# 昆虫多样性的保护现状与趋势*

张茂林 王戎疆**

(北京大学生命科学学院 北京 100871)

摘 要 昆虫是自然界中种类最多的动物,在生态系统中具有重要的作用,但是昆虫在生物多样性保护中没有受到应有的重视。多个实例证明,很多昆虫种类处在数量下降甚至绝灭的状态。究其原因,人类的认识不足是导致昆虫多样性保护未受重视的主要原因,栖息地破坏是昆虫濒危的主要原因。由于昆虫生活史的特殊性,其保护策略与大型动物的保护有很大不同。昆虫多样性的保护可以与人类活动共存。

关键词 生物多样性,昆虫保护

## The status and trend of insect diversity conservation

ZHANG Mao-Lin WANG Rong-Jiang**

(College of Life Science, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract** Insects have more species than any other class of animal and play an important role in ecosystems but are often overlooked in biodiversity conservation. There is empirical evidence that many species of insects are declining, even going extinct. Lack of recognition is the major reason for neglecting insect conservation and habitat destruction is the major reason for insect extinction. Due to the distinctive life-history characteristics of insects, insect conservation strategies need to be very different from those designed for vertebrate animals. Insect biodiversity conservation can also be compatible with human activities.

**Key words** biodiversity, insect conservation

生物多样性(biodiversity)包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因及其与生存环境间形成的复杂的生态系统,它是地球几十亿年生命进化的结果,是人类赖以生存的物质基础。然而人口的迅猛增长和人类活动的加剧,导致自然环境日益恶化,生态系统遭到破坏,从而使得生物多样性受到严重的威胁。人类社会发展导致的全球生物多样性危机亦使得生物多样性保护受到前所未有的重视,本文就昆虫多样性的保护现状与趋势进行综述。

## 1 昆虫多样性的重要性

昆虫是自然界中种类最多的动物,在全世界约140万种已定名的生物中,昆虫约为75万,占54%(Wilson, 1988),而据估计昆虫总的种数在200万到3 000万(Erwin, 1991; Gaston, 1991; Stork, 1993; Samways, 2007)。据估算,昆虫种类约占整个地球生物总量的65%(Speight *et al.*, 1999),对全球生态系统的运转起到基础功能性关键作用(Wilson, 1987; Samways, 2005; Haslett, 2007),有着很多关键的生态服务功能,比如传粉、害虫控制、分解粪便和作为其它生物的营养源(Nee, 2004; Losey and Vaughan, 2006)。Losey 和 Vaughan(2006)评估了解粪昆虫(dung burial)、天敌昆虫、传粉昆虫以及野生营养源昆虫4种野生类型的价值,由保守的评估结果可知,在美国每年由这些昆虫提供的生态服务价值至少有570亿美元,对作物害虫的自然控制价值每年有45亿要归功于天敌昆虫,作为传粉者的蜜蜂在美国每年要负责价值30亿美元的水果和蔬菜的授粉。Wilson

* 资助项目:国家自然科学基金项目(30470286 和 30670332)、国家"转基因生物新品种培育重大专项"课题(2008ZX08011-006 和 2008ZX08012-005)的部分资助。

**通讯作者,E-mail: rjwang@pku.edu.cn

收稿日期:2010-07-05,接受日期:2010-12-03

(1991)在巴西的热带雨林地区的研究显示,仅蚂蚁的生物量就是该地区所有陆生脊椎动物的 4 倍;俄勒冈州西部的温带森林中节肢动物占 85% 的多样性(Parsons *et al.*, 1991);有白蚁的地区有更好的土质(Whitford, 2000)。由于自然界中多个物种共同承担这些功能,某些物种的消失似乎并不重要。然而,Biesmeijer 等(2006)对英国与荷兰传粉昆虫(蜂类和食蚜蝇类)的研究发现,依赖于传粉昆虫的异交植物种类受传粉昆虫下降的影响而产生衰落。英国近几十年来鸟类数量的下降也是因为以昆虫为主体的无脊椎动物的数量和质量的下降造成的(Benton *et al.*, 2002),可见昆虫种类与其它类群的依存关系,凸显昆虫对生态系统的运转起到的基础功能性关键作用。当然昆虫还有很多我们尚不了解的功能。单一昆虫的消失所造成的影响可能是微不足道的,但其累计效应会逐步增强,当人们觉察时可能已经晚了。

由此可见,昆虫在生物多样性中占有重要的地位,但是,昆虫在生物多样性的保护中却没有受到应有的重视。在 2008 年 IUCN 发布的濒危物种名录中,全球各种受威胁和已绝灭的昆虫共记录 1 259种,仅占已定名昆虫种类的 0.09% (IUCN, 2008)。我国记载昆虫近 7 万种(杨星科和赵建铭,2000),而仅 15 种昆虫列入我国国家重点保护动物名录(袁德成,2001)。

## 2 昆虫种类绝灭和数量下降的实例

只有这么少的昆虫列入到保护计划中,是否意味着绝大多数昆虫不易受到环境恶化的威胁?从下面所列的实例中可以看出答案是否定的。

实例 1:在以森林景观为主的瑞典中南部,一个世纪前能发现的 48 种蝴蝶以及斑蛾,有 44% (21 种)现已在当地绝灭,其中有 8 种曾是广布种,3 种是 100 年前在林间空地生境类型里种群密度极高的种类(Nilsson *et al.*, 2008)。

实例 2:通过英国近几十年来的调查发现,蝴蝶区域性绝灭的速度要超过鸟类和维管植物,有 71% 的蝴蝶种类呈现衰退迹象(Thomas *et al.*, 2004)。而 Conrad 等(2006)对英国常见广布的大型蛾类(共 337 种)35 年以来的研究与数据分析表明,2/3 的物种呈下降趋势,有 71 种每十年的下降幅度超过 30%,并发现在英国这些蛾类的衰落情况与蝴蝶区域性绝灭趋势相似,其严重程度同样超过了近来在英国报道的鸟类和维管植物的受威胁情况。

实例 3:van Dyck 等(2009)分析了荷兰广布蝴蝶物种 16 年以来的数据,发现 55% 的广布蝴蝶(20 种中的 11 种)在分布范围和丰度上出现了严重下降,其中各有 2 种达到 IUCN 濒危(EN)和易危(VN)的标准,先前被认为是农业害虫和曾经几乎无处不在的种类也在严重下降之列,各植被类型中农田、城镇、林地的广布蝴蝶下降趋势更为明显。

实例 4:Biesmeijer 等(2006)通过对英国与荷兰传粉昆虫(蜂类和食蚜蝇类)的研究发现,两国蜂类多样性均呈下降趋势。食蚜蝇类中具专有生境和专有花的种类、一化性等种类下降更为明显;依赖于传粉昆虫的异交植物种类也受到相应影响而衰落。

实例 5:美国锤甲 *Nicrophorus americanus* 个体大,繁殖行为特殊,曾广泛分布于美国中东部地区,但是它们已经从 90% 的曾经分布区域内消失了,1989 年即被美国鱼和野生动物管理局列为濒危物种(Lomolino *et al.*, 1995; Creighton *et al.*, 2009)。

实例 6:庆网蛱蝶 *Melitaea cinxia* 广泛分布于古北界,但是近年的研究发现其在欧洲大陆许多国家都出现明显数量下降(Maes and van Dyck, 2001),在芬兰的大陆上则已于 1970 年前后绝灭,目前仅生活在芬兰附近的 Åland 岛上(Hanski and Kuussaari, 1995)。作者研究组于 2002 年的调查发现,我国庆网蛱蝶分布在新疆天山和阿尔泰山,对乌鲁木齐附近约 800 $km^2$ 的天山地区进行的深入调查,只发现 3 块分布区,每块面积都不足 20 $km^2$,且相互隔离在 10 km 以上。

## 3 昆虫濒危和绝灭的原因

### 3.1 栖息地的破坏

栖息地破坏是物种绝灭和生物多样性丧失的主要原因之一(Wilson, 1992)。人类活动所导致的栖息地破坏同样对昆虫的多样性具有重大的影响。例如,森林树木冠层具有丰富而复杂的生物多样性,其中昆虫是重要的构成成分(Samways, 2005),森林破坏会对之产生直接的毁灭性影响。另一项研究显示,森林采伐等原因直接威胁美国锤甲的生存(Creighton *et al.*, 2009)。过度放牧也

会导致严重的栖息地破坏,Cagnolo 等(2002)的研究表明在阿根廷山区,密集放牧地区昆虫数量和多样性最少,草地面积减少、过度放牧会威胁到一些种类的生存,但也可能导致另外一些种类的暴发(Samways, 2005)。

栖息地片断化(habitat fragmentation)是栖息地破坏的一种重要表现形式,人类活动(如垦荒种田等)会使得原有的连续栖息地变成相互隔离的小的斑块,而每个斑块所能支持种群的数量有限,而小种群则由于种群统计随机性和环境随机性等因素存在很高的绝灭风险。虽然物种可以通过对空栖息地斑块的重新定殖而实现在一定空间内以集合种群(metapopulation)形式存在,但是栖息地片断化进一步加剧则会使昆虫迁移路线被阻隔,从而导致绝灭风险的增加(Hanski, 1999)。同时,栖息地片断化还会加剧小种群内部的近交,导致适合度下降,从而增加种群绝灭风险(Saccheri *et al.*, 1998)。

另外,一些不适当的农业管理措施会造成昆虫生境异质性的改变而威胁到昆虫生物多样性。Konvicka 等(2008)报道,为保护草原植被制定的欧洲农业环境管理计划(AES)干扰了捷克的白喀尔巴阡山的全球性濒危物种多瑙河黄蝶 *Colias myrmidone* 幼虫的发育使其几乎绝迹。Thomas 等(2009)报道的欧洲蓝灰蝶 *Maculinea arion* 正是由于不显眼的植被结构的改变使其生存濒危。还有,例如在我国威胁中华虎凤蝶的主要因素除了栖息地破坏之外,其寄主植物被作为中药材的过度利用也是主要因素(袁德成等,1998)。

### 3.2　外来种入侵的影响

由于天敌的缺失或生存环境的变化,入侵的外来种在与本地物种竞争时存在优势,而排挤掉本地物种。在澳大利亚的塔斯马利亚,引入的外来蜜蜂排斥本地种(Goulson *et al.*, 2002)。B 型烟粉虱入侵我国之后,由于可以干扰本地生物型的交配,而在我国迅速蔓延,将本地生物型排挤掉(Liu *et al.*, 2007)。有时,一些引入用于其它目的的昆虫可能会对非目标种产生影响,如被引入到美国试图防治 13 种害虫的寄蝇却可使非目标种天蚕蛾受到侵袭(Holway *et al.*, 2002)。此外,外来植物物种的入侵会改变本地植物群落结构,从而影响昆虫的物种构成,例如外来树种入侵时,改变了原有植被结构,会排斥喜光的蜻蜓的生存(Samways and Taylor, 2004)。

### 3.3　全球气候变化

全球气候变化会对动物的密度、分布、物候、遗传、形态与行为等产生影响(Root *et al.*, 2003; Parmesan, 2006)。在英国,对很多昆虫种类有超过 30 年的较为详尽记录显示,随着全球气候变暖,许多甲虫、蝴蝶、蜻蜓、蝗虫等种类朝北迁移和向高海拔地区迁移(Parmesan *et al.*, 1999; Hickling *et al.*, 2006)。诸多证据表明,蝴蝶最初出现的时间常常会与春天气温正相关(Parmesan, 2006)。全球气候变暖也会打乱原有的食物链结构,进而改变昆虫栖息环境,影响到昆虫生物多样性,这对分布范围狭窄和对生境要求特殊的种类威胁更为直接。

### 3.4　过度采集

过度采集也是威胁昆虫生存的直接方式之一,主要是对珍稀凤蝶和绢蝶的采集。例如我国中华虎凤蝶的贸易 20 世纪 80 年代已开始,对之的人为采集在局部地区影响其种群大小(袁德成等,1998)。英国大灰蝶 *Lycaena dispar* 的绝灭很大程度受过度采集的影响(Duffey, 1968)。

### 3.5　杀虫剂的使用

在农业生产过程中大量使用的杀虫剂会杀死一些非目标昆虫种类,造成昆虫生物多样性的下降。不过,从长期看,杀虫剂对昆虫多样性的威胁并不大。例如,在河北阎家坪的一项研究发现,金堇蛱蝶 *Euphydryas aurinia* 更倾向于选择田埂上的寄主植物来产卵,尽管这里的农田会频繁喷洒杀虫剂(Liu *et al.*, 2006)。这可能主要是由于昆虫可以很快对农药产生抗性的缘故。此外,农田景观中昆虫种类构成相对简单,并不是构成昆虫多样性的主要部分。

## 4　昆虫多样性的保护存在问题

从上述实例可以看出,许多种昆虫都经历着实质性的数量下降,而且下降幅度之大令人吃惊。同时,还有很多未被人们所认识的昆虫种类,可能在我们认识它们之前就已绝灭了。那么是什么原因导致昆虫在生物多样性保护中未受重视呢?

首先,昆虫通常是 r 型生态对策动物,相对 k 型生态对策动物在种群密度较低时也能迅速回升

到正常水平，而且昆虫自然种群数量易受环境因素的影响而产生波动，从而掩盖了昆虫种群数量的实质性下降，因而这就使得昆虫的濒危不容易为人们所察觉，也就难以被视为保护的对象。

其次，人们在保护对象的选择上对昆虫存在着严重的偏见。昆虫个体大多是相对小且不起眼的(Hunter and Hunter，2008)，而人们更多的注意力都集中在个体更大的、更有感染力的种类的濒危状态(Kogan and Lattin，1993)。特别是在越来越多非政府投资进入到生物多样性保护领域的情况下，资金投入者更希望进行有明显效果的生物多样性保护实践，相比于大型动物，昆虫的保护工作难以吸引保护资金的投入。这种现象在学术研究上同样存在，Clark 和 May(2002)发现，在保护生物学研究中存在着很大的物种偏见，相对脊椎动物，以昆虫为主的无脊椎动物类群的研究显得严重不足，仅有 11% 的论文是针对自然界 79% 的无脊椎动物，而 69% 的论文是针对仅占 3% 的脊椎动物，20% 的论文是针对占 18% 的植物种类。

由此可见，昆虫多样性保护的不足主要来自于人们认识上的偏差，并不是昆虫不受人类活动的影响和威胁。

## 5 昆虫多样性保护的特点

昆虫多样性保护所面临的一个基本问题是，公众对昆虫多样性的实际情况还没有一个客观的认识，我们对昆虫本身缺乏足够的认识，既不能确定到底昆虫实际有多少种，也不能完全确认有多少种昆虫有绝灭危险。显而易见，增加对昆虫基础信息的了解无疑是昆虫多样性保护的重要基础，也可促进公众对昆虫多样性保护意识的增强。

如前所述，栖息地破坏是包括昆虫在内诸多物种濒危和绝灭的主要原因之一，因此，保护和恢复栖息地对物种保护是至关重要的，而这其中对栖息地的定义是最基本的信息。Dennis 和 Sparks (2006)以蝴蝶为对象，提出了基于资源利用的栖息地定义，认为除了幼虫取食地以外，成虫的取食地、交配场所、温度调节地等拥有蝴蝶必需资源的场所都属于栖息地，Dennis 等(2008a)另有文章强调了昆虫保护过程中建立利用资源数据库的重要性。例如，欧洲蓝灰蝶 *Maculinea arion* 有着特殊的生活史，其幼虫前 3 个龄期以几种特殊植物为食，然后寄生于蚂蚁种群中，但它们只适应寄生在特定的蚂蚁 *Myrmica sabuleti* 种群中，而不引人注意的放牧等原因导致的植被结构的改变会使得蚂蚁种群被其它不适合这种蝴蝶寄生的物种替代，直接影响了欧洲蓝灰蝶的生存(Thomas *et al.*，2009)，可见全面了解物种资源需求信息的重要性。

虽然保护栖息地是通用的保护原则，但是对昆虫的保护和大型动物的保护在策略上却有明显的差异。在以往对大型动物的保护策略中，往往是以物种为目标的，针对目标物种(如大熊猫、金丝猴等)建立相应的保护区。然而，在保护野生动物的同时，我们无法忽视人类发展的需要。据估算，我国严格意义的自然保护区的面积不宜超过国土面积的 10.5%，否则将对人类的发展造成巨大的影响(蒋志刚，2005)。由于昆虫种类众多，而每种昆虫对栖息地面积的需求都不大，且昆虫种类之间关系复杂，因此，在制定保护策略时，很难针对特定物种建立众多面积不大的保护区来实施保护。对昆虫的保护应该更多以昆虫多样性为目标，而不能以物种为目标。事实上，以生物多样性为目标的保护行动也逐渐为人们所重视。

既然普遍的昆虫保护需要基于一定空间范围内的昆虫多样性的保护，而不同种类昆虫对资源的需求和利用大不相同，所以保持较高的景观异质性是昆虫多样性保护的重要原则。只有拥有足够的生境梯度以及足够多的生境类型才能满足更多物种的生存要求(Smith *et al.*，2001)。欧洲无脊椎动物保护策略(European strategy for the conservation of invertebrates)就特别强调了保护景观异质性和对景观镶嵌综合管理的重要性(Haslett，2007)。

建立保护区是大型动物保护的主要手段，而保护区对人类的活动是排斥的，特别是在其核心区。但在昆虫多样性保护中，人类活动与昆虫生存并不总是冲突的，相反，适度的人类扰动有利于维持景观的异质性，从而有利于昆虫的生存。例如，欧洲半自然草原一定程度上依赖于适度的人工干扰等管理措施(Konvicka *et al.*，2008)；欧洲丘陵地带的家畜放牧是对草地最重要的直接管理措施，相关研究显示这会增加草原的植物多样性(Olff and Ritchie，1998)和节肢动物的生物多样性(Dennis *et al.*，2008b)；农业干扰造成的边缘效应对一种蚂蚁 *Lasius niger* 是显著有益的(Dauber and

Wolters, 2004);在小的、隔离的区域内有计划的火烧,不会对昆虫多样性产生大的影响(Panzer, 2002);Liu 等(2006)对河北金堂峡蝶的研究,对比其栖息地利用程度,发现斑块结构的农业活动干扰有利于其生存;很多对甲虫的研究表明,部分改造后的景观能保持相对高的生物多样性水平(Halffter and Arellano, 2002; Quintero and Roslin, 2005)。由此可见,昆虫多样性的保护无需建立保护区来与人类争夺有限的空间,只要制定恰当的管理策略,就可以实现人类发展与昆虫多样性保护的和谐共赢,这显然对生物多样性的保护具有重要意义。

## 6　昆虫多样性保护的研究趋势

世界上一些地区,如北美、欧洲和澳大利亚,对昆虫的研究较为深入,拥有详细的昆虫基础数据,这里也是开展昆虫多样性保护研究的重要地区(Basset *et al.*, 2009)。如英国蝴蝶保护协会(the British Butterfly Conservation Society)对英国蝴蝶的分布进行了长达 40 多年的连续记录,不仅详尽记录了英国蝴蝶动态的基础数据,为科学研究提供数据支持,也为提升公众对蝴蝶保护的兴趣发挥了很大的作用。在这些地区的科研机构和高校都有很多的研究组开展有关昆虫多样性保护的研究工作,除了调查各种昆虫生物学及生态学特征外,还应用现代生态学理论进行保护区设计等理论工作。1997 年,*Journal of Insect Conservation* 创刊,推动了全世界昆虫多样性保护研究的发展。2008 年,*Insect Conservation and Diversity* 创刊,更为昆虫多样性保护研究推波助澜。相比之下,国内关于该领域的研究非常有限,相关的案例研究还很少见,一些关于我国昆虫多样性保护与利用的综述则更倾向于资源昆虫的利用(尤民生,1997;谢寿安等,2001)。我国是发展中国家,人类活动对环境的破坏比较严重,而我国也拥有十分丰富的昆虫资源,因此,尽快推进我国昆虫多样性保护的研究显得尤为迫切。

## 参考文献(References)


Basset Y, Hawkins BA, Leather SR, 2009. Visions for insect conservation and diversity: spanning the gap between practice and theory. *Insect Conserv. Diver.*, 2(1):1—4.

Benton TG, Bryant DM, Cole L, Crick HQP, 2002. Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *J. Appl. Ecol.*, 39(4):673—687.

Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J, Kunin WE, 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785):351—354.

Cagnolo L, Molina SI, Valladares GR, 2002. Diversity and guild structure of insect assemblages under grazing and exclusion regimes in a montane grassland from Central Argentina. *Biodivers. Conserv.*, 11(3):407—420.

Clark JA, May RM, 2002. Taxonomic bias in conservation research. *Science*, 297(5579):191—192.

Conrad KF, Warren MS, Fox R, Parsons MS, Woiwod IP, 2006. Rapid declines of common, widespread British moths. *Biol. Conserv.*, 132(3):279—291.

Creighton JC, Bastarache R, Lomolino MV, Belk MC, 2009. Effect of forest removal on the abundance of the endangered American burying beetle, *Nicrophorus americanus* (Coleoptera: Silphidae). *J. Insect Conserv.*, 13(1):37—43.

Dauber J, Wolters V, 2004. Edge effects on ant community structure and species richness in an agricultural landscape. *Biodivers. Conserv.*, 13(5):901—915.

Dennis P, Skartveit J, McCracken DI, Pakeman RJ, Beaton K, Kunaver A, Evans DM, 2008b. The effects of livestock grazing on foliar arthropods associated with bird diet in upland grasslands of Scotland. *J. Appl. Ecol.*, 45(1):279—287.

Dennis RLH, Hardy PB, Shreeve TG, 2008a. The importance of resource databanks for conserving insects: a butterfly biology perspective. *J. Insect Conserv.*, 12(6):711—719.

Dennis RLH, Sparks TH, 2006. When is a habitat not a habitat? Dramatic resource use changes under differing weather conditions for the butterfly *Plebejus argus*. *Biodivers. Conserv.*, 129(3):291—301.

Duffey E, 1968. Ecological studies on the large copper butterfly, *Lycaena dispar batavus*, at Woodwalton Fen National Nature Reserve, Huntingdonshire. *J. Appl. Ecol.*, 5(1):69—96.

Erwin TL, 1991. How many species are there?: Revisited. *Conserv. Biol.*, 5(3):330—333.

Gaston KJ, 1991. The magnitude of global insect species richness. *Conserv. Biol.*, 5(3):283—296.

Goulson D, Stout JC, Kells AR, 2002. Do exotic bumblebees and honeybees compete with native flower-visiting insects in

Tasmania? *J. Insect Conserv.*, 6(3):179—189.

Halffter G, Arellano L, 2002. Response of dung beetle diversity to human-induced changes in a tropical landscape. *Biotropica*, 34(1):144—154.

Hanski I, 1999. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes. *Oikos*, 87(2): 209—219.

Hanski I, Kuussaari M, 1995. Butterfly metapopulation dynamics//Cappuccino N, Price P (eds.). Population Dynamics: New Approaches and Synthesis. vol. 8. London: Academic Press. 149—171.

Haslett JR, 2007. European strategy for the conservation of invertebrates. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Bern Convention: Nature and Environment, No. 145:14—50.

Hickling R, Roy DB, Hill JK, Fox R, Thomas CD, 2006. The distributions of a wide range of taxonomic groups are expanding polewards. *Global Change Biol.*, 12(3): 450—455.

Holway DA, Lach L, Suarez A, Tsutsui N, Case TJ, 2002. The causes and consequences of ant invasions. *Annu. Rev. Ecol. S.*, 33(16):181—233.

Hunter MC, Hunter MD, 2008. Designing for conservation of insects in the built environment. *Insect Conserv. Diver.*, 1(4):189—196.

IUCN, 2008. IUCN red list of threatened species. 2008 - 08 - 19, http://www.iucnredlist.org.

**蒋志刚**, 2005. **论中国自然保护区的面积上限**. **生态学报**, 25(5):1205—1212.

Kogan M, Lattin JD, 1993. Insect conservation and pest management. *Biodivers. Conserv.*, 2(3):242—257.

Konvicka M, Benes J, Cizek O, Kopecek F, Konvicka O, Vitaz L, 2008. How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera: Pieridae) from its former stronghold. *J. Insect Conserv.*, 12(5):519—525.

Liu SS, De Barro PJ, Xu J, Luan JB, Zang LS, Ruan YM, Wan FH, 2007. Asymmetric mating interactions drive widespread invasion and displacement in a whitefly. *Science*, 318(5857):1769—1772.

Liu WH, Wang YF, Xu RM, 2006. Habitat utilization by ovipositing females and larvae of the Marsh fritillary (*Euphydryas aurinia*) in a mosaic of meadows and croplands. *J. Insect Conserv.*, 10(4):351—360.

Lomolino MV, Creighton JC, Schnell GD, Certain DL, 1995. Ecology and conservation of the endangered American burying beetle (*Nicrophorus americanus*). *Conserv. Biol.*, 9(3):605—614.

Losey JE, Vaughan M, 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*, 56(4): 311—323.

Maes D, van Dyck H, 2001. Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biol. Conserv.*, 99(3):263—276.

Nee S, 2004. More than meets the eye: Earth's real biodiversity is invisible, whether we like it or not. *Nature*, 429(10):804—805.

Nilsson SG, Franzen M., Jonsson E, 2008. Long-term land-use changes and extinction of specialised butterflies. *Insect Conserv. Diver.*, 1(4):197—207.

Olff H, Ritchie ME, 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends Ecol. Evol.*, 13(7):261—265.

Panzer R, 2002. Compatibility of prescribed burning with the conservation of insects in small, isolated prairie reserves. *Conserv. Biol.*, 16(5):1296—1307.

Parmesan C, 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. S.*, 37(10): 637—669.

Parmesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, Hill JK, Thomas CD, Descimon H, Huntley B, Kaila L, Kullberg J, Tammaru T, Tennent WJ, Thomas JA, Warren M, 1999. Poleward shifts in geographical range of butterfly species associated with regional warming. *Nature*, 399(103):579—583.

Parsons GL, Cassis G, Moldenke AR, Lattin JD, Anderson NH, Miller JC, Hammond P, Schowalter TD, 1991. Invertebrates of the H. J. Andrews Experimental Forest, Western Cascade Range, Oregon. V: An annotated list of insects and other arthropods. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-290. Portland, Oregon: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1—180.

Quintero I, Roslin T, 2005. Rapid recovery of dung beetle communities following habitat fragmentation in central Amazonia. *Ecology*, 86(12):3303—3311.

Root TL, Price JT, Hall KR, Schneider SH, Rosenzweig C, Pounds JA, 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(357):57—59.

Saccheri I, Kuussaari M, Kankare M, Vikman P, Fortelius W, Hanski I, 1998. Inbreeding and extinction in a butterfly metapopulation. *Nature*, 392(764):491—494.

Samways MJ, 2005. Insect Diversity Conservation. Cambridge University Press, Cambridge. 2—268.

Samways MJ, 2007. Insect conservation: a synthetic

management approach. *Annu. Rev. Entomol.*, 52(317): 465—487.

Samways MJ, Taylor S, 2004. Impacts of invasive alien plants on red-listed South African dragonflies (Odonata). *S. Afr. J. Sci.*, 100(654):78—80.

Smith TB, Kark S, Schneider CJ, Wayne RK, 2001. Biodiversity hotspots and beyond: the need for preserving environmental transitions. *Trends Ecol. Evol.*, 16(8): 431.

Speight MR, Hunter MD, Watt AD, 1999. Ecology of Insects: Concepts and Applications. Blackwell Science, Oxford. 169—174.

Stork NE, 1993. How many species are there? *Biodiv. Conserv.*, 2(3):215—232.

Thomas JA, Simcox DJ, Clarke RT, 2009. Successful conservation of a threatened Maculinea butterfly. *Science*, 325(5936):80—83.

Thomas JA, Telfer M, Roy D, Preston C, Greenwood J, Asher J, Fox R, Clarke R, Lawton J, 2004. Comparative losses of British butterflies, birds and plants and the global extinction crisis. *Science*, 303(5665):1879—1881.

van Dyck H, van Strien AJ, Maes D, van Swaay CAM, 2009. Declines in common, widespread butterflies in a landscape under intense human use. *Conserv. Biol.*, 23(4):957—965.

Whitford WG, 2000. Keystone arthropods as webmasters in desert ecosystems//Coleman DC, Hendrix PF (eds.). Invertebrates as Webmasters in Ecosystems. New York: CABI Publishing. 25—41.

Wilson EO, 1987. The little things that run the world: the importance of conservation of invertebrates. *Conserv. Biol.*, 1(4):344—346.

Wilson EO, 1988. The Current State of Biological Diversity. National Academy Press, Washington DC. 3—18.

Wilson EO, 1991. Ants. *B. Am. Acad. Art. Sci.*, 45(3): 13—23.

Wilson EO, 1992. The Diversity of Life. The Penguin Press, London. 423—424.

**谢寿安,张雅林,袁锋,吕淑杰,**2001. **我国昆虫多样性的保护和利用. 西北林学院学报,** 16(2):50—53.

**杨星科, 赵建铭,** 2000. **中国昆虫分类研究的五十年. 昆虫知识,** 37(1):1—11.

**尤民生,**1997. **论我国昆虫多样性的保护与利用. 生物多样性,** 5(2):135—141.

**袁德成,** 2001. **昆虫濒危等级和保护级别. 昆虫知识,** 38(1):4—7.

**袁德成, 买国庆, 薛大勇, 胡萃, 叶恭银,** 1998. **中华虎凤蝶栖息地、生物学和保护现状. 生物多样性,** 6(2): 105—115.