

# 果洛州玛沁县草原毛虫虫害发生与气候因子的相互关系

周华坤<sup>1</sup>, 王晓辉<sup>2</sup>, 温军<sup>3</sup>, 朱锦福<sup>2</sup>, 叶鑫<sup>1,3</sup>, 王文颖<sup>2</sup>, 陈哲<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海师范大学生命与地理科学学院, 青海 西宁 810000; 3. 中国科学院研究生院, 北京 1000498)

**摘要:**利用玛沁县历年草原虫口密度调查资料,研究了气候因子尤其是温度与降水对草原毛虫(*Gynaephora alpherakii*)虫害发生的影响。结果表明,果洛州玛沁县草原毛虫的灾害严重,危害面积达  $14.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,1993年最高虫口密度达  $500 \text{ 头} \cdot \text{m}^{-2}$ ,2003年也较为严重;1971—2007年的37年间玛沁县的年平均温度呈升高趋势,降水量呈递减趋势;虫口密度与年平均温度、虫口密度与年降水量、虫口密度与年平均温度和年降水量之间均无显著关系( $P > 0.05$ )。虫口密度与前一年9月的降水量关系显著( $P < 0.05$ ),与前一年9月平均温度、降水量二者关系显著,虫害的发生与前一年9月的水热条件密切相关,温度与降水适宜会使草原毛虫大量发生,导致严重虫害。本研究的结果与其他研究分析认为的“温度是草原毛虫生长发育的限制因素”这一结论并不完全一致,这是因为玛沁县近年来温度升高与降水减少,使得温度不再是限制因素,而草原毛虫进行羽化、交配、产卵、孵化所需求的9月降水量成为影响虫害发生的关键因素。

**关键词:**草原毛虫;温度;降水量;虫害;玛沁县

**中图分类号:**S812.6      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2012)01-0128-07

\*

草原毛虫(*Gynaephora alpherakii*)发生在海拔3 000~5 000 m的高山草原,是我国青藏高原牧区的主要害虫,别名红头黑头虫、草原毒蛾,属于昆虫纲鳞翅目毒蛾科。草原毛虫分布地域具有共同的特点,低温、干旱、夏季凉爽、冬季漫长、植物的生长季节短、生境中天敌数量多<sup>[1-2]</sup>,其生活史包括幼虫期、蛹期、成虫期、卵期4个阶段<sup>[3]</sup>。依据虫口密度和牧草损失量,将草原毛虫的危害等级定为生态平衡级、极轻危害级、轻度危害级、中度危害级、重度危害级、极重度危害级和猖獗危害级7个级别<sup>[4]</sup>。草原毛虫主要破坏草地植被,将成片大面积牧草连根基茎部蚕食,对牧草危害非常严重,毛虫取食时由草顶尖而向基部食之,先食嫩枝绿叶,这种多食性和选择性的取食方式,严重影响了牧草的开花,抑制了牧草的生长和正常发育,相反使毒杂草逐渐增多,导致草地退化甚至沙化,造成植被演替。毁坏严重的草地植被在两年内难以恢复,单位面积草地生产能力

和载畜量大幅度下降。草原毛虫对人也会造成危害,牧民在捡毛虫时,不采用防护措施或不及时清洗,会引起中毒现象,用手揉眼睛会导致眼红肿,手发痒,严重者会眼失明和手指肿胀<sup>[5]</sup>。

目前全世界草原毛虫属昆虫有15种,主要分布于北半球的高山,以及北极的冻土地带,尤以高原地区较多。亚洲分布13个种,欧洲分布3个种,北美1个种,北极2个种<sup>[6]</sup>。亚洲草原毛虫种类集中分布在青藏高原(8个种)和帕米尔高原(4个种)<sup>[7]</sup>。目前中国的草原毛虫全部分布于青藏高原的高寒草地上,是该地区草地生态系统中的主要害虫<sup>[8]</sup>。国内有草原毛虫、青海草原毛虫(*G. qinghaiensis*)、金黄草原毛虫(*G. aureata*)、若尔盖草原毛虫(*G. ruoergensis*)、小草原毛虫(*G. minorav*)。在青海、西藏、甘肃大量为害的是青海草原毛虫,尚有金黄草原毛虫混合发生。

国外对草原毛虫高山种的研究文献极少,仅有

\* 收稿日期:2011-03-03      接受日期:2011-07-07  
基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)课题(2009CB421102);中科院知识创新工程重要方向项目课题(KSCX2-YW-Z-1020-02);国家自然科学基金项目(41030105、31172247);国家科技支撑课题第一专题(2009BAC61B02-01、2011BAC09B06-02);青海省国际合作项目(2009-J-807);中科院战略性先导科技专项子课题(XDA05070202)  
作者简介:周华坤(1974-),男,青海乐都人,副研究员,博士,主要从事高寒草地生态学研究。E-mail: qhzhhk1974@yahoo.com.cn

Schaefer 和 Castroville<sup>[9]</sup>在日本的大雪山和天盆山研究了罗斯草原毛虫(*G. rossii*)的部分生活史、特性以及幼虫期的天敌。Dubatolov<sup>[10]</sup>报道了俄罗斯高山种鲁津草原毛虫(*G. lugens*)的孤雌生殖习性和种群偏雌的现象。国外研究最多最为详细的是北极区的格陵兰草原毛虫(*G. groenlandica*)和罗斯草原毛虫,鲜见草原毛虫危害和防治的报道,而仅将草原毛虫作为一种极端环境适应性的模式动物进行研究<sup>[11-12]</sup>,Convey<sup>[13]</sup>比较了南极和北极昆虫诸多生活史特征,认为两极昆虫均采取了 A/S 生活史对策。

果洛藏族自治州地处青藏高原腹地,黄河源头,位于青海省的东南部,是青海省草原毛虫灾害的主要发生区。2004—2006 年果洛州甘德县草原毛虫的虫口密度平均为 203 头·m<sup>-2</sup>,重灾区在 182 头·m<sup>-2</sup> 以上,特重灾区超过 600 头·m<sup>-2</sup>,可将成千数万亩草地吃得精光。2005 年果洛州草原毛虫危害面积达 32.58 万 hm<sup>2</sup>,其中玛沁县最为严重,危害面积达 14.67 万 hm<sup>2</sup>,虫口平均密度也达 166 头·m<sup>-2</sup><sup>[7]</sup>。草原毛虫对我国的高山草地造成了巨大危害,所以在我国对其进行研究及防治较早,特别是对杀虫剂药效试验和生物杀虫剂新药的开发进行了大量的试验研究<sup>[14]</sup>,生物杀虫剂灭毛灵被广泛用于该害虫的防治,草原毛虫的危害得到了有效的控制,在毛虫杀虫剂的研究方面领先于世界水平<sup>[15]</sup>。但是由于全球气候转暖,近几年该虫发生频繁,爆发成灾<sup>[16-17]</sup>。目前为止,对于草原毛虫危害发生的驱动因素和机制不太清楚。虫害的发生有适应的环境,了解其生物学特性、发生规律、数量变化以及影响其发生的主导因素,是监测预报和防治的重要理论基础和依据。草原毛虫能在青藏高原这种高海拔、高寒极端环境中长期生存并大量繁殖,造成危害,必定有其适应的环境条件,这正是分析研究的切入点。为此,依据 1980—2007 年对青海省果洛州的草原毛虫进行的不连续调查数据和气象数据,着重研究各年份、一年中各月份的水分、温度等气候因子与虫害发生的相互关系,分析虫害发生的规律及气候因子对虫害发生的影响。以期为进一步有效控制草原毛虫的危害提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 研究地点为三江源区的青海省

果洛藏族自治州玛沁县。玛沁县地处青藏高原黄河上游的山原、河谷地带。境内平均海拔 4 000 m 以上,属青藏高原大陆性半湿润气候。年均气温 -3.9 °C,年降水量 420~560 mm。以畜牧业为主,畜种有藏系绵羊、牦牛等。

**1.2 试验设计及研究方法** 1980 年以来,在青海省果洛州玛沁县草原毛虫发生地进行了多次调查。采用典型取样方法设置样地,样地分固定和不固定两种,调查采用随机取样法,用 0.25 m<sup>2</sup> 的方框取样器,每年 6 月在草原毛虫活动和发生盛期<sup>[4]</sup>,对虫口密度进行调查,并记录数据。通过气象局提供的不同年份的各月温度和降水量,计算出各年的年平均温度和年平均降水量,分析温度与降水的变化趋势、相互关系以及虫害发生与年平均温度、平均降水量和各月温度、降水量的关系等。

**1.3 数据处理** 以 SPSS 11.5 统计软件和 EXCEL 2003 办公软件为主,主要数据分析方法包括相关系数分析、一元回归分析和二元回归分析。

## 2 结果

**2.1 近年来玛沁县虫害发生情况** 根据青海省气象局提供的数据和调查结果(表 1),1980 年玛沁县发生的毛虫危害为 3 级轻度危害级,对当地的生态环境和畜牧业的影响不是特别严重;到了 20 世纪 90 年代草原毛虫虫害发生有加重趋势,特别是 1993 年,玛沁县的虫口密度超过了 230 头·m<sup>-2</sup>,达到了极重度危害级;进入 21 世纪,虫害发生频繁,最初 5 年,虫害发生较为严重,但最近几年虫害渐趋减轻,有波动趋势。

**2.2 玛沁县年平均温度和年平均降水量的变化趋势** 玛沁县从 20 世纪 70 年代到 80 年代中期,年平均温度呈降低趋势,80 年代中期到 21 世纪初又呈升高趋势,总体来看年平均温度呈升高趋势,气温倾向率为 0.020 8 °C·a<sup>-1</sup>,这与近年区域 CO<sub>2</sub> 排放量增加,全球气候变暖的总体趋势相符;而 37 年来年降水量呈递减趋势,但不明显(图 1)。这些变化趋势使得当地呈现暖干化气候。

**2.3 年平均温度和降水量与虫口密度的关系**

**2.3.1 草原毛虫虫口密度与各生活时期的温度、降水量的关系** 按照草原毛虫生活史阶段的研究,一般 9 月中下旬至翌年 3 月上旬为一龄幼虫孵化和滞

表 1 果洛州玛沁县各年发生虫害级别

Table 1 Grades of insect pest in the Maqin County of Guoluo Prefecture from 1980—2007

年份 Year	虫口密度/头·m <sup>-2</sup> Insect density/head·m <sup>-2</sup>	危害级别 Grade	年份 Year	虫口密度/头·m <sup>-2</sup> Insect density/head·m <sup>-2</sup>	危害级别 Grade
1980	113.0	3	2002	123.0	3
1991	130.0	4	2003	220.0	5
1992	76.0	2	2004	145.0	4
1993	250.0	6	2005	166.0	4
1998	12.9	1	2006	69.0	2
2001	5.0	0	2007	32.0	2

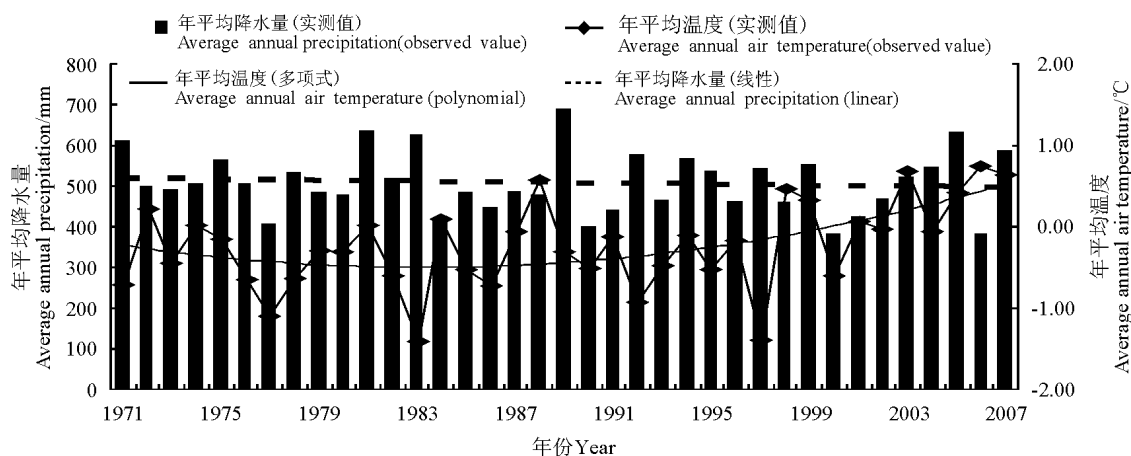


图 1 1971—2007 年玛沁县年平均温度与年降水量的变化趋势图

Fig. 1 Trend of annual average temperature and precipitation from 1971—2007 in Maqin county

育越冬阶段;3月中下旬至8月上中旬为一龄幼虫至七龄幼虫发育阶段;7月下旬至8月下旬为蛹期;8月中下旬至9月上中旬为成虫期内的交配产卵期<sup>[3]</sup>。据此划分草原毛虫各个生活时段,相关分析表明,草原毛虫虫口密度与其生活史各阶段月份的平均温度、降水量相关不显著(表2)。二元回归分析表明,各时期的平均温度、降水量两因素对虫口密度无显著影响( $F < F_{11,2,0.05} = 4.26$ )(表2)。

**2.3.2 草原毛虫虫口密度与不同月份和年际气象因子间的关系** 根据草原毛虫生活史阶段,以前一年8月至虫害出现当年7月为一年(即成虫交配产卵期至六龄幼虫期为分析时段),并以此为依据,结合1980—2007年虫害观测记录(表1)进行气候环境因子与虫口密度关系的分析。同时,分析草原毛虫虫害发生当年虫口密度与其气象因子的关系。回归分析显示,年平均温度、年降水量、年平均温度和年降

水量对虫口密度无显著贡献( $F < F_{10,1,0.05} = 4.96$ )。一元回归分析表明,各月的温度、降水量等气候因子(表3)中,只有前一年9月的降水量显著影响虫口密度( $F = 8.88 > F_{10,1,0.05} = 4.96$ )。而9月是草原毛虫羽化、交配、产卵、孵化的时期,这期间降水量充沛使得草原毛虫的繁殖率和存活率大大提高。

二元回归分析表明,只有前一年9月平均温度和降水量显著影响虫口密度( $F = 5.48 > F_{9,2,0.05} = 4.26$ ),说明虫害的发生与前一年9月的温度和水分密切相关,温度与降水充分适宜会使第2年虫害大量发生。玛沁县虫害发生前一年9月的平均温度是呈增高趋势(趋势线为  $y = -0.0109x^2 + 0.3478x + 4.5818, R^2 = 0.5289$ ),而前一年9月的降水量自1980年到2000年有增高趋势,之后就有所下降(趋势线为  $y = -0.7605x^2 + 11.217x + 41.918, R^2 = 0.2126$ ),致使其成为草原毛虫虫害发

表2 草原毛虫虫口密度与各生活时期的温度、降水量的关系

Table 2 Relationship between grassland caterpillar density and temperature, precipitation at different life stage

气候因子 Climate factor	相关系数 Correlation coefficient
前一年8-9月平均温度 Average air temperature from Aug. to Sep. of last year	0.179 0
前一年10月-当年3月平均温度 Average air temperature from Oct. of last year to Mar. of present year	0.038 2
当年4-5月平均温度 Average air temperature from Apr. to May of present year	-0.155 5
当年6-7月平均温度 Average air temperature from Jun. to July of present year	-0.186 4
前一年8-9月平均降水量 Average precipitation from Aug. to Sep. of last year	0.194 1
前一年10-当年3月平均降水量 Average precipitation from Oct. of last year to Mar. of present year	-0.322 4
当年4-5月平均降水量 Average precipitation from Apr. to May of present year	0.215 2
当年6-7月平均降水量 Average precipitation from Jun. to July of present year	0.040 6
气候因子 Climate factor	F
前一年8-9月平均温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Aug. to Sep. of last year	0.216 7
前一年10-当年3月平均温度和降水量 Average air temperature and precipitation from Oct. of last year to Mar. of present year	1.417 0
当年4-5月平均温度与降水量 Average air temperature and precipitation from Apr. to May of present year	0.351 6
当年6-7月平均温度与降水 Average air temperature and precipitation from Jun. to July of present year	0.360 0

生的限制因子。

虫口密度与虫害发生当年平均温度、虫口密度与当年降水量、虫口密度与当年平均温度和年降水量之间也无显著相关关系(表3),当年平均温度和年降水量对虫害发生的贡献不显著。通过一元和二元回归分析,当年8-12月的温度、降水量对虫口密度无显著影响(表3),说明虫害的发生与当年的全年和各月温度水分变化关系不大。

### 3 讨论

前人曾对草原毛虫与温度和降水量之间的关系进行过一系列研究。沈南英等<sup>[18]</sup>的研究表明羽化期雄蛾起飞要求一定的温度,如雨水过多必然气温也低,当植物宽叶潮湿,地面温度低于15℃时,雄蛾不能起飞,雌蛾得不到适时交配,就会影响第2代毛虫数量。在果洛州玛沁县气温-4℃左右时,草原毛虫还能正常生长和破坏草地,在幼虫初期能抵抗冬季-30℃左右的严寒,一旦冬季气温偏高和春季温湿度适宜时就会造成当年大面积的草地虫灾<sup>[5]</sup>。那曲地区1996和1997年特大雪灾使巴青县、聂荣县、安多县畜牧业遭受沉重打击,大雪为草原毛虫的安全越冬提供了保障,使冬眠幼虫的越冬率高<sup>[5]</sup>。另外,草原蝗虫(*Choythippus dubius*)与草原毛虫

在生活习性、生活史等方面有诸多相似之处,研究方法也大致相同。蝗虫的发生与气温尤其是蝗卵孵化器的气温有密切的关系;降水对蝗虫的影响依不同种类而异<sup>[19-21]</sup>。草地蝗虫的消长在很大程度上受胚胎期和蝗蛹期温雨系数的综合作用影响<sup>[4]</sup>。但本研究结果与大多数试验得出的结论并不一致,虫害的发生与年平均温度、年降水量、当年各月温度、当年各月降水量、毛虫生活各时期平均温度、毛虫生活各时期降水量等因素并无显著回归关系,而与虫害发生前一年9月的降水量,与前一年9月的平均温度和降水量之间的回归关系显著,这是因为果洛州玛沁县近30多年来气温不断升高,而降水量却下降,因此温度已不是草原毛虫生长发育的限制因素,降水量虽然略有降低但相对来说还是很丰富,只在毛虫羽化、交配、产卵、孵化期(9月)消耗大量水分的时期才会成为限制因素。当然除温度和降水外,天然草地类型空间分布特征、气候分区<sup>[22]</sup>、天敌种类和数量、海拔、地貌、坡度、坡相、土壤类型、土壤质地等因素亦会对草原毛虫的生存繁衍有一定影响。这些初步的分析结论将对揭示高寒牧区草原毛虫消长规律及虫害发生的预测预报有一定意义。

表 3 草原毛虫虫口密度与不同时段气候因子间的关系

Table3 Relationship between grassland caterpillar density and climate factors at different life stage

气候因子 Climate factors	F
年平均温度(虫害前一年 8 月—当年 7 月) Average air temperature from Aug. of last year to Jul. of present year	0.001 4
年平均温度(虫害当年 1 月—12 月)Average air temperature from Jan. to Dec. of present year	0.313 6
前一年 8 月温度 Average air temperature of Aug. of last year	0.000 5
前一年 9 月温度 Average temperature of Sep. of last year	3.157 9
前一年 10 月温度 Average air temperature of Oct. of last year	0.820 6
前一年 11 月温度 Average air temperature of Nov. of last year	0.192 1
前一年 12 月温度 Average air temperature of Dec. of last year	0.001 0
当年 1 月温度 Average air temperature of Jan. of present year	0.811 9
当年 2 月温度 Average air temperature of Feb. of present year	0.519 5
当年 3 月温度 Average air temperature of Mar. of present year	1.373 6
当年 4 月温度 Average air temperature of Apr. of present year	0.000 9
当年 5 月温度 Average air temperature of May of present year	0.520 6
当年 6 月温度 Average air temperature of Jun. of present year	0.855 2
当年 7 月温度 Average air temperature of Jul. of present year	0.042 1
当年 8 月温度 Average air temperature of Aug. of present year	0.000 5
当年 9 月温度 Average air temperature of Sep. of present year	3.157 9
当年 10 月温度 Average air temperature of Oct. of present year	0.820 6
当年 11 月温度 Average air temperature of Nov. of present year	0.192 1
当年 12 月温度 Average air temperature of Dec. of present year	0.001 0
年降水量(虫害前一年 8 月—当年 7 月) Average precipitation from Aug. of last year to Jul. of present year	0.214 8
年降水量(虫害当年 1 月至 12 月)Average precipitation from Jan. to Dec. of present year	2.892 2
前一年 8 月降水量 Average precipitation of Aug. of last year	1.425 5
前一年 9 月降水量 Average precipitation of Sep. of last year	8.880 0*
前一年 10 月降水量 Average precipitation of Oct. of last year	1.600 4
前一年 11 月降水量 Average precipitation of Nov. of last year	2.347 9
前一年 12 月降水量 Average precipitation of Dec. of last year	1.070 7
当年 1 月降水量 Average precipitation of Jan. of present year	1.854 3
当年 2 月降水量 Average precipitation of Feb. of present year	0.000 5
当年 3 月降水量 Average precipitation of Mar. of present year	0.070 7
当年 4 月降水量 Average precipitation of Apr. of present year	0.124 9
当年 5 月降水量 Average precipitation of May of present year	1.630 2
当年 6 月降水量 Average precipitation of Jun. of present year	0.040 0
当年 7 月降水量 Average precipitation of Jul. of present year	0.869 2
当年 8 月降水量 Average precipitation of Aug. of present year	1.425 5
当年 9 月降水量 Average precipitation of Sep. of present year	2.200 9
当年 10 月降水量 Average precipitation of Oct. of present year	0.238 8
当年 11 月降水量 Average precipitation of Nov. of present year	1.789 7
当年 12 月降水量 Average precipitation of Dec. of present year	0.119 2

续表 3

气候因子 Climate factors	F
年平均温度和年降水量(虫害前一年 8 月—当年 7 月) Average air temperature from Aug. of last year to Jul. of present year	0.117 0
年平均温度和年降水量(虫害当年 1 月—12 月)Average air temperature from Jan. to Dec. of present year	1.839 8
前一年 8 月温度和降水量 Average air temperature of Aug. of last year	0.121 4
前一年 9 月温度和降水量 Average air temperature of Sep. of last year	5.480 0*
前一年 10 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Oct. of last year	0.825 6
前一年 11 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Nov. of last year	1.782 8
前一年 12 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Dec. of last year	0.936 4
当年 1 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Jan. of present year	0.742 7
当年 2 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Feb. of present year	0.608 6
当年 3 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Mar. of present year	0.603 3
当年 4 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Apr. of present year	0.960 0
当年 5 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of May of present year	1.151 1
当年 6 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Jun. of present year	0.564 9
当年 7 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Jul. of present year	0.372 7
当年 8 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Aug. of present year	0.984 5
当年 9 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Sep. of present year	2.785 6
当年 10 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Oct. of present year	0.674 8
当年 11 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Nov. of present year	1.235 4
当年 12 月温度和降水量 Average air temperature and precipitation of Dec. of present year	0.105 6

注: F 值右上角如有“\*”表示  $P < 0.05$ 。

Note: \* means significance at 0.05 level by F test.

### 参考文献

- [1] Kukul O, Dawson T E. Temperature and food quality influences feeding behavior, assimilation efficiency and growth rate of arctic woolly-bear caterpillars [J]. *Oecologia*, 1989, 79: 526-532.
- [2] 严林, 梅洁人. 草原毛虫种群能量生态学的研究 I. 草原毛虫幼虫体重生长数学模型[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1994, 24(2): 5-8.
- [3] 严林, 江小雷, 王刚. 门源草原毛虫幼虫发育特性的研究[J]. 草业学报, 2005, 14(2): 116-120.
- [4] 巩爱岐, 李韬. 青海草地害鼠害虫毒草研究与防治[M]. 西宁: 青海人民出版社, 2004: 115-124.
- [5] 王俊彪, 汪志智, 央德扎西, 等. 西藏聂荣县草原毛虫分布危害综合调查研究[J]. 西藏科技, 2002, 108(4): 29-35.
- [6] 周尧, 印象初. 草原毛虫的分类研究[J]. 昆虫分类学报, 1979(1): 23-28.
- [7] 严林. 草原毛虫属的分类、地理分布及门源草原毛虫生活史对策的研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2006: 27-42.
- [8] 马明继, 侯秀敏, 张生合. 青海省草原虫害现状及治理对策[J]. 青海草业, 2002, 11(3): 24-27.
- [9] Schaefer P W, Castrovillo P J. *Gynaephora rossii* (Curtis) on Mt. Katahdin, Maine, and Mt. Daisetsu, Japan, and comparisons to records for populations from the Arctic (Lymantriidae)[J]. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 1981, 18: 241-250.
- [10] Dubatolov V V. *Gynaephora (rossii) lugens*-apartergenic species[J]. *Arctic Insect News*, 1997, 8: 2-3.
- [11] Morewood W D, Lange P. Immature stages of high arctic *Gynaephora species* (Lymantriidae) and notes on their biology at Alexandra Fiord, Ellesmere Island, Canada[J]. *Journal of Research on the Lepidoptera*, 1997, 34: 119-141.
- [12] Morewood W D, Ring R A. Revision of the life history of the high arctic moth *Gynaephora groenlandica* (Wocke) (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 1998, 76(7): 1371-1381.

- [13] Convey P. How are the life history strategies of Antarctic terrestrial invertebrates influenced by extreme environmental conditions[J]. *Journal of Thermal Biology*, 1997, 22: 429-440.
- [14] 刘世贵, 杨荣志, 伍铁桥, 等. 草原毛虫病毒杀虫剂的研制及其大面积应用[J]. *草业学报*, 1993, 2(4): 47-50.
- [15] 张建军, 周成刚, 郭光智, 等. 杆状病毒杀虫剂增效途径研究进展[J]. *山东农业大学学报: 自然科学版*, 2004, 35(1): 154-158.
- [16] 魏学红. 西藏草原毛虫的发生及防治对策[J]. *草原与草坪*, 2004(2): 56-57.
- [17] 何孝德, 王薇娟. 青海省草原毛虫分布区域及为害等级划分初探[J]. *草业科学*, 2003, 20(8): 45-48.
- [18] 沈南英, 刘伯良, 曾璐, 等. 草原毛虫消长规律及预测预报的研究[J]. *中国草地学报*, 1983(4): 57-60.
- [19] 倪绍祥, 巩爱岐. 环青海湖地区草地蝗虫发生的生态环境条件分析[J]. *农村生态环境条件分析*, 2000, 16(1): 5-8.
- [20] 孙涛, 赵景学, 田莉华, 等. 草地蝗虫发生原因及可持续管理对策[J]. *草业学报*, 2010, 19(3): 220-227.
- [21] 刘艳, 张泽华, 王广军. 草地蝗虫防治的经济阈值与生态阈值研究进展[J]. *草业科学*, 2003, 28(2): 308-312.
- [22] 张国胜, 伏洋, 杨琼, 等. 青海省天然草地类型空间分布特征及气候分区[J]. *草业科学*, 2009, 26(1): 23-29.

### The relationship between damage of grassland caterpillar and climate factors in the Maqin County of Guoluo Prefecture

ZHOU Hua-kun<sup>1</sup>, WANG Xiao-hui<sup>2</sup>, WEN Jun<sup>1,3</sup>, ZHU Jin-fu<sup>2</sup>,  
YE Xin<sup>1,3</sup>, WANG Wen-ying<sup>2</sup>, CHEN Zhe<sup>1,3</sup>

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810001, China;

2. School of life and Geography Sciences, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China;)

**Abstract:** Based on survey data of population density of grassland caterpillar over the years and temperature and precipitation with long-term observation in the Maqin County, the climatic factors, especially temperature and precipitation, how to influence on the grassland caterpillar was determined in this study by analyzing the relationship between damage of grassland caterpillar and climate factors. The results of this study showed that the grassland area damaged by grassland caterpillar was  $14.67 \times 10^4$  ha in the Maqin County of Guoluo Prefecture, and the maximum population density was 500 per square meter, in 1993 and was serious in 2003. From 1971 to 2007, the mean annual temperature of Maqin County showed an increasing trend, and the local precipitation showed a decreasing trend. The correlation analysis results showed that the population density of grassland caterpillar was not related with the average annual temperature, annual precipitation, average annual temperature and annual precipitation, but was significantly related with the precipitation and the average temperature and precipitation in September of the last year, indicating that the occurrence of grassland caterpillar was closely related to water and heat conditions in September of the last year and the appropriate temperature and precipitation encouraged grassland caterpillars to become pest damage. This study did not support the view in which the temperature was the limiting factor to caterpillar life cycle because the increasing temperature and reducing precipitation in recent years in Maqin County made the temperature not be a limiting factor, while the precipitation in September became the a key factor which affected eclosion, copulation and oviposition and incubation in the caterpillar life cycle.

**Key words:** grassland caterpillar; temperature; precipitation; damage of grassland caterpillar; Maqin County

Corresponding author: ZHOU Hua-kun E-mail: qzhzhk1974@yahoo.com.cn