存在差异,推测可能受不同海拔梯度与作物类型的影响,导致温度、降水与植被类型等环境因子出现差异,影响了天敌昆虫的数量组成、优势种群及多样性指数[31-32]。

本研究中,在5个调查县区,尽管天敌昆虫的优势种群具有一致性,但物种数与个体数量存在明显差异。曲水县和堆龙德庆区采集到的天敌昆虫个体数量最多,这可能归因于这两县区还大规模种植了油菜、苜蓿等蜜源植物,形成了“青稞-蜜源植物”镶嵌种植模式,为天敌提供了丰富的食物与庇护场所[33]。墨竹工卡县天敌昆虫群落表现出较高的多样性、优势度、均匀度和丰富度指数,这与该地区独特的高原生态环境、生物适应性密切相关。墨竹工卡县平均海拔4 000 m左右,拥有高山草甸、湿地、河谷等多种生境,高原草甸与农田交错带这种多样化的栖息地为不同天敌昆虫提供了适宜的生存环境和食物来源;同时,适应高原低氧、高寒、强紫外线等极端条件的天敌昆虫,能够在恶劣自然条件下保持较高活动能力和捕食效率,形成稳定的群落结构,提高了物种多样性及丰富度。

不同月份气温和降水的变化会显著影响天敌昆虫群落的多样性,这种影响在青稞不同生长阶段呈现出动态变化。6月份,拉萨地区降水显著偏少,高温干旱的环境条件抑制了多数天敌昆虫的繁殖[34],导致群落多样性指数和均匀度指数整体下降。进入7月份后,降水频次增加,这一时期蚜虫等害虫种群数量达到峰值,为瓢虫、食蚜蝇等天敌昆虫创造了有利的生存条件,适宜的温湿度和充足的食物资源促使天敌群落的丰富度指数上升[35]。8月份持续高温与频繁雷阵雨天气交替出现,导致田间湿度呈现剧烈波动。这种不稳定的气候条件对天敌群落带来了显著的负面影响。极端气候条件降低了部分天敌昆虫的孵化成功率,同时为病原微生物的传播创造了有利条件,导致天敌种群数量减少[34,36-37];此外,随着青稞进入成熟期,植株生理老化以及农业收割活动的开展,直接破坏了天敌赖以生存的栖息环境。上述因素的协同作用,最终导致天敌群落的多样性指数呈现下降趋势。在各采集点中,除曲水县和林周县的天敌群落为中等不相似外,其余区域均为中等相似性。这种相似性体现在天敌昆虫种类组成、优势种分布等方面的一致性,反映出区域生态环境联系紧密。相似的气候、地形、植被等生态因素,促使不同区域形成相近的天敌群落,而曲水县和林周县因生态因素存在差异,造成天敌昆虫数量也存在较大差异,最终导致其天敌群落呈现中等不相似性。

首先,本研究仅选择6—8月在拉萨地区进行天敌昆虫采集,采样时间过短,未能覆盖全年不同季节,可能会导致对季节性物种的遗漏。其次,采样范围局限于特定青稞种植区域,未能涵盖不同海拔梯度、植被类型等多样化的生境类型,这可能直接

影响对该区域天敌昆虫多样性的准确评估。由于采样时空的局限，该研究结果可能无法完整反映当地天敌昆虫的种群结构和动态变化特征，进而限制了对天敌昆虫生态适应机制和功能角色的深入理解。建议在后续研究中制定长期连续调查计划，重点增加不同生境类型及天敌繁殖活动关键期的调查频率，以获取更为全面、系统的数据，为青稞田害虫防治及生态保护提供科学依据。

[参考文献]

[1] 贾新平，魏星，严华东，等. 拉萨市粮食生产现状及发展对策研究[J]. 安徽农业科学，2021，49(24)：250-252.
JIA X P，WEI X，YAN H D，et al. Research on the current situation and development strategy of Lhasa city grain production [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2021，49(24)：250-252.

[2] 谢永春，刘国一，侯亚红，等. 西藏拉萨河谷地区栽培措施对青稞的影响[J]. 中国农业气象，2022，43(12)：1002-1014.
XIE Y C，LIU G Y，HOU Y H，et al. Effects of cultivation measures on highland barley in Lhasa valley area of Tibet[J]. Chinese Journal of Agrometeorology，2022，43(12)：1002-1014.

[3] 王旭. 青稞种植中常见病虫害及其防治措施[J]. 农业灾害研究，2023，13(8)：10-12.
WANG X. Common diseases and pests in highland barley planting and their control measures [J]. Journal of Agricultural Catastrophology，2023，13(8)：10-12.

[4] 王思展，付彩青，唐晓琴，等. 西藏小菜蛾对5种杀虫剂的抗药性研究[J]. 中国植保导刊，2021，41(9)：81-83，88.
WANG S Z，FU C Q，TANG X Q，et al. Resistance studies on five insecticides in the Tibetan cabbage moth [J]. China Plant Protection Guide，41(9)：81-83，88.

[5] LUMBIERRES B，MESEGUER R，MOURAO L A，et al. Biological control of aphids in Spain's urban green spaces[J]. Sustainability，2024，16(24)：11225.

[6] BOHLOOLZADEH M，ELRAGIG A，BIELZA P，et al. Synergistic and antagonistic interactions between plant defences and biological pest control[J]. Crop Protection，2024，184：106481.

[7] ANTONIO J S，LUIS P D，ELENA G L，et al. How plant composition in margins influences the assemblage of pests and predators and its effect on biocontrol in melon fields[J]. Scientific Reports，2024，14(1)：13094.

[8] 曾宗梁，叶团会，应羽丰，等. 人工释放2种天敌昆虫的防治效果及其对烟田天敌昆虫种群的影响[J]. 陕西农业科学，2024，70(6)：44-48.
ZENG Z L，YE T H，YING Y F，et al. Control effects of two released natural enemy insects and their effect on natural enemy populations in tobacco fields[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences，2024，70(6)：44-48.

[9] 黄俭，俞艳，陶欣燚，等. 上海金山区天敌昆虫防治设施蔬菜害虫探索性应用[J]. 长江蔬菜，2024(16)：77-79.
HUANG J，YU Y，TAO X Y，et al. Exploratory application of natural enemy insects to control vegetable pests in facility in Jinshan district of Shanghai[J]. Journal of Changjiang Vegetables，2024(16)：77-79.

[10] 李艳丽，孙红霞，薛龙毅，等. 释放赤眼蜂对玉米穗期鳞翅目害虫的防效研究[J]. 河南农业，2024(3)：51-52.
LI Y L，SUN H X，XUE L Y，et al. Study on the control efficacy of releasing *Trichogramma* on Lepidopteran pests during the corn ear stage[J]. Agriculture of Henan，2024(3)：51-52.

[11] 党英侨，王小艺，杨忠岐. 天敌昆虫在我国林业害虫生物防治上的研究进展[J]. 环境昆虫学报，2018，40(2)：242-255.
DANG Y Q，WANG X Y，YANG Z Q. Advances in biological control of forest insect pests by using natural enemies in China[J]. Journal of Environmental Entomology，2018，40(2)：242-255.

[12] 雷仲仁，吴圣勇，王海鸿. 我国蔬菜害虫生物防治研究进展[J]. 植物保护，2016，42(1)：1-6，25.
LEI Z R，WU S Y，WANG H H. Progresses in biological control of vegetable insect pests in China [J]. Plant Protection，2016，42(1)：1-6，25.

[13] KOTRT I B，MORAZA M L，ATTIA S，et al. Beneficial arthropods as potential biocontrol candidates of thrips(Thysanoptera：Thripidae) occurring in Tunisian citrus orchards[J]. Biologia，2020，75(12)：2261-2270.

[14] LU M C，CHEN H R，WU Y H. Current status and future perspectives on natural enemies for pest control in Taiwan [J]. Biocontrol Science and Technology，2018，28(10)：953-960.

[15] BITUME E V，ROGERS D V，PRATT P D，et al. Establishment of the wasp *Tetramesa romana* for biological control of *Arundo donax* in northern California and the role of release plot manipulation[J]. Biological Control，2024，192：105489.

[16] WILBY A，THOMAS M B. Natural enemy diversity and pest control：patterns of pest emergence with agricultural intensification[J]. Ecology Letters，2002，5(3)：353-360.

[17] SALEEM S，FAROOQ O M，RAZAQ M，et al. Wheat intercropping with canola promotes biological control of aphids by enhancing enemy diversity[J]. Biological Control，2025，200：105677.

[18] 卜翠萍，徐建明，施保国，等. 江苏省淮安市天敌昆虫资源调查[J]. 江苏农业科学，2013，41(11)：371-374.
BU C P，XU J M，SHI B G，et al. Investigation on natural enemy insect resources in Huai'an City，Jiangsu province[J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2013，41(11)：371-374.

[19] 秦伟春，田会刚，王新谱，等. 宁夏罗山步甲昆虫群落多样性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2018，46(5)：109-117.
QIN W C，TIAN H G，WANG X P，et al. Community diversity of carabid beetles in the Luo Mountain National Nature Reserve in Ningxia [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)，2018，46(5)：109-117.

[20] 董雯，施筱迪，汤亮，等. 南京老山地区鞘翅目昆虫多样性及区系分析[J]. 环境昆虫学报，2023，45(5)：1260-1268.
DONG W，SHI X D，TANG L，et al. Analysis of diversity and

fauna of beetles in Laoshan area of Nanjing[J]. Journal of Environmental Entomology,2023,45(5):1260-1268.

[21] 闫伟东,张莎,郑洪亮,等. 大兴安岭中段五岔沟地区蝶类多样性及区系分析[J]. 生态与农村环境学报,2021,37(9):1183-1189.
YAN W D,ZHANG S,ZHENG H L,et al. Analysis of diversity and fauna of butterfly in Wuchagou Area,Central Part of Daxing′anling Mountains[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2021,37(9):1183-1189.

[22] 王子健,刘佳,王尚,等. 净月潭国家森林公园凋落物层土壤动物群落多样性[J]. 生态与农村环境学报,2012,28(4):368-372.
WANG Z J,LIU J,WANG S,et al. Community diversity of litter invertebrates in Jingyuetan National Forest Park of Changchun,China[J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2012,28(4):368-372.

[23] 方辽,黄智,颉彩霞,等. 拉萨南北山不同造林模式下蜘蛛群落多样性研究[J]. 高原科学研究,2024,8(3):55-64.
FANG L,HUANG Z,XIE C X,et al. Study on the diversity of spider community under different afforestation patterns in the northern and southern mountains of Lhasa[J]. Plateau Science Research,2024,8(3):55-64.

[24] 臧建成,黄伟家,臧亚军,等. 藏北高寒草地不同海拔土壤动物群落结构及多样性[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2023,51(5):72-81.
ZANG J C,HUANG W J,ZANG Y J,et al. Community structure and diversity of soil animals at different altitudes in Alpine grassland in northern Tibet[J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition),2023,51(5):72-81.

[25] 黄智华,赵进龙,崔永和,等. 云南玉溪烟田害虫及天敌资源调查分析研究[J]. 西南农业学报,2019,32(5):1067-1073.
HUANG Z H,ZHAO J L,CUI Y H,et al. Investigation of pests and natural enemies in tobacco-planting field in Yuxi city,Yunnan Province[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences,2019,32(5):1067-1073.

[26] 赵远,李杨,陈新兰,等. 拉萨油菜花期食蚜蝇多样性调查[J]. 中国植保导刊,2023,43(8):36-40,60.
ZHAO Y,LI Y,CHEN X L,et al. Investigation on the diversity of hoverflies at flowering stage of rape in Lhasa[J]. China Plant Protection,2023,43(8):36-40,60.

[27] 崔洁,杨泽鹏,王思展,等. 西藏林芝地区农田瓢虫资源及优势种种群动态[J]. 应用与环境生物学报,2022,28(4):890-896.
CUI J,YANG Z P,WANG S Z,et al. Population dynamics of farmland ladybug resources and dominant species in Nyingchi,Tibet,China[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology,2022,28(4):890-896.

[28] 杨杰. 拉萨市主要蔬菜基地周边捕食螨和瓢虫的初步调查[J]. 西藏农业科技,2020,42(4):10-13.
YANG J. Preliminary survey of predatory mites and predacious ladybird around vegetable base in Lhasa[J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences,2020,42(4):10-13.

[29] 李杨,次仁央拉,雷雪萍,等. 拉萨市农田瓢虫种类的初步调查[J]. 西藏科技,2020(2):30-31.
LI Y,CI R Y L,LEI X P,et al. Preliminary investigation on ladybug species in farmland of Lhasa city[J]. Xizang Science and Technology,2020(2):30-31.

[30] 张涪平. 西藏不同海拔种植区害虫天敌的调查[J]. 中国生物防治,1998(1):47-48.
ZHANG F P. Investigation on natural enemies of pests in different altitude planting areas in Tibet[J]. Chinese Journal of Biological Control,1998(1):47-48.

[31] 陆宴辉,刘杨,杨现明,等. 中国农业害虫综合防治研究进展:2018—2022年[J]. 植物保护,2023,49(5):145-166.
LU Y H,LIU Y,YANG X M,et al. Advances in integrated management of agricultural insect pests in China:2018—2022[J]. Plant Protection,2023,49(5):145-166.

[32] STAAB M,SCHULDT A. The influence of tree diversity on natural enemies:a review of the 'enemies' hypothesis in forests[J]. Current Forestry Reports,2020,6:243-259.

[33] 任丽娜,崔洁,王向向,等. 我国捕食性瓢虫生物防治研究现状[J]. 西藏农业科技,2022,44(3): 96-99.
REN L N,CUI J,WANG X X,et al. Status of research on biological control of predatory ladybugs in China[J]. Tibet Journal of Agricultural Sciences,2022,44(3): 96-99.

[34] 李慧,郝德君,徐天,等. 高温胁迫对植食性昆虫影响研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(6):215-224.
LI H,HAO D J,XU T,et al. The effects of heat stress on herbivorous insects:an overview and future directions[J]. Journal of Nanjing Forestry University(Natural Sciences Edition),2022,46(6):215-224.

[35] 母银林,龙婷婷,陈祥盛,等. 烟田节肢动物群落结构及多样性分析[J]. 生物资源,2022,44(3):296-305.
MU Y L,LONG T T,CHEN X S,et al. Analysis on arthropod community structure and diversity in tobacco field[J]. Biotic Resources,2022,44(3):296-305.

[36] 臧建成,孙涛. 西藏林芝地区趋光性昆虫群落组成及发生时间动态[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(7):129-135.
ZANG J C,SUN T. Community composition and temporal dynamics in occurrence of phototaxis insects in Linzhi,Tibet[J]. Journal of Northwest A&F University(Natural Science Edition),2014,42(7):129-135.

[37] 张涪平,孙自保,彭岳林,等. 林芝地区春青稞地昆虫群落结构与时序动态[J]. 植物保护,2006,32(6):110-112.
ZHANG F P,SUN Z B,PENG Y L,et al. Insect community structure and time series dynamics of spring highland barley in Linzhi area[J]. Plant Protection,2006,32(6):110-112.

(责任编辑:陈丽)