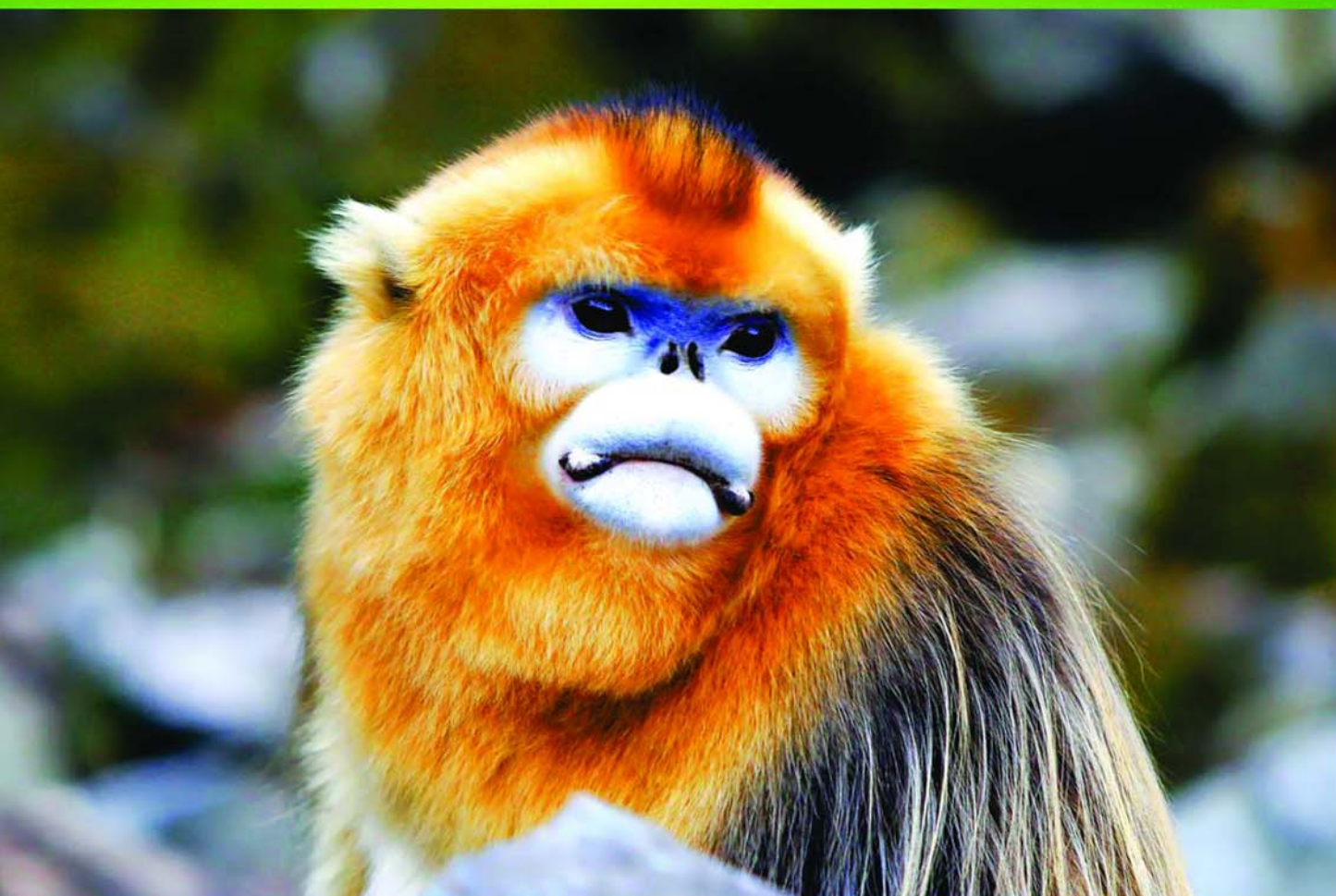


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

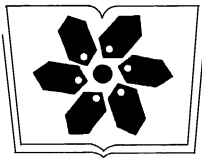
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第2期 Vol.32 No.2 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 2 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

北部湾秋季底层鱼类多样性和优势种数量的变动趋势	王雪辉,邱永松,杜飞雁,等 (333)
中国大陆鸟类和兽类物种多样性的空间变异	丁晶晶,刘定震,李春旺,等 (343)
粉蝶盘绒茧蜂中国和荷兰种群学习行为及 EAG 反应的比较	王国红,刘 勇,戈 峰,等 (351)
君主绢蝶的生物学及生境需求	方健惠,骆有庆,牛 犇,等 (361)
西南大西洋阿根廷滑柔鱼生物学年间比较	方 舟,陆化杰,陈新军,等 (371)
城市溪流中径流式低坝对底栖动物群落结构的影响	韩鸣花,海燕,周 斌,等 (380)
沉积再悬浮颗粒物对马氏珠母贝摄食生理影响的室内模拟	栗志民,申玉春,余南涛,等 (386)
太平洋中西部海域浮游植物营养盐的潜在限制	徐燕青,陈建芳,高生泉,等 (394)
几株赤潮甲藻的摄食能力	张清春,于仁成,宋静静,等 (402)
高摄食压力下球形棕囊藻凝聚体的形成	王小冬,王 艳 (414)
大型绿藻浒苔藻段及组织块的生长和发育特征	张必新,王建柱,王乙富,等 (421)
链状亚历山大藻生长衰亡相关基因的筛选	仲 洁,隋正红,王春燕,等 (431)
太湖春季水体固有光学特性及其对遥感反射率变化的影响	刘忠华,李云梅,吕 恒,等 (438)
程海富营养化机理的神经网络模拟及响应情景分析	邹 锐,董云仙,张祯祯,等 (448)
沙质海岸灌化黑松对蛀食胁迫的补偿性响应	周 振,李传荣,许景伟,等 (457)
泽陆蛙和饰纹蛙蝌蚪不同热驯化下选择体温和热耐受性	施林强,赵丽华,马小浩,等 (465)
麦蚜和寄生蜂对农业景观格局的响应及其关键景观因子分析	赵紫华,王 颖,贺达汉,等 (472)
镉胁迫对芥蓝根系质膜过氧化及 ATPase 活性的影响	郑爱珍 (483)
生姜水浸液对生姜幼苗根际土壤酶活性、微生物群落结构及土壤养分的影响	韩春梅,李春龙,叶少平,等 (489)
九州虫草菌丝体对 Mn 的耐性及富集	罗 毅,程显好,张聪聪,等 (499)
土霉素暴露对小麦根际抗生素抗性细菌及土壤酶活性的影响	张 昊,张利兰,王 佳,等 (508)
氮沉降对杉木人工林土壤有机碳矿化和土壤酶活性的影响	沈芳芳,袁颖红,樊后保,等 (517)
火炬树雌雄母株克隆生长差异及其光合荧光日变化	张明如,温国胜,张 瑾,等 (528)
湖南乌云界自然保护区典型生态系统的土壤持水性能	潘春翔,李裕元,彭 亿,等 (538)
祁连山东段高寒地区土地利用方式对土壤性状的影响	赵锦梅,张德罡,刘长仲,等 (548)
沙质草地生境中大型土壤动物对土地沙漠化的响应	刘任涛,赵哈林 (557)
腾格里沙漠东南缘可培养微生物群落数量与结构特征	张 威,章高森,刘光琇,等 (567)
塔克拉玛干沙漠南缘玉米对不同荒漠化环境的生理生态响应	李 磊,李向义,林丽莎,等 (578)
内蒙古锡林河流域羊草草原 15 种植物热值特征	高 凯,谢中兵,徐苏铁,等 (588)
不同密度条件下芨芨草空间格局对环境胁迫的响应	张明娟,刘茂松,徐 驰,等 (595)
环境因子对巴山冷杉-糙皮桦混交林物种分布及多样性的影响	任学敏,杨改河,王得祥,等 (605)
海藻酸铈配合物对毒死蜱胁迫下菠菜叶片抗坏血酸-谷胱甘肽循环的影响	栾 霞,陈振德,汪东风,等 (614)
城市化进程中城市热岛景观格局演变的时空特征——以厦门市为例	黄聚聪,赵小锋,唐立娜,等 (622)
基于遥感和 GIS 的川西绿被时空变化研究	杨存建,赵梓健,任小兰,等 (632)
亚热带城乡复合系统 BVOC 排放清单——以台州地区为例	常 杰,任 远,史 琰,等 (641)
研究简报	
不同水分条件下毛茛苔草枯落物分解及营养动态	侯翠翠,宋长春,李英臣,等 (650)
大山雀对巢箱颜色的识别和繁殖功效	张克勤,邓秋香,Justin Liu,等 (659)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 330 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-01	



封面图说: 雄视——中国的金丝猴有川、黔、滇金丝猴三种,此外还有越南和缅甸金丝猴两种。金丝猴是典型的森林树栖动物,常年栖居于海拔 1500—3300m 的亚热带山地、亚高山针叶林、针阔叶混交林,常绿落叶阔叶混交林中,随着季节的变化,只在栖息的生境中作垂直移动。川金丝猴身上长着柔软金色长毛,十分漂亮。个体大,嘴角处有瘤状突起的是雄性金丝猴的特征。川金丝猴只分布在中国的四川、甘肃、陕西和湖北省。属国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201012201813

方健惠, 骆有庆, 牛犇, 屠爱群, 赵龙. 君主绢蝶的生物学及生境需求. 生态学报, 2012, 32(2): 0361-0370.

Fang J H, Luo Y Q, Niu B, Tu A Q, Zhao L. Biological characteristics and habitat requirements of *Parnassius imperator* (Lepidoptera: Parnassidae). Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(2): 0361-0370.

君主绢蝶的生物学及生境需求

方健惠^{1,2}, 骆有庆^{1,*}, 牛犇², 屠爱群², 赵龙²

(1. 北京林业大学林学院省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 甘肃省森林病虫害防治检疫站, 兰州 730050)

摘要:在甘肃省永靖县境内通过野外设点观察、样线调查及室内饲养等方法研究了君主绢蝶的生物学特性及其生境需求, 分析了其种群趋势及波动的原因, 提出了保护措施。

(1) 君主绢蝶是中国特有种, 在甘肃永靖县 1 年 1 代, 以卵越冬, 卵多产于寄主植物灰绿黄堇 *Corydalis adunca* (也是中国特有种) 附近的岩石壁上, 翌年 3 月中旬卵孵化。幼虫 4 龄, 平均历期为 52d, 3 月下旬至 6 月下旬都可见到幼虫。蛹期平均为 47d。5 月初始见其成虫, 成虫飞翔迅速, 7 月中旬至 8 月中旬为成虫高峰期, 至 9 月下旬仍可见成虫活动。卵期一般为 8 个月。

(2) 君主绢蝶在永靖县牙沟生境内是一个优势种群, 成虫喜欢飞翔于有裸露岩石的沟谷, 其幼虫则生存于阳光充足、气候干燥、有大量寄主植物的阳坡及半阳坡。君主绢蝶与其寄主植物灰绿黄堇的分布范围在中国相一致, 二者之间有紧密的协同进化关系。

(3) 在永靖县和甘南合作市分布的君主绢蝶是两个亚种, 在永靖县牙沟地区发生的是君主绢蝶兰州亚种 *Parnassius imperator gigas* Kotsch, 在合作市发生的是君主绢蝶祁连亚种 *P. imperator regulus* (Bryk et Eisner)。

(4) 极端的异常气候(强降温、霜冻、降雪)是影响君主绢蝶种群数量下降的主要因子, 人类活动的干扰是另一个影响君主绢蝶生存的主要威胁。

(5) 保护措施建议: 保护生境和减少人为干扰是两个最主要的促进绢蝶种群恢复的方法; 强调对绢蝶种群进行长期监测, 并开展生境丧失、气候变化等对绢蝶的影响研究。

关键词: 君主绢蝶; 生活史; 关键因子; 保护

Biological characteristics and habitat requirements of *Parnassius imperator* (Lepidoptera: Parnassidae)

FANG Jianhui^{1,2}, LUO Youqing^{1,*}, NIU Ben², TU Aiqun², ZHAO Long²

1 Key Laboratory for Silviculture and Conservation, Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 Forest Pest and Disease Management and Quarantine Station of Gansu Province, Lanzhou 730050, China

Abstract: We studied biological characteristics and habitat requirements of *Parnassius imperator* in Yagou, Yongjing County. We also analyzed population trend and key factors responsible for its fluctuation. Our research methods included for example transect survey, observation at sample plots, indoor breeding, etc.

1) *P. imperator* is an endemic species to China. It is univoltine in Yongjing County, and overwinters in egg stage on rocks nearby host plants *Corydalis adunca* (also endemic to China). Eggs hatch in mid-March the following year. The larvae stage includes 4 instars and last for 52 days. Duration of the larva period is from late March to late June. The pupae stage lasts about 47 days, and larvae pupate in early May. Adults emerge at the beginning of May and can fly fast. Peak

基金项目: 甘肃省中青年科技研究基金项目(3ZS041-A25-016)

收稿日期: 2010-12-20; 修订日期: 2011-06-07

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yqluo@bjfu.edu.cn

quantity of adults ranges from mid-July to mid-August, however adults can still be found in late September. The egg stage lasts about eight months.

2) *P. imperator* is a dominant species in Yagou, Yongjing County. Adults like to stay and fly in valley with bare rocks and shrubs, larvae are found on sunny and semi-sunny slopes. Geographic distribution of *P. imperator* and its host plant *C. adunca* overlaps in China. This explains their close co-evolutionary relationship.

3) Two subspecies of *P. imperator*. *P. imperator gigas* Kotsch, occurred in Yongjing county and *P. imperator regulus* (Bryk et Eisner) in Hezuo city.

4) Extremely abnormal climate, for example, Strong cooling, frost or snow, is the main factor that affects the population decline of *P. imperator*. Human disturbance is another threat affecting survival of *P. imperator*.

5) Conservation measures should focus on conservation of habitats of *Parnassius sp.*, and reduction of human disturbance to support survival of the population in Yagou. We also stress the need for long term population monitoring and research on impact of climate change and habitat loss.

Key Words: *Parnassius imperator*; life history; key factor; conservation

君主绢蝶(*P. imperator* Oberthür)属鳞翅目绢蝶科 Parnassiidae, 又名双珠大绢蝶或康定绢蝶。学名意为梦幻中的君主。本种是绢蝶中体型较大的种类, 是我国特有的蝴蝶种, 仅分布于我国的青海、甘肃、四川、云南、西藏。成虫出现在 5—9 月份, 多活动在海拔 2000m 以上的丘陵高山地带。在中国该蝶共有 11 个亚种^[1]。其中 3 个亚种在甘肃省报导有分布, 主要分布在兰州、祁连山、临夏、永靖、夏河、合作、临潭、武山、永登^[2-3]。

君主绢蝶作为我国的特有种, 国内对它的研究较少^[4]。作者在 2006—2008 年的课题研究过程中发现临夏州永靖县牙沟地区及甘南州合作地区是君主绢蝶大量分布的地区, 它的生存状态及发展趋势引起人们极大的兴趣, 进而开展了生物学、生态学等方面的研究。

1 材料与方法

1.1 研究地点

1.1.1 临夏州永靖县牙沟

甘肃省永靖县位于陇西黄土高原的西北部, 是青藏高原与黄土高原的交汇地带, 也是祁连山脉东延余脉与陇西盆地的交错地带。永靖地处内陆, 大陆性气候显著, 属温带半干旱季风气候。海拔在 1560—2851m 之间, 总面积 1863km²。干旱使 80% 的天然草场退化现象严重^[5]。

具体的研究地点牙沟, 源于陈井乡柏岭子山坳, 流向大致为西南—东北, 总长为 12km, 至盐锅峡抚河村入盐锅峡水库。309 国道纵贯全沟。海拔在 1900—2100m 之间, 沟内产石灰岩, 石质山地与黄土地交错而生。常流山溪。沟内光山秃岭, 沟壑纵横, 植被稀少, 气候干燥。植被以零星草场分布, 主要牧草种类有本氏针茅、小白蒿、蜆果芥、百里香、短柄草、羊茅、骆驼蓬、猪毛蒿、滨草等^[5]。

1.1.2 甘南州合作市卡加曼乡

合作市位于甘肃南部, 甘、青、川三省交界处, 甘南藏族自治州的北部。距省会兰州 267km, 合作市区四周环山, 地势平坦, 辖区平均海拔 2936m。极限高温 29℃, 极限低温 -28℃, 年均气温 1.7℃。年均降雨量 558mm, 集中在 7—9 月, 属大陆季风性气候特征, 长冬无夏、四季不明, 无霜期 60d, 无绝对无霜期。

具体研究地点卡加曼乡位于甘肃省合作市北部, 地势东北高, 西南低, 德乌鲁河水自东南入境, 在乡西北部与扎油河相汇, 海拔 2750m, 气候高寒阴湿, 年均气温 2.8℃, 年均降水量 510mm^[6]。

1.2 材料与方法

1.2.1 幼虫野外定点观察

2007 年 3—8 月君主绢蝶活动期, 进行连续定时定点的调查。幼虫期调查时确定牙沟内一条南北走向的

支沟(沟深为 1km)作为固定研究地点,用 GPS 定位,在沟两边坡上选取了 7 个样方,每样方 4 m × 100 m,在每个样方内标记所有寄主植物灰绿黄堇并逐一编号,每隔 5—8d 调查灰绿黄堇植株上及周围的幼虫数量及活动状态,同时做好记录。

1.2.2 幼虫室内饲养观察

2007—2008 年 2a 间,在野外调查的同时,从野外采回卵、幼虫数头,分别单个放入养虫盒中,逐一编号。并从野外采回其寄主植物灰绿黄堇进行室内饲养,灰绿黄堇茎叶放入塑料袋在冰箱中冷藏,每隔 1d 换新鲜茎叶。定时观察并记录幼虫发育、取食、死亡情况,直至老熟幼虫寻找越冬场所化蛹及成虫羽化。

1.2.3 生活习性 & 亚种间差异观察

成虫生活习性观察以野外调查为主,长期观察其成虫的羽化,交尾(巡游、等候),物候期(雄性先熟),访花(植物种类、物候期),选择寄主植物,产卵方式(散产、聚产),产卵量,天敌捕食或寄生的情况。

通过对我省不同地理区域内君主绢蝶生活习性调查及采到的标本进行形态特征鉴定得出,君主绢蝶在我省的亚种种类、分布及亚种间的差异。

1.2.4 省内君主绢蝶及其寄主植物分布调查

于 2006—2008 年 3a 间,赴省内各地对君主绢蝶及其寄主植物灰绿黄堇的分布情况进行了多次调查,查明其甘肃省内分布地点。

1.2.5 生境内植物及幼虫分布调查

2007 年 5 月在牙沟内不同海拔、不同坡向、不同坡度上设定 1 m × 1 m 样方 30 块进行生境植物调查,确定生境内的植物种类及数量。

2007 年 4 月底君主绢蝶幼虫发育期在牙沟内不同海拔、不同坡向、不同坡度上选取 2 m × 100 m 样方 19 块,进行生境寄主植物与君主绢蝶幼虫分布调查,确定每样方内的寄主植物数量、君主绢蝶幼虫数量、取食情况,进行生境内寄主植物与幼虫分布关系分析研究。

1.3 数据分析

应用 SPSS17.0 数据分析软件进行君主绢蝶幼虫与生境因子间的线性回归分析,确定决定其分布的主要因子。

2 研究结果

2.1 君主绢蝶的生物学

2.1.1 形态特征

1) 卵 半球形,上部扁平,直径约 1.38mm,高约 0.85mm。灰白色,精孔周围淡黄绿色。表面有许多颗粒状的微小突起,排列规则。精孔周围稍凹,这里的微小颗粒显著比其它部分小。

2) 幼虫 1 龄幼虫头部黑褐色有光泽,上生黑毛。臭角不明显。前胸盾黑褐色有光泽。身体暗黑褐色,下方色稍淡。前胸前半部泛橙黄色。肛上板几丁化,黑褐色。2 龄、3 龄幼虫斑点不明显,胸腹部被白毛,但不稠密。4 龄老熟幼虫头部黑褐色有光泽,上生黑毛,臭角明显,身体黑色,身体胸腹部密被白毛。在永靖调查地点根据 4 龄幼虫腹部背面的斑点数量与颜色可归为五种类型。

3) 蛹 君主绢蝶幼虫化蛹时,吐丝于岩石壁上成白色半透明茧包裹蛹体。蛹身体暗黄褐色有光泽。头部圆形,无突起。前胸的气门关闭。中胸圆形。前翅基部的突起呈钝角。腹部从背面看呈椭圆形,从侧面看向腹面弯曲,每一腹节气门上线各有 1 个浅凹。体长约 21mm。

4) 成虫 翅展 79—92mm。翅白色或淡黄白色,半透明,翅脉黄褐色。前翅正面外缘具宽半透明带。亚外缘半透明带锯齿状,翅中部有 1 条黑色横带;中室端和中室内各具有 1 个大型黑斑;翅基散生黑鳞;后翅前缘基部、前缘中部及翅中各有 1 个黑圈内红心白的三色斑。臀角处具两外围黑环的大蓝斑,靠顶角为 1 条断续黑条纹,翅基及后缘为连片大黑斑,外方另有一条黑色横条纹。翅反面同正面,只在后翅基部有 3—4 个红斑。

雄成虫 腹部多长毛,白色,稠密,覆盖腹部表面,在后翅基区及臀区也具白色长毛且稠密。

雌成虫 腹部无长毛,光滑且腹节明显,在后翅基区及臀区也具白毛,但与雄成虫相比,不稠密。雌成虫经交配后在腹部下端形成一黄白色膜质囊袋。

2.1.2 生活史及生活习性

2007—2008 年在永靖牙沟内对君主绢蝶幼虫期进行了野外定时定点观察,并从野外采回 24 头龄期不等的幼虫带回室内饲养,观察并记录其生长发育情况。通过野外观察与室内饲养相结合的方法,获得了君主绢蝶较为完整的生活史及发育历期,详见表 1,表 2 及图 1。

表 1 君主绢蝶生活史(2007—2008,永靖牙沟)
Table 1 Life History of *Parnassius imperator* (2007—2008, Yagou)

虫态 Stages	月份/旬 Month/ten days														
	3			4			5			6			7		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
卵 Egg	○	○	○	○	○	○									
幼虫 Larva			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
蛹 Pupa				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
成虫 Adult							—	—	—	—	—	—	—	—	—
卵 Egg													○	○	○

卵○ 幼虫● 蛹○ 成虫—

表 2 君主绢蝶个体发育历期
Table 2 Upgrowth and life stage of *Parnassius imperator*

检查日期(月-日) Date	发育阶段 Stage	头壳(卵)/mm Head(egg)	体长/mm Body length	历期/d A period of stage
04-13	卵	直径 1.38		
04-14	1 龄幼虫	0.58	5.4	5
04-18	2 龄幼虫	1.22	12.4	6
04-23	3 龄幼虫	2.12	23.7	13
05-06	4 龄幼虫	3.30	37.6	12
05-18	预蛹			4
05-22	蛹		6.0	78
08-08	成虫羽化			
合计 Total				118d

1 号盒,初次标记日期:2007 年 4 月 13 日,地点:永靖牙沟

结合图表及观察结果,将君主绢蝶的生活史及生活习性总结如下:

1)生活史

君主绢蝶在甘肃临夏州永靖县 1 年 1 代,以卵越冬,卵多产于寄主植物近前的岩石壁上。翌年 3 月下旬寄主植物灰绿黄堇 *Corydalis adunca* Maxim 发芽时,绢蝶卵同步孵化,幼虫 4 龄,平均历期为 52d,3 月下旬至 6 月下旬都可见到幼虫。预蛹平均为 5d,蛹期平均为 47d,5 月初始见其成虫,7 月中旬为成虫高峰期,一直到 9 月下旬仍可见成虫活动。卵期一般为 8 个月。

2)幼虫习性

3 月中旬寄主植物灰绿黄堇发芽,君主绢蝶幼虫同步孵化。阳坡坡面温度高,日照充足,寄主植物发芽早,幼虫孵出早,半阳坡、半阴坡相对较晚。君主绢蝶幼虫的发育极不整齐,从野外采回四龄老熟幼虫的同时还可以采到即将孵化幼虫的卵。从图 1 中可以看出 1 龄幼虫从 4 月初到 5 月底都可以见到,2—4 龄幼虫从 4 月上旬到 6 月下旬都可以见到。各龄期幼虫重叠出现,4 月中旬到 5 月上旬为幼虫高峰期。

幼虫总在寄主植物灰绿黄堇植株上或植株附近活动,取食灰绿黄堇当年生的嫩叶及其茎秆,初龄幼虫取

食量很小。2 龄以后幼虫取食量增加,生长迅速,移动爬行速度快。3 龄幼虫进入暴食期,3—4 龄幼虫食量占到全部取食量的 80%,末龄幼虫的取食量更大,占全部食量的 50%,严重时,被食茎叶几乎不留。幼虫喜遮阴处,常栖身于石块、土块、土缝中静伏不动。幼虫有臭角,浅黄色,受惊吓时会突然伸出。

3) 成虫习性

君主绢蝶在甘肃省南部地区的适生区域很广,从海拔 1900m 的永靖牙沟到 3600m 的甘南藏族自治州境内迭山山顶都能有其分布,而且在每年的 5 月初到 9 月底都能见到成虫的飞翔。

成虫在晴天的 10:00 到 15:00 陆续出现,阳光照射下可见其快速或缓慢的飞翔,阴雨天寻找避雨处躲藏。成虫多在流石坡及河滩地飞翔盘旋,喜停歇于碎石岩面上,正好与其体色一致,不易被发现。

成虫整个羽化过程持续 1—2h,成虫羽化后 2—3d 即可交尾。交尾多在晴天无风的 12:00—17:00 之间,雄蝶飞翔能力强,会在流沙石坡上快速飞翔寻找雌蝶进行交配。多选择在干涸的河床处交尾,交配开始时,个体间尾部相连,翅均展开成一平面,或贴地爬行,或近地面飞翔,落地后不振翅。交配时间不确定,在卡加曼沟观察到数对君主绢蝶交配时间 2—4h。

每头雌虫一生只交尾 1 次,雌雄交配后,雄蝶尾部末端的腺体便分泌出一种黏液干后变成角质臀袋,这种象牙色的坚韧构造阻绝了其他雄蝶再与这只雌蝶交尾的机会。

交尾后 4—7d 后产卵,根据解剖雌蝶对卵数进行统计得出每头雌虫孕卵 120 粒左右。君主绢蝶的卵多产于靠近寄主植物的岩石岩面上,见 1 粒至 3、4 粒散产,也有产卵于其幼虫寄主植株基部的干枯枝节上,君主绢蝶对产卵地有较明显的选择性,多选择在离其寄主植物近的地方。但在在甘南下卡加沟调查时,在没有其寄主植物生长的干涸的河滩地石块上也发现了大量的君主绢蝶的卵,多是 1 粒散产。

君主绢蝶在整个成虫期间都有访花习性,访花植物以岩黄芪、鬼箭锦鸡儿、金露梅、银露梅、绢毛茛为主。

4) 老熟幼虫化蛹及越冬场所

君主绢蝶化蛹前,老熟幼虫停止取食而四处爬行寻找隐蔽黑暗处,如石缝、土缝中的石壁上吐丝结成一个乳白色半透明的薄茧将身体藏在其中,经过 4—5d 时间老熟幼虫蜕皮成黄褐色蛹。君主绢蝶的蛹略似长椭圆形,表面光洁,常隐藏在石缝之中。

2.1.3 不同地理区域中的君主绢蝶比较

君主绢蝶在我省的临夏回族自治州永靖县牙沟境内及甘南藏族自治州合作市卡加曼乡下卡加沟内均有分布,而且种群数量都较大,分别是这两个地区蝶类的优势种群。

两个调查地点的生境条件存在着较大的差异。首先海拔上相差 1000m(牙沟海拔 1903m,下卡加海拔 2900m)。其次,气候状况上也有较大差异,永靖县属温带半干旱季风气候。年均降水量 281.9mm,年潜在蒸发量在 1500mm 以上;年平均气温为 5—9℃之间,无霜期 140—190d。而合作市大部分地区气候寒冷湿润,高原大陆性季风气候特征明显。冬季漫长,干燥多风,平均气温 2℃。光照充足,年均降水 558mm,集中于 7—9 3 个月。自然灾害频繁,主要是霜冻、寒潮,强降温、大雪、冰雹和秋季洪涝等。

两处生境存在较大差异,且两区域间直线距离在 200km 以上,不可能存在种群间的交流,他们是属于地理上完全隔离的两个种群。经过对两个地点采集的君主绢蝶成虫标本比对,以及与甘肃省其它地区的君主绢蝶标本进行比较,发现这两个地区同一种蝶类存在着明显的差异。属于君主绢蝶的不同亚种。将采自甘肃省

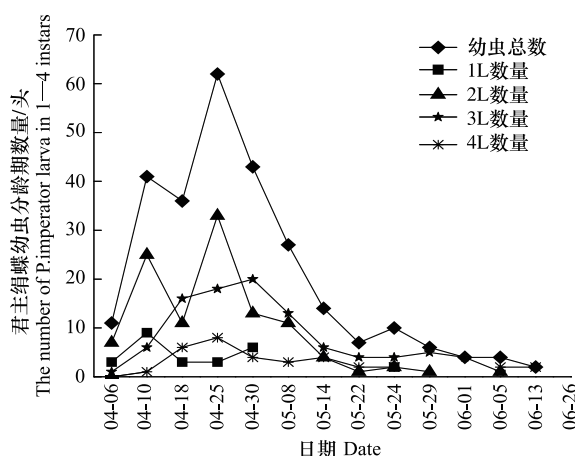


图 1 君主绢蝶幼虫分龄期发育进度

Fig. 1 Larval upgrowth development in four instars of *Parnassius imperator*

内不同地点的君主绢蝶标本进行形态特征比较,见图 2 所示。



祁连山亚种 ♀(采自甘南州下卡加沟, 2007-VII)



兰州亚种 ♀(采自永靖县牙沟, 2008-VIII)



岷山亚种 ♀(采自甘肃岷县二郎山, 2002-VII)

图 2 君主绢蝶亚种间的外部形态对比

Fig. 2 The comparison of external morphological form between *Parnassius imperator* subspecies

通过大量标本的比较鉴定,最终确定永靖牙沟发生的君主绢蝶是兰州亚种 *P. imperator gigas* Kotsch,合作下卡加沟发生的君主绢蝶是祁连山亚种 *P. imperator regulus* (Bryk et Eisner),而这两亚种与采自岷县二郎山的岷山亚种在翅面斑纹上均有很大差异。

2.1.4 室内饲养及野外观察中的问题

1)在6—7月份的野外线路调查中,发现有大量的绢蝶成虫飞翔,7月中旬是成虫出现高峰期。但是在2008年的野外调查中6—7月份很少见到君主绢蝶成虫。同时在2007年6月13日的幼虫调查中,四龄幼虫数量已非常少,7个样方中仅发现2头,到6月20日检查样地,没有发现1头幼虫;在2008年6月17日调查时发现有多数4龄幼虫,采回8头带回室内饲养,大多在6月25—30间开始化蛹,甚至有些到7月上旬及下旬才老熟化蛹。

2)室内饲养过程中对幼虫腹部背面的斑点进行了观察,并按编号对羽化后成虫进行了归类及比对,结果见表3。

表 3 君主绢蝶老熟幼虫腹部斑纹特征
Table 3 Abdominal features on the mature larvae of *Parnassius imperator*

对应成虫 个体数量 The quantity of adult	老熟幼虫腹部背面斑纹 Abdominal features of the mature larvae					合计 Total
	6 条点带, 均为红色	6 条点带, 外侧 4 条红色, 中间 2 条前部 红色,后部白色	6 条点带, 外侧 2 条黄色, 中间 4 条白色	4 条点带, 外侧 2 条红色, 2 条白色	仅有 2 条 红色点带	
个体数/头 Individual quantity	7	2	5	2	3	19
♀	6	0	3	1	3	13
♂	1	2	2	1	0	6

2.2 君主绢蝶的生境需求

2.2.1 君主绢蝶在国内及省内的分布情况

本种是我国特有的蝴蝶种,仅分布于我国的青海、甘肃、四川、云南、西藏。

经作者在甘肃南部地区及省内其他地区的多次调查,本种在甘肃省内的分布已基本查明。在甘肃的肃南、祁连山、兰州、永登、榆中(兴隆山)、临夏、永靖、夏河、玛曲、合作、临潭、卓尼、迭部、宕昌、岷县、武山等地均有分布。分布详见图 3。

2.2.2 寄主植物的生物学特性及区系分布

君主绢蝶在临夏州永靖县牙沟的寄主植物是灰绿黄堇 *Corydalis adunca* Maxim. 属罂粟科 Papaveraceae、紫堇属 *Corydalis*。

Corydalis 属是起源于横断山区至华中和滇黔桂一带,属的原始类群都分布在这里,仅横断山区就有 27 组分布,并从此向各方辐射进化^[7]。岷、迭二山东段腊子沟、大峪沟以西的甘南藏族自治州的全部属于横断山区,此区域该属植物分布很丰富^[8]。

紫堇属植物在我国约有 260 多种,它们在中国本土,特别是在横断山区和青藏高原获得最大的分化和发展,表现为由低海拔热带边缘和亚热带森林成分逐渐适应于亚高山针叶林、草甸灌丛、高山草原和高山流石滩的寒化、旱化生境,而产生许多不同程度特化的特征,也表现为本属强大的生命力和适应演化的潜力^[7]。

甘肃省紫堇属植物种类最为丰富的地区位于北纬 34.5—35.5°之间,东经 102—105°之间^[8]。这个属的分布说明降水量仍是多数紫堇属植物生长的主要限制因子^[9]。

灰绿黄堇分布于内蒙古、宁夏、甘肃、陕西、青海、四川、西藏等地,生于海拔 1000—3900m 的干旱山地、河滩或石缝中。为我国特有,但分布较广,除新疆外遍布内蒙大青山以西和西北各省的干旱山地草原或荒漠草原地区^[8]。经作者的调查与相关资料结合,查明灰绿黄堇在甘肃省分布于安西、酒泉、肃南、祁连山、兰州、永登、榆中(兴隆山)、临夏、永靖、夏河、玛曲、合作、临潭、迭部、宕昌、岷县、武都等地(图 4)。

2.2.5 牙沟生境内植物及寄主植物调查结果

2007 年 5 月在牙沟境内依坡向、坡度、高度等因子共设立了 30 块 1 m × 1 m 的样方进行植被状况调查,经室内标本鉴定,临夏州永靖县牙沟境内主要植物种类有 18 科,47 种。

从植物调查结果得出,灰绿黄堇在永靖牙沟境内是一种广布适生的多年生草本植物,在调查的各个坡向及坡底沟洼处它都有生长,只是在分布数量上有差异。它比较偏爱于阳坡、半阳坡的坡面上生存,在阳坡沙石裸岩地段它的数量明显多于阴湿地带。

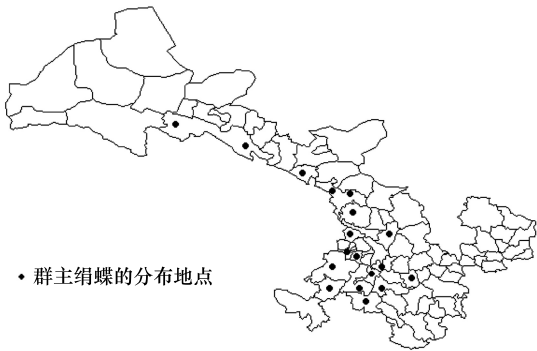


图 4 君主绢蝶在甘肃省的分布区域
Fig. 4 Geographical distribution of *Parnassius imperator* in Gansu

永靖县 20 世纪 80 年代中期以来,由于气候变暖,干旱灾害发生的次数明显增加,对农业生产的危害程度加重。干旱使 80% 的天然草场退化现象严重^[10]。退化现象的日益严重,势必对灰绿黄堇及其它植物的生存造成威胁。

2.2.6 君主绢蝶幼虫与生境中多因子调查结果

2008 年 4 月底君主绢蝶幼虫发育期在牙沟内不同海拔、不同坡向、不同坡度上选取 2m×100m 样方 16 块,进行生境寄主植物与君主绢蝶幼虫分布调查,确定每样方内的寄主植物数量、君主绢蝶幼虫数量、取食情况,进行生境内寄主植物与幼虫分布关系分析研究。调查汇总结果见表 8。



图 4 灰绿黄堇在甘肃省的分布区域

Fig. 5 Geographical distribution of *Corydalis adunca* in Gansu

表 8 君主绢蝶幼虫与生境因子调查

Table 8 Larvae quantity of *P. imperator* and habitat factors investigations

样方号 No.	海拔/m Elevation	坡向 Slope aspect	土质 Soil texture	寄主 Host plant		君主绢蝶 <i>P. imperator</i>	
				株数 Number	开花 Be in flower	有虫株数 Number of plants which have larvae	幼虫数量 Larval quantity
1	2040	阴坡	土坡	2	0	0	0
2	2035	阴坡	裸岩	0	0	0	0
3	2040	阴坡	土坡	2	0	0	0
4	2038	阴坡	裸岩	11	0	1	1
5	2133	半阴坡	裸岩	25	0	3	3
6	2118	半阴坡	土坡	8	0	0	0
7	2153	半阴坡	土坡	18	0	0	0
8	2119	半阴坡	裸岩	14	1	0	0
9	2025	半阳坡	裸岩	39	9	4	4
10	2160	半阳坡	土坡	19	0	2	2
11	2161	半阳坡	土坡	20	1	1	2
12	2160	半阳坡	裸岩	88	3	10	10
13	2154	阳坡	裸岩	78	34	8	9
14	2158	阳坡	土坡	34	23	4	4
15	2147	阳坡	土坡	26	12	5	6
16	2144	阳坡	裸岩	35	0	7	7

选择调查结果中海拔、生境类型(坡向)、土质及寄主植物数量与君主绢蝶幼虫数量做线性回归分析,结果见表 9。

表 9 君主绢蝶幼虫与环境因子间线性回归分析

Table 9 Linear regression analysis for *P. imperator* and habitat factors

因子 Factor	非标准化系数 Unstandardized coefficient	标准误差 Standard error	<i>t</i>	Sig.
常量 Constant	14. 762	16. 726	0. 883	0. 396
坡向 Slope aspect	1. 174	0. 433	2. 712	0. 020
寄主植物数量 Number of host plant	0. 093	0. 020	4. 722	0. 001
海拔 Elevation	-0. 008	0. 008	-0. 926	0. 375
土质 Soil texture	-0. 467	0. 752	-0. 620	0. 548

选择坡向、寄主植物数量、海拔、土质四个因子与幼虫数量间做线性回归分析结果表明,海拔、土质与幼虫数量间的线性关系不显著,而生境类型(以坡向为主因)、寄主植物分布数量与幼虫数量间存在线性相关关

系,从而可以得出君主绢蝶幼虫的分布与数量主要由其寄主植物灰绿黄堇的分布数量及山坡坡向等生境类型决定。这种相关性是显著的,生境类型在 $\alpha=0.05$ 水平上是显著的,寄主植物数量在 $\alpha=0.01$ 水平上是显著的。由表中样本判定系数 $R^2=0.897$,可以得出幼虫数量的变动有 89.7% 可以由寄主植物数量及坡向决定。由于光照、温度、雨量、风速、土壤质地等因子的综合作用,坡向能够对植物发生影响,从而引起植物和环境的生态关系发生变化。可以说,坡向是集光照、温度、雨量、风速、土壤质地等因子的一个综合因子。从以上数据分析进一步证实,其寄主植物灰绿黄堇在牙沟各条沟内各个坡向及沟底阴湿处均有分布,只是在不同坡向位置上分布数量有差异,而君主绢蝶幼虫喜好在阳坡及半阳坡的有大量寄主植物生活的地段生活,而很少甚至没有在半阴坡或阴坡生活

3 结论与讨论

3.1 结论

1) 君主绢蝶在长期演化过程中形成了许多与其环境相适应的特征。其幼虫体色及刺毛特征与他们生活的环境有关,是对干旱、寒冷的生境的一种适应。绢蝶成虫的体色、斑纹是其生活在高山环境中最好的保护色。绢蝶展翅停息于地衣斑驳的岩石上,翅上的斑纹、色彩和周围的环境和谐统一,很难发现。其次,君主绢蝶幼虫及成虫的世代发育不整齐,作者认为是对外界环境的一种适应,一种生存策略,这种发育不整齐的生存方式会使一部分种群个体躲过突如其来的外界灾难,比如,极端性的天气灾害而生存下来。这是在甘南合作地区极端灾害性天气频发,但君主绢蝶种群长期以来长盛不衰的原因之一。

2) 从君主绢蝶及其寄主植物灰绿黄堇在国内的地理分布,还是在甘肃省内的分布区域来看,二者在发生区域上非常吻合。说明他们之间的协同进化的关系非常紧密,君主绢蝶是随着其寄主植物灰绿黄堇的演变进化而发展进化来的。这两个物种都是中国的特有种, *Corydalis* 属是起源于横断山区至华中和滇黔桂一带,属的原始类群都分布在这里,仅横断山区就有 27 组分布,并从此向各方辐射进化^[7]。绢蝶属很可能起源于中国西南部,特别是横断山区^[11]。对绢蝶属的这种推断是有现实依据的。君主绢蝶的地理分布就说明了这一点。

3) 君主绢蝶在甘肃临夏州永靖县牙沟生境内是一个优势种群,其寄主植物灰绿黄堇在牙沟沟内随处可见,给君主绢蝶提供了充足的食物资源,使得这种绢蝶的数量在整个蝶类群落中占到很大的比例,成为这一地区的优势种群。

4) 多因子线性回归分析结果表明君主绢蝶幼虫的分布与数量主要由其寄主植物灰绿黄堇的分布数量及山坡坡向等生境类型决定。其寄主植物灰绿黄堇在牙沟各条沟内各个坡向及沟底阴湿处均有分布,只是在不同坡向位置上分布数量有差异,而君主绢蝶幼虫喜好在阳坡及半阳坡的有大量寄主植物生活的地段生活,而很少甚至没有在半阴坡或阴坡生活。

5) 通过大量标本的比较鉴定,最终确定永靖牙沟的君主绢蝶是兰州亚种 *P. imperator gigas* Kotsch,合作发生的君主绢蝶是祁连山亚种 *P. imperator regulus* (Bryk et Eisner)。而这两个亚种又与岷山亚种(在岷县境内二郎山分布)在形态上存在着较明显的差异。由于生境地理隔离,造成了君主绢蝶亚种的出现,使其在形态特征上,生活习性上都产生了差异。

6) 多年的观察得出对君主绢蝶的当年的生长发育造成不利影响的主要原因是:恶劣异常的气候条件尤其是对幼虫的生存有较大的影响。2008 年度 1—4 月份甘肃省全省范围内出现了持续多次的恶劣异常气候^[12],造成 2008 年 6—7 月份在永靖牙沟内调查几乎看不到成虫,根据野外调查结果推算幼虫的发育历期整体上推迟了 10—15d 左右。4 月 19—22 日期间按照 2007 年幼虫野外调查结果正好是各龄期幼虫大量发生的高峰期,而这几天大范围持续强降温天气导致大量的幼虫死亡而使 6、7 月份看不到以往年份成虫飞翔的状况。其次,大雨暴雨极易造成当地山体塌陷,滑坡,大量的幼虫被冲走,掩埋;还有人类各种活动,比如过度的放牧,使当地的寄主植物数量减少,君主绢蝶幼虫的生存受到威胁;炸山采矿采石,对君主绢蝶的生境造成极大的破坏;过度的捕捉会造成种群数量的减少。

7) 保护建议及措施: 保护绢蝶及其赖以生存的环境, 尽量减少人为干扰; 建立珍稀绢蝶人工繁育基地, 增加其种群数量; 建立绢蝶种类长期监测体系; 开展绢蝶生境丧失与恢复、气候变化等对蝴蝶的影响研究。

3.2 讨论

1) 君主绢蝶适生能力很强。它能在极端的气候环境中生存下来, 维持一个数量较大的种群, 并能与环境的长期适应过程中逐步进化成更适于生存的亚种或最终进化为新的物种。由此也可以得出, 气候因子或极端的天气条件仅仅是君主绢蝶的当年的数量造成减少或增加的影响因子, 而不是决定因子。而其寄主植物的种类、分布及数量才是决定其生存与发展的决定因子。

2) 室内饲养中从野外采回的部分君主绢蝶 1 龄幼虫和 3、4 龄幼虫饲养至羽化后, 成虫出现个体发育不完全的现象, 也就是说成虫个体小, 翅短小, 不能展开, 而且多以雌成虫为主。在 2007 年饲养的幼虫羽化后未出现有个体畸形的情况, 而在 2008 年饲养的幼虫羽化后有 4 头为发育畸形, 由此可以初步判断这种情况就是由 2008 年年初的强降温天气造成的。可能的成因是: 其一, 极端恶劣的天气状况导致幼虫个体发育受阻, 无法完成正常的发育过程; 其二, 极端恶劣的天气状况推迟了幼虫的发育历期, 使其不能按时完成生命过程, 导致发育不完全。近几年的野外调查及室内饲养还不能找出发生这种变异的准确原因, 还需要在以后的研究中继续探索。

3) 在野外观察及室内饲养过程中发现, 初孵及 2 龄幼虫的体色、斑点及刺毛差别不太大, 但到了老熟幼虫 (4 龄幼虫) 时在体色、斑点、及刺毛上存在较大差异。从幼虫胸腹部背面斑点及刺毛基本上可以将幼虫分为 6 种类型, 其中几种认为是渐变类型。跟踪观察羽化后成虫, 比较这些差异与成虫性别、种类的关系。从成虫雌雄个体的外部形态上未发现太大差别。而且这 6 种不同的幼虫类型中都有雌雄个体出现, 这说明幼虫体外斑点及刺毛的不同与雌雄性别无太大关系。而在永靖牙沟境内捕捉到的君主绢蝶都是兰州亚种, 也不可能是由于不同亚种引起的幼虫形态上的不同。由此可以推断是由于个体的差异造成的。

References:

- [1] Chou I. Monograph of Chinese Butterflies. Zhengzhou: Henan Scientific and Technological Publishing House, 1999.
- [2] Zhang Y L. Gansu Parnassius resources and its protection counter measures. Journal of Gansu Forestry Science and Technology, 2001, 26(3): 53-55.
- [3] Zhang R L. The species and faunas of Parnassius in Gansu province. Acta Pratacul Turae Sinica, 2005, 14(1): 49-52.
- [4] Mei H M, Liu Z H, Chen K H. Preliminary studies on the habitats of Parnassius imperator oberthur in Xining Western Mountain, Qinghai. Gansu Science and Technology, 2010, 26(8): 35-37.
- [5] Yang W J, Chen S W. Yongjing County. Lanzhou: Lanzhou University Publishing House, 1995.
- [6] Gannan-Tibetan Prefecture Local Annals Compilation Committee. Gannan-Tibetan Prefecture Local Annals. Beijing: Nationalities Publishing House, 1999.
- [7] Wu Z Y. Flora of China. Beijing: Science Press, 1999.
- [8] Bai Z F. The Basic Applied Study in Two Species of Corydalis. Lanzhou: The Master's thesis of Northwest Normal University, 2002.
- [9] Ying Tsun-shen. An analysis of the flora of Qinling mountain range: its nature, characteristics, and origins. Acta Phytotaxonomica Sinica, 1994, (5): 389-410.
- [10] Xu Y L. Climatic change and poverty—a China case. (2009-6-19) [2011-6-15]. <http://www.weather.com.cn/m/i/pdf/cc.pdf>
- [11] Liu W P. The commentary of Parnassius. Entomological Knowledge, 1999, 36(6): 360-363.
- [12] Environmental Protection Agency in Gansu Province. The Environment Bulletin of Gansu Province in 2008. 2008.

参考文献:

- [1] 周尧. 中国蝶类志. 郑州: 河南科学技术出版社, 1999.
- [2] 张远林. 甘肃省绢蝶资源及保护对策. 甘肃林业科技, 2001, 26(3): 53-55.
- [3] 张如力. 甘肃省绢蝶属的种类及区系. 草业学报, 2005, 14(1): 49-52.
- [4] 梅后敏, 刘泽华, 陈开华. 青海西宁市西山君主绢蝶生境的初步研究. 甘肃科技, 2010, 26(8): 35-37.
- [5] 杨文炯, 陈世文. 永靖县志. 兰州: 兰州大学出版社, 1995.
- [6] 甘南藏族自治州地方志编纂委员会. 甘南州志 (上, 下). 北京: 民族出版社, 1999.
- [7] 吴征镒. 《中国植物志》第 32 卷 (罂粟科, 山柑科). 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 白贞芳. 两种紫堇的应用基础研究. 兰州: 西北师范大学, 2002.
- [9] 应俊生. 秦岭植物区系的性质、特点和起源. 植物分类学报, 1994, (5): 389-410.
- [10] 许吟隆. 气候变化与贫困——中国案例研究. (2009-6-19) [2011-6-15]. <http://www.weather.com.cn/m/i/pdf/cc.pdf>
- [11] 刘文萍. 绢蝶属 Parnassius 述评. 昆虫知识, 1999, 36(6): 360-363.
- [12] 甘肃省环境保护局. 2008 年甘肃省环境状况公报. 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.2 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Dynamics of demersal fish species diversity and biomass of dominant species in autumn in the Beibu Gulf, northwestern South China Sea	WANG Xuehui, QIU Yongsong, DU Feiyan, et al (333)
Spatial variation in species richness of birds and mammals in mainland China	DING Jingjing, LIU Dingzhen, LI Chunwang, et al (343)
Comparative study on learning behavior and electroantennogram responses in two geographic races of <i>Cotesia glomerata</i>	WANG Guohong, LIU Yong, GE Feng, et al (351)
Biological characteristics and habitat requirements of <i>Parnassius imperator</i> (Lepidoptera: Parnassidae)	FANG Jianhui, LUO Youqing, NIU Ben, et al (361)
Annual variability in biological characteristics of <i>Illex argentinus</i> in the southwest Atlantic Ocean	FANG Zhou, LU Huajie, CHEN Xinjun, et al (371)
The impact of run-of stream dams on benthic macroinvertebrate assemblages in urban streams	HAN Minghua, YU Haiyan, ZHOU Bin, et al (380)
Effect of suspended sediment on the feeding physiology of <i>Pinctada martensii</i> in laboratory	LI Zhimin, SHEN Yuchun, YU Nantao, et al (386)
Potential nutrient limitation of phytoplankton growth in the Western and Central Pacific Ocean	XU Yanqing, CHEN Jianfang, GAO Shengquan, et al (394)
Ingestion of selected HAB-forming dinoflagellates	ZHANG Qingchun, YU Rencheng, SONG Jingjing, et al (402)
Formation of aggregation by <i>Phaeocystis globosa</i> (Prymnesiophyceae) in response to high grazing pressure	WANG Xiaodong, WANG Yan (414)
Growth and reproduction of the green macroalga <i>Ulva prolifera</i>	ZHANG Bixin, WANG Jianzhu, WANG Yifu, et al (421)
Screening of growth decline related genes from <i>Alexandrium catenella</i>	ZHONG Jie, SUI Zhenghong, WANG Chunyan, et al (431)
Analysis of inherent optical properties of Lake Taihu in spring and its influence on the change of remote sensing reflectance	LIU Zhonghua, LI Yunmei, LU Heng, et al (438)
Neural network modeling of the eutrophication mechanism in Lake Chenghai and corresponding scenario analysis	ZOU Rui, DONG Yunxian, ZHANG Zhenzhen, et al (448)
The compensatory growth of shrubby <i>Pinus thunbergii</i> response to the boring stress in sandy coast	ZHOU Zhen, LI Chuanrong, XU Jingwei, et al (457)
Selected body temperature and thermal tolerance of tadpoles of two frog species (<i>Fejervarya limnocharis</i> and <i>Microhyla ornata</i>) acclimated under different thermal conditions	SHI Linqiang, ZHAO Lihua, MA Xiaohao, et al (465)
Effects of landscape structure and key landscape factors on aphids-parasitoids-hyper parasitoids populations in wheat fields	ZHAO Zihua, WANG Ying, HE Dahan, et al (472)
Effects of cadmium on lipid peroxidation and ATPase activity of plasma membrane from Chinese kale (<i>Brassica alboglabra</i> Bailey) roots	ZHENG Aizhen (483)
Effects of ginger aqueous extract on soil enzyme activity, microbial community structure and soil nutrient content in the rhizosphere soil of ginger seedlings	HAN Chunmei, LI Chunlong, YE Shaoping, et al (489)
Manganese tolerance and accumulation in mycelia of <i>Cordyceps kyuusyuensis</i>	LUO Yi, CHENG Xianhao, ZHANG Congcong, et al (499)
Influence of oxytetracycline exposure on antibiotic resistant bacteria and enzyme activities in wheat rhizosphere soil	ZHANG Hao, ZHANG Lilan, WANG Jia, et al (508)
Effects of elevated nitrogen deposition on soil organic carbon mineralization and soil enzyme activities in a Chinese fir plantation	SHEN Fangfang, YUAN Yinghong, FAN Houbao, et al (517)
Differences in clonal growth between female and male plants of <i>Rhus typhina</i> Linn. and their diurnal changes in photosynthesis and chlorophyll fluorescence	ZHANG Mingru, WEN Guosheng, ZHANG Jin, et al (528)
Soil water holding capacity under four typical ecosystems in Wuyunjie Nature Reserve of Hunan Province	PAN Chunxiang, LI Yuyuan, PENG Yi, et al (538)
The effect of different land use patterns on soil properties in alpine areas of eastern Qilian Mountains	ZHAO Jinmei, ZHANG Degang, LIU Changzhong, et al (548)
Responses of soil macro-fauna to land desertification in sandy grassland	LIU Rentao, ZHAO Halin (557)
Characteristics of cultivable microbial community number and structure at the southeast edge of Tengger Desert	ZHANG Wei, ZHANG Gaosen, LIU Guangxiu, et al (567)
Physiological and ecological responses of maize to different severities of desertification in the Southern Tklamakan desert	LI Lei, LI Xiangyi, LIN Lisha, WANG Yingju, et al (578)
Characterization of caloric value in fifteen plant species in <i>Leymus chinensis</i> steppe in Xilin River Basin, Inner Mongolia	GAO Kai, XIE Zhongbing, XU Sutie, et al (588)
Spatial pattern responses of <i>Achnatherum splendens</i> to environmental stress in different density levels	ZHANG Mingjuan, LIU Maosong, XU Chi, et al (595)
Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an <i>Abies fargesii</i> - <i>Betula utilis</i> mixed forest	REN Xuemin, YANG Gaihe, WANG Dexiang, et al (605)
Effects of alginate cerium complexes on ascorbate- glutathione cycle in spinach leaves under chlorpyrifos stress	LUAN Xia, CHEN Zhende, WANG Dongfeng, et al (614)
Analysis on spatiotemporal changes of urban thermal landscape pattern in the context of urbanisation: a case study of Xiamen City	HUANG Jucong, ZHAO Xiaofeng, TANG Lina, et al (622)
The analysis of the green vegetation cover change in western Sichuan based on GIS and Remote sensing	YANG Cunjian, ZHAO Zijian, REN Xiaolan, et al (632)
An inventory of BVOC emissions for a subtropical urban-rural complex: Greater Taizhou Area	CHANG Jie, REN Yuan, SHI Yan, et al (641)
Scientific Note	
Litter decomposition and nutrient dynamics of <i>Carex lasiocapa</i> under different water conditions	HOU Cuicui, SONG Changchun, LI Yingchen, et al (650)
Nest-box color preference and reproductive success of great tit	ZHANG Keqin, DENG Qiuxiang, Justin Liu, et al (659)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 2 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 2 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元