



全国高等农业院校教材

昆虫群落
生态学

● 庞雄飞 尤民生 编著
● 植保、昆虫专业用

中国农业出版社



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

前 言

昆虫群落生态学的内容,往往纳入群落生态学、动物群落生态学或昆虫生态学之中。本书专门讨论昆虫群落生态学问题,基于如下的原因。首先,昆虫及其他陆生节肢动物,是陆地动物最早出现的类群。作为动物群落的发展历史可以追溯到4亿年前,4亿年来继续发展,长盛不衰。第二,昆虫种类繁多,估计达1百万种以上,是动物界中物种最丰富的类群。昆虫及其他近缘的陆生节肢动物的生活方式是多种多样的。其中有植食性的,以植物为食;有捕食性的,大多数以其他昆虫为食;有寄生性的,大多数寄生于其他昆虫的体外或体内(拟寄生)。各种昆虫相互联系,相互依存,构成复杂的食物网。在长期进化过程中,形成复杂的群落结构。群落中各个种群的相互作用,各自占有自身的生态位,以其高繁殖力适应于在自然界中的大量死亡,维持着一定波动范围内的平均数。这是动物生态学研究的核心内容。昆虫群落的研究,在理论上和实践上为动物群落生态学提供了丰富的材料。第三,在果园、农田、人工林、草场等比较单一化的植物群落之中,作为动物类群也趋向于简单化,但昆虫及其他近缘的陆生节肢动物仍然保存相当的数量,维持着群落结构。在这样的动物群落中,由于捕食者、寄生者的作用,使植食者的数量受到限制,各个种群保持在一定范围内波动。近数十年来,曾经由于不注意昆虫群落的相互关系,大面积使用广谱性杀虫剂,群落中的捕食者和寄生者的作用明显下降,引起害虫再猖獗和次要害虫的大量发生问题。因而,昆虫群落生态学不但在动物群落学和昆虫生态学理论研究上占有特殊的地位,而且在害虫防治实践上起着重要的指导作用。第四,在近代生态学研究,引入系统科学,把研究对象看成是一个系统,把作用因子看成是系统的空间边界,研究系统的控制问题。这是长期生物生产中提出的要求。在种群系统的控制研究中已取得突破性的进展,这和群落研究有密切的关系。群落系统控制的研究,在单一化的栽培植物群落中研究昆虫群落系统的控制,可能是一个典型的、可供试验的同时有实践意义的重要材料。

与动物种群生态学相比较,动物群落生态学的研究还是比较薄弱的。虽然,生态学的先驱者都从群落的观点提出生态学问题,但群落的研究仍以群落的描述作为重点。群落动态控制的理论和方法仍处于早期的发展阶段。由于学科发展的限制和作者水平的局限性,在本书中仅能就昆虫群落生态的研究提出一些观点和问题,希望能“抛砖引玉”,共同重视昆虫群落生态学的发展。

本书共分9章,其中第一、二章由庞雄飞执笔完成,主要讨论昆虫群落生态学的概念及其在生态学中的地位和特点。第三、四章由庞雄飞和尤民生执笔完成,主要讨论群落的外貌特征和昆虫群落的营养结构。植物属于生产者。群落外貌主要决定于植物群落中的优势种。昆虫及其他陆生节肢动物属于消费者,直接或间接依赖于植物群落。昆虫群落中的营养结构是错综复杂的。即使在比较单一的栽培植物群落中,仍保持着复杂的相互依存、相互制约的关系,这种关系对各个种群的数量波动范围起着重要的作用。第五章由庞雄飞和

陶方玲执笔完成。主要讨论群落中各种群相互关系及其数量关系的试验设计。多种群相互关系的试验设计是一个新的课题，有待进一步研究。第六章由庞雄飞、尤民生执笔完成，主要讨论群落的演替。群落的演替同样决定于植物群落和依存于植物群落的昆虫群落，随着植物群落的演替也发生剧烈的变化。在栽培植物群落中，昆虫群落的特点也随着栽培植物群落的改变而发生激烈的改变，对昆虫群落的特征起着决定性的作用。第七、八、九章由尤民生执笔完成。第七章讨论昆虫群落的多样性和稳定性，着重讨论群落多样性和稳定性描述方法；第八章讨论昆虫群落的数量分类和排序；第九章讨论生态位的理论、方法及应用。这些章节的选择和安排力求反映昆虫群落理论和方法研究的概况，作为高等农业院校植物保护专业或昆虫专业大学本科和研究生的教材，并供植物保护工作者及昆虫学工作者参考。由于作者知识水平的限制，可能还有不少缺点和错误，希望读者能向我们提出意见，以便进一步补充修改。

目 录

前 言	
第一章 昆虫群落生态学的基本概念	1
第二章 昆虫群落的特点与昆虫群落生态学	3
第一节 生物群落的进化简史	3
一、水生生物群落	3
二、陆生生物群落	4
第二节 昆虫群落与植物群落的协同进化过程	6
第三节 昆虫与植物的关系	7
一、植食性昆虫对植物的选择性	7
二、显花植物与传粉昆虫	8
第四节 昆虫群落中各种群的相互关系	8
第五节 昆虫与其他生物的关系	9
一、昆虫与其他节肢动物的关系	9
二、昆虫与两栖类、爬行类的关系	10
三、昆虫与鸟、兽类的关系	10
四、昆虫与微生物、线虫的关系	10
第三章 生物群落的外貌特征	12
第一节 植物群落的外貌和群系分类	12
第二节 影响群落外貌的环境梯度分析	14
一、环境梯度	14
二、环境梯度对群落的影响	15
第三节 人为活动对群落外貌的影响	19
第四节 植物群落的外貌特征与昆虫群落的关系	20
第四章 昆虫群落的营养结构	22
第一节 昆虫的食性类型	22
第二节 食物链及食物网	24
第三节 昆虫群落的营养结构分析	29
第五章 多种群共存系统的数量关系	33
第一节 多种群共存而相互作用的数学模型	33
一、Volterra 多种群相互作用的数学模型	33
二、多种群共存而相互作用的网络模型	34
三、多种群相互作用的回归模型	36
第二节 多种群共存而相互作用的试验设计	37
一、二次回归旋转组合设计	37
二、二次通用旋转组合设计的试验方案	38
第三节 多种群共存而相互作用试验设计示例	47

一、三种天敌和两种害虫共存相互作用关系	47
二、捕食性天敌对猎物的选择捕食作用	51
三、二次通用旋转组合设计表	59
第六章 生物群落的演替	62
第一节 生态演替	63
一、原生演替	63
二、次生演替	65
三、演替顶极	65
四、生态演替的总趋势	66
五、生态演替的研究方法	67
第二节 地质演替	69
第三节 人类活动对生物群落的影响	71
第四节 农田和人工林的节肢动物群落	73
第七章 群落的多样性和稳定性	77
第一节 群落的多样性	77
一、基本概念	77
二、群落的丰富度	78
三、种-多度关系	81
四、群落多样性的测定	86
五、影响群落多样性的因素	90
第二节 群落的稳定性	93
一、基本概念	93
二、群落稳定性的分析方法	95
第三节 群落多样性与稳定性的关系	100
一、多样性导致稳定性	100
二、多样性导致不稳定性	101
三、农田昆虫群落的多样性与稳定性	102
第八章 群落的数量分类和排序	104
第一节 群落的相似系数	104
一、距离系数	104
二、内积系数	106
第二节 群落的数量分类	108
一、不同类型的分类方法	108
二、系统聚类 (SC)	109
三、模糊聚类 (FC)	114
第三节 群落的排序	118
一、连续带分析 (CA)	118
二、极点排序法 (PO)	120
三、主分量分析 (PCA)	123
第九章 生态位的理论、方法及应用	128
第一节 生态位与竞争排斥原理	128
一、生态位的概念	128
二、生态位、生活小区、栖息地与生态区	131

三、竞争排斥原理	132
四、竞争与进化	135
第二节 生态位的研究方法	135
一、生态位宽度	135
二、生态位的比例相似性	138
三、生态位重叠	138
第三节 生态位的应用研究	140
一、一维生态位的研究	141
二、多维生态位的研究	144
结束语	146
主要参考文献	147

第一章 昆虫群落生态学的基本概念

生态观察起源于人类的生产活动。原始社会的渔、猎和食物的采集，随后人类社会的畜牧、种植，不断积累生态知识。各种文字形成后，也把这些生态观察知识记录下来。随着科学的发展，生态学也逐步成为独立的学科。德国动物学家赫格尔 (Ernst Haeckel, 1866) 建立了生态学 (okologie, ecology) 的术语，并给予定义，认为“生态学是有机体与周围环境相互关系的一般科学”。与此同时，生态学不仅研究动物，也研究其他生物。不少学者在引述生态学的定义时，认为“生态学是研究生物与环境相互关系的科学”。

生态学的研究对象比较广泛。不同学者以特定的生物类群作为研究对象，例如植物、动物、微生物及昆虫等，由此划分为植物生态学 (plant ecology)、动物生态学 (animal ecology)、微生物生态学 (microbial ecology) 或昆虫生态学 (insect ecology) 等。同样，不同学者以特定的生物组织层次 (biotic level) 作为研究对象。例如，个体 (individual) 是生物的基本单位，这是生物组织的一个层次；同一生境中同种个体组合而成种群 (population)，种群是生物组织比个体高一级的层次；同一生境中各个种群组合而成生物群落 (biotic community, biocoenose)，或简称群落 (community)，群落是生物组织比种群更高一级的层次。以特定生物种的个体作为代表，研究该物种对环境条件的要求和适应关系，形成了个体生态学 (autecology)；以特定种群作为研究对象，研究种群的分布 (distribution)、种群数量动态 (dynamics) 及控制 (control)，形成了种群生态学；以特定的群落作为研究对象，形成了群落生态学 (community ecology)。在同一生境中，生物群落与非生物环境是密切地联系在一起。生物群落与环境的总合，通过物质、能量的联系而构成一个整体——生态系统 (ecosystem)，把生态系统作为生态学的研究对象，形成了生态系统生态学 (ecosystem ecology)。

植物生态学、动物生态学、微生物生态学或昆虫生态学是以特定的生物类群作为研究对象的生态学分支学科。个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学是以特定的生物组织层次作为研究对象的生态学分支学科。

群落生态学以生物群落作为研究对象。生物群落是在一个生境内全部生物种群的组合。生物群落的各生物种群，相互依存，相互制约，形成一个整体结构，在特定的生境条件和历史条件下表现出当前的外貌及结构特征。

生物群落研究的先驱者，德国的动物学家，Karl Mobius (1825—1908)，于 1877 年在《牡蛎及牡蛎养殖》中，描述了牡蛎生存于一个生物共同体 (a community of living beings) 之中，并建议把这个物种间相互依存、相互制约，并受到环境影响的生物共同体称为生物群落 (biocoenose, biocoenose)。Mobius (1877) 描述的生物群落属于水生生物群落。水生生物群落与陆生生物群落区别较大，但具有共同的特点。首先，都存在着以植物或在水生生物中能进行光合作用建立有机物并贮存能量的菌类及原生动物的生产者；存在着以生产

者为食，吸取营养建造自身的初级消费者；存在着以初级消费者为食，吸取营养建造自身的次级消费者。由此形成食物链，食物链每增加一个环节，即消耗大部分能量，仅有小部分能量继续贮存而使食物链的环节数量有一定的限度。由于消费者种类繁多，食性复杂，所以不同食物链之间经常存在着共同的环节，彼此交叉形成网状结构，生态学上把这种网状结构叫做食物网。不论水生生物群落或陆生生物群落，都存在着分解者，分解死亡的有机体及其排泄物，这些分解者也可能形成链状结构。不论水生生物群落或陆生生物群落，都受到生境的影响，生境的差异或生境的变化，都会引起群落的变化。

与 Mobius 研究水生生物群落的同时，陆地群落生态研究也在植物学、植物地理学和植物生态学中发展起来。在陆地生物群落中，决定其外貌的主要是植被，即植物群落中的植物种类组成，其中的优势种、优势种的生长型、分布格局、物种的多样性、丰富度等形成群落外貌特征。植物群落的外貌特征受到气候、雨量、地形、土壤等明显影响。也受到群落发展历史的明显影响和人为干扰的影响。

生物群落是一个整体，包括植物、动物、微生物等全部“生物及其相互关系”。在陆地植物群落生态学发展的同时，动物群落生态学也在动物地理学、动物生态学的基础上取得发展。微生物群落生态学也在土壤微生物学和微生物生态学中积累了大量材料。

群落生态学中植物群落生态学、动物群落生态学、微生物群落生态学的学科分支，并不削弱群落生态学的整体性质，这些学科相辅相成，共同发展而促进群落生态学的发展。

种群与群落是昆虫生态学研究两个重要对象和重要内容。与害虫防治及资源昆虫的繁殖、利用相联系，昆虫种群生态学的发展比较迅速，成为生态学的一个重要分支。昆虫群落生态学的研究主要是从种群数量动态与种群控制有关的群落问题开始的，着重研究群落中种群间的相互关系。这些研究是必要的。应用群落生态学的理论和方法研究昆虫群落，也积累了大量材料。昆虫群落是动物群落中的一个重要部分，昆虫群落本身在生物群落中具有一定的独立性，发展昆虫群落生态学，将会促进群落生态学和昆虫生态学的进展。

第二章 昆虫群落的特点与昆虫群落生态学

在生物群落中昆虫群落是一个相对独立的生物类群。昆虫种类繁多；昆虫群落结构复杂；昆虫群落中种群间的相互制约，使各个种群保持着相对稳定的数量水平。昆虫群落与植物群落的关系甚为密切。昆虫群落与其他生物之间也有一定的联系。本章拟通过生物群落的进化简史、昆虫群落与植物群落协同进化、昆虫与植物的关系、昆虫群落间的相互关系等讨论昆虫群落的特点。进一步讨论昆虫群落生态学在研究生物群落生态中的重要性。

第一节 生物群落的进化简史

从生物群落的进化历史中，可以看到昆虫群落内部的复杂关系，昆虫群落与植物群落的密切关系以及其他动物与昆虫群落的关系。进一步说明昆虫群落生态学在群落生态学中的重要位置。

一、水生生物群落

在地球的生物发展历史中，首先出现的是水生生物。在地质史中的太古代和元古代的前期，距今 35 亿年至 18 亿年，这个时期地球的原始大气层中缺乏自由氧。在原始的海洋中，化学合成的有机物不被氧化，化学进化不断进行，出现了最初的生命体。这些生命体形成了细胞结构，类似现存的原核生物，通过无氧发酵获取能量。这些生命体经历了很长的历史，原始海洋中的有机分子不断被分解消耗。在这些生命体中出现了一类绿色的可进行光合作用细菌。这些光合细菌仍以含氢的无机物作为还原剂，在还原的环境中进行自养。这个时期地球的生物群落属于无氧发酵的原核生物群落。

当有机物极度减少，含氢的无机物也极度减少，出现了原始的藻类。原始的藻类具有叶绿素，可以采用二氧化碳和水制造有机物而产生氧。这个时期形成了由原始的藻类——蓝藻组成的生物群落。

原始藻类产生氧，地球表面氧的浓度增加，生物也在变化，有氧呼吸的细菌也出现了。蓝藻把无机物合成为有机物，细菌把有机物分解为无机物。这个时期的生物群落可以认为是蓝藻和细菌的生物群落。

进入震旦纪，距今 18 亿年至 6 亿年之间，单细胞的原核生物不断分化，产生单细胞及多细胞的真核藻类，在浅海特别丰富。藻类的发展为低等无脊椎动物的发展创造了条件。原生动物、软体动物、蠕虫类和水生的节肢动物已开始出现，孕育着新的发展。

寒武纪，距今 6 亿至 5 亿年，在海洋中的藻类进一步发展，大型的藻类已经出现。在动物中无脊椎动物迅速发展，除海绵动物、软体动物、蠕虫、腕足类以外，节肢动物的三

叶虫空前繁盛，种类繁多，数量丰富，大小不一，其中最小的不足1cm，最大的达70cm。当时植物群落的特点是藻类的繁盛，动物群落的特点是三叶虫成为主要的类群。在生物史中把寒武纪称为三叶虫的世界。

奥陶纪，距今5亿年至4亿4千万年。无脊椎动物的各门类已发展齐全。在生物史中，把寒武纪至奥陶纪称为真核藻类和无脊椎动物的时代。在这个时期中，陆生生物仍在孕育发展之中。

志留纪，距今4亿4千万年至4亿年，绿藻向陆地发展，进化为裸蕨，这是第一批陆生植物。陆生植物的出现，节肢动物中的蝎类和无翅昆虫成为陆地上的第一批居民。在海洋中，原始的脊椎动物——鱼形的脊椎动物开始出现。

泥盆纪，距今4亿至3.5亿年，海洋中出现鱼类，三叶虫明显减少。

随后，海洋及水域中的生物群落在这基础上继续进化。

二、陆生生物群落

上面已经提到志留纪，距今4.4亿年至4亿年，绿藻向陆上发展进化为裸蕨，裸蕨成为第一批大型的陆生植物。裸蕨类形成志留纪植物群落的外貌特征。节肢动物中的蝎类和

无翅昆虫，作为陆生动物群落出现于当时的生物群落之中。

泥盆纪，距今4亿至3.5亿年，真蕨、石松和楔叶类植物大量出现，两栖类动物也开始形成。

石炭纪，距今3.5亿至2.7亿年，裸蕨被真蕨类、石松类、楔叶类和种子蕨所代替。这些植物繁荣昌盛而成为森林。有翅昆虫大量出现，其中出现一些大型的有翅昆虫如古网翅虫（图2-1）、古蜻蜓（图2-2）等。昆虫在这个历史时期迅速发展，成为动物群落中的主要类群。

在脊椎动物中，在水域的附近，两栖类的始祖也开始形成。

二叠纪，距今2.7亿年至2.25亿年。这个时期原始的裸子植物进一步发展，逐步取代蕨类植物，成为植物群落的主要成分。

昆虫纲的种类继续增加，到二叠纪的末期，已达到相当繁盛的状态。但石炭纪的巨大昆虫却消失。这是昆虫纲进一步发展的历史时期。这个时期中脊椎动物的两栖类进一步发展而出现了两栖类与爬行类之间的过渡类型，进一步出现了一些在陆地产卵和孵化的爬行类。

中生代，距今2.25亿至0.7亿年，包括三叠纪、侏罗纪、白垩纪，裸子植物在植物群落中占据优势。至白垩纪，被子植物才开始形成和分化。在动物群落中，三叠纪爬行类迅

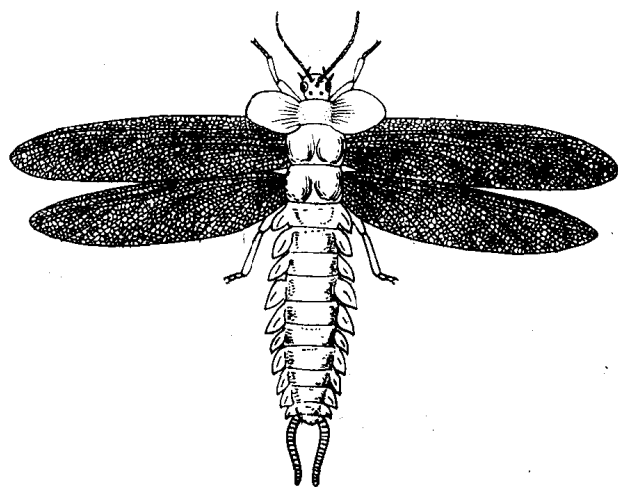


图 2-1 石炭纪的古网翅虫

〔*Stenodictya lobata* (Palaeodictyotera)〕

（化石复原图，翅展 50cm Shwanich, 1959）

速发展，侏罗纪恐龙大量出现，而且种类繁多，有植食性的，也有捕食性的，小的体重约 1kg，大的可达 40—50t。其中还有飞龙和翼龙，能滑翔和飞行，鱼龙在水中游弋。因而，中生代的侏罗纪被认为是恐龙的世纪。至白垩纪的末期，恐龙却灭绝了。

在中生代，三叠纪已发现接近哺乳类的爬行动物，在侏罗纪发现始祖鸟化石。说明中生代孕育着哺乳类，鸟类进一步发展。

中生代的昆虫进化发展较快，特别到白垩纪，由于被子植物的形成和分化，昆虫的植食性类群与被子植物共同进化，也出现寄生性的类群。

新生代的第三纪，距今 7 千万年至 3 百万年。这个时期被子植物取得发展，在植物生物群落中，被子植物占据优势。被子植物中最先出现的是双子叶植物，并形成的双子叶植物为外貌特征的森林。中生代形成的银杏、红杉等少数裸子植物继续存在，杨、柳、白桦、桦、赤杨、木兰等均已形成，单子叶植物也在一些区域内形成大片草原和草甸。第三纪形成的植物区系已和现存的差不多。裸子植物的形成和发展，是新生代植物群落的重要特征。

第三纪，哺乳类动物由原始状态取得了迅速的分化和发展。第一阶段，生活于侏罗纪到白垩纪初期的古兽类，成为有袋类和有胎盘类的直接祖先，古食肉类和古蹄类出现；第二阶段出现哺乳动物的祖先，如奇蹄类、偶蹄类、长鼻类和鳍脚类；第三阶段是在哺乳类动物中出现灵长类，在灵长类中出现人类的远祖——古猿。第三纪在动物群落中被称为哺乳类形成和发展的时代。

第四纪，距今 3 百万年。第四纪的特点，是在灵长类中，人类的祖先完成了从古猿到人类的进化过程。

前面简述了生物进化史和生物进化过程中生物群落的特点：生物最早产生于海洋。以现存的生物的特征看来，最早出现的是单细胞的原核生物、细菌和蓝藻，随后出现真核藻类。绿藻——具有叶绿素的形形色色的藻类成为植物的祖先。藻类的发展为海洋生物的发展创造了条件。地衣——菌藻联合体，是植物向陆地扩展的重要生物。生命在海洋中的发展经历距今约 34 亿年至 4.4 亿年，才进入陆生生活。陆生节肢动物原始的蝎类和原始的无翅昆虫出现较早。距今 4 亿年至 3.5 亿年，植物中的真蕨、石松和楔叶类代替了裸蕨成为植物群落的主要组成部分，同时出现了种子蕨。在这个时期，陆生昆虫中有翅昆虫大量出现，成为当时陆生动物的主要类群。昆虫与植物的协同进化 (co-evolution) 从这个时代已经开始，经历了陆生生物群落形成和发展的长远历史。与此同时昆虫纲的内部分化，也逐步形成昆虫群落内部种群之间的复杂关系。

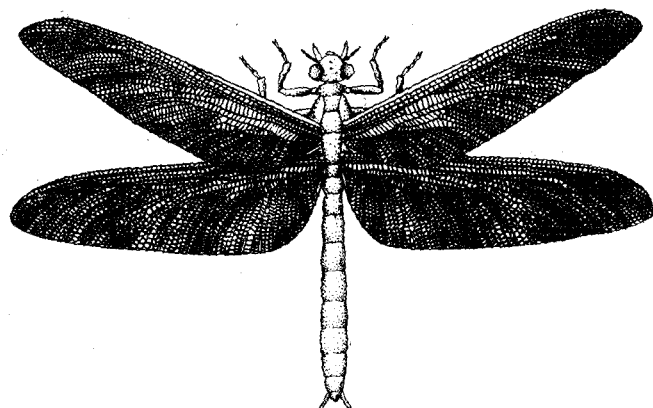


图 2-2 石炭纪的古蜻蜓 [*Meganeura monyi* (Meganisoptera)]
(化石复原图，翅展 70cm Shwanich, 1959)

第二节 昆虫群落与植物群落的协同进化过程

上面已经提到的志留纪（距今 4.4 亿年至 4 亿年），绿藻向陆上发展进化为裸蕨，绿藻和裸蕨成为第一批绿色植物。与此同时，水生的无脊椎动物也产生了向陆地发展的分支，其中一些节肢动物如蝎类和无翅昆虫，作为陆生动物群落出现于当时的生物群落之中，开始了昆虫群落与植物群落协同进化的历史。

泥盆纪（距今 4 亿年至 3.5 亿年），在植物群落中，真蕨、石松和楔叶类植物大量出现；石炭纪（距今 3.5 亿年至 2.7 亿年），裸蕨被真蕨类的石松类、楔叶类和种子蕨所代替。在植物群落发展的同时，大量出现古昆虫的特殊类群，昆虫群落成为当时动物群落的重要组成部分。

在石炭纪的地层中，发现大量有翅昆虫，其中有古网翅目（Palaeodictyoptera），疏翅目（Megasecoptera），原蜉蝣目（Protephemerae），原蜻蜓目（Protodonata），原半翅目（Protohemiptera），原直翅目（Protorthoptera），蜚蠊目（Blattoidea），华脉目（Caloneurodea）等。在这些昆虫中，一些种类体型甚大。例如古网翅目网脉科中的古网翅虫（*Stenodiotya lobata*），翅展达 50cm，除中、后胸各有一对翅外，前胸背板侧叶向两侧延伸（图 2-1）；又如原蜻蜓目巨脉亚科的古蜻蜓 *Meganeura monyi*，翅展达 70cm（图 2-2）。原半翅目也属于大型昆虫，具吸收式口器。这些有翅昆虫的大量出现，说明石炭纪昆虫已进入迅速发展的进化阶段。

二叠纪（距今 2.7 亿年至 2.25 亿年），植物群落中以原始的裸子植物逐步取代蕨类植物。如果认为古昆虫属于幼虫水生而成虫陆生，或属于土栖或土面生活的类群为主，在二叠纪的地层中，大型的古昆虫类群大量消失，而发现蜉蝣目（Ephemeroptera），蜻蜓目（Odonata），楸翅目（Plecoptera），脉翅目（Neuroptera），广翅目（Megaloptera），半翅目（Hymenoptera），啮虫目（Corrodentia），缨翅目（Thysanoptera），鞘翅目（Coleoptera）等，这些类群已具有现代昆虫的相应特征。上述的一些昆虫，可能取食植物，而一些昆虫可能属于以其他昆虫为食的捕食者。

三叠纪（距今 2.25 亿年至 1.8 亿年），裸子植物中的苏铁类、松柏类、银杏类成为植物群落的主要成分。在这个时期的地层中，继续发现缨尾目（Thysanura），直翅目（Orthoptera），螳螂目（Mantodea），竹节虫目（Phasmida）等。在这些昆虫中，直翅目和竹节虫目是典型的食植者，而螳螂目则为典型的捕食者。

侏罗纪（距今 1.8 亿年至 1.35 亿年），植物群落中的裸子植物繁茂。这个时期昆虫纲的大部分目已经形成。膜翅目（Hymenoptera），革翅目（Dermaptera），毛翅目（Trichoptera），双翅目（Diptera）在这个地层中开始发现。原来认为侏罗纪昆虫化石的记录较少，但我国北方中侏罗纪的昆虫化石比较丰富，已记录蜉蝣目、蜻蜓目、蜚蠊目、楸翅目、鞘翅目、同翅目（Homoptera）、半翅目、啮虫目、脉翅目、长翅目（Mecoptera）、毛翅目、双翅目和膜翅目不少种类（洪友荣，1983）。这对侏罗纪的昆虫群落研究是重要的补充。

白垩纪（距今 1.35 亿年至 7 千万年），进入中生代的晚期，裸子植物开始发展。在以

后的地质年代中，裸子植物成为植物群落的主要成分。植物组分的改变与此相适应，昆虫种类也进一步发展。

新生代的第三纪（距今7千万年至3百万年），植物群落以被子植物占据优势，在动物中出现鸟类和兽类。在这个地质年代，鳞翅目（Lepidoptera）、纺足目（Embioptera）、等翅目（Isoptera）、蚤目（Siphonaptera）、捻翅目（Strepsiptera）开始出现。而禽虱目（Anoplura）则发现于第四纪的地层中。鳞翅目的分化与被子植物有密切的关系。特别是蝶类，成虫以花蜜为食，与显花植物联系在一起。虱目属于兽类的寄生性昆虫，禽虱目则属于鸟类的寄生性昆虫，兽类和鸟类的出现，才使这类昆虫具备特殊的进化条件。

从昆虫群落与植物群落协同进化的长远历史中，可以看到昆虫群落与植物群落协同进化的轮廓。与此同时，昆虫群落本身也逐渐形成复杂的内部结构。

第三节 昆虫与植物的关系

昆虫是陆生动物的一个古老的类群，是随着植物向陆地发展和进化而形成的节肢动物的陆生类群的一个分支，在进化过程中长盛不衰，继续发展，在协同进化过程中与植物建立相当密切的关系。首先，昆虫属于异养生物，直接或间接从植物中取得营养。直接从陆生植物中取得营养的植食性昆虫在发展过程中，与植物形成了各种特殊的联系。

一、植食性昆虫对植物的选择性

各种植物在组织代谢过程中，产生次生性化合物。这些化合物对一些动物是有毒的。在生存斗争中，这些物质可以免除动物的侵害。例如，十字花科植物所含有的芥子苷，柑桔类所含有的柠檬香，使许多动物抗拒取食。十字花科植物所含有的芥子苷，对大多数植食性昆虫看来属于忌避物质，但对十字花科植物的害虫却属于引诱物质。例如小菜蛾、菜白蝶等，芥子苷引起成虫趋近产卵，引起幼虫的食欲，芥子苷对小菜蛾和菜白蝶的食物选择起着决定性的作用。同样，柠檬香对大多数植食性昆虫看来属于忌避物质，但对凤蝶却属于引诱物质。柠檬香引起凤蝶成虫趋近产卵，引起幼虫的食欲，柠檬香对凤蝶的食物选择起着决定性的作用。柠檬香对凤蝶幼虫甚至是有毒的。凤蝶幼虫前胸背面的“丫”形臭腺，对排除血液内的柠檬香起着重要的作用。凤蝶幼虫的这一特殊翻缩腺在翻出体外时，可以把在血液中吸收的这类有害物质排出体外，放出含有柠檬香的特殊气味，还可以对一些捕食者起着抗拒的作用。这两个简单的例子，可以说明昆虫对食物的选择与植物抗虫物质协同进化的关系。

各种植物都具特殊的次生化合物，这些次生化合物对于大多数植食性动物起着忌避的作用。可以设想，如果没有这类特异性物质，全部动物都来侵害，这种植物在生存斗争中将难于继续繁衍。而一些昆虫在协同进化过程中却适应于一些特异性物质而形成昆虫对植物的选择性。

植物的各个部分，根、茎、叶、花、果的组织结构和表面结构不完全相同，甚至营养成分、特有的次生性化合物的含量也不完全相同。不同的害虫种类可能适应于取食不同的部位，例如有一株柑桔上，可能会同时发现根部受金龟子幼虫及蝉的若虫为害，树干、树

枝内有不同种类的天牛幼虫蛀食，叶片被凤蝶幼虫咬食，嫩叶组织内潜叶蛾幼虫潜入组织内取食，嫩芽受蚜虫、卷叶虫为害，果受吸果夜蛾成虫吸食或受果蝇幼虫蛀食。不同种类适应于取食不同的部位，而不同种类植物的不同部位的植食性昆虫又存在着高度的食物选择性，进一步加强了昆虫与植物关系的复杂性。

植物为植食性昆虫提供营养和能量，植食性昆虫只能依存于其取食的植物。植物群落中种类组成的差异直接影响植食性昆虫的组成。植物群落成为昆虫群落存在的一个重要的生态条件。

二、显花植物与传粉昆虫

大多数显花植物是依靠昆虫传粉的。在被子植物出现后，显花植物与传粉昆虫协同进化，形成了这种关系。显花植物的花具有色、香味，有些花还有花蜜。传粉昆虫以花粉花蜜为食。花的色、香味引诱传粉昆虫趋近；传粉昆虫以花的色、香味作为食物的信号而趋近取食或采集花蜜和花粉；在取食或采集花蜜、花粉过程中，也完成传粉过程。在进化过程中产生了这类虫媒的显花植物；如果没有显花植物，也就不可能产生传粉昆虫。显花植物与传粉昆虫的特化程度是相当高的，这是协同进化的结果。传粉昆虫在一些植物群落中种类甚多。传粉昆虫使昆虫群落与植物群落的关系增添了特殊的风采。

第四节 昆虫群落中各种群的相互关系

昆虫群落中种群间的相互关系是相当复杂的，从这些复杂关系中可以看到昆虫群落在生物群落中组成了一个相对独立的单位。

在陆地生物群落的营养链中，植物属于生产者。植食性昆虫以植物为食，成为初级消费者；大量捕食性昆虫以植食性昆虫为食，而捕食性昆虫还有其捕食者，捕食性昆虫及其捕食者构成次级消费者；由此形成捕食连锁的营养层次结构。大量寄生性昆虫分别寄生于植食性昆虫的各个虫态；寄生性昆虫还会有重寄生、二重寄生；由此形成寄生连锁的层次结构。

捕食性昆虫有一定的捕食专一性，但一种捕食性昆虫可能捕食多种植食性昆虫，一种植食性昆虫可能存在多种捕食者；捕食性昆虫除捕食植食性昆虫外，还可能捕食其他捕食者。当存在多种植食性昆虫时，捕食连锁连同所组成的营养层次是错综复杂的。一种植食性昆虫可能存在多种寄生者。寄生性昆虫有一定的寄生专一性，但一种寄生者可能寄生于多种寄主。重寄生性昆虫也有一定的寄主专一性，但也可能有多种寄主，甚至可能有一些重寄生性昆虫，也寄生于植食者中。当存在多种植食性昆虫时，寄生连锁连同所组成的营养层次也是错综复杂的。

在比较简单的农田生物群落中，例如南方的水稻田，植物中水稻占绝对优势。以水稻为食的植食性昆虫，群落调查中可以同时找到30种以上，其中仅有3—4种是常见种，例如三化螟、稻纵卷叶螟、褐稻虱、白背稻虱等。与此同时，捕食性昆虫有40种以上，大多数捕食者对自由生活的猎物均能捕食，食性较广；仅有少数如黑肩绿盲蝽、稻虱食卵金小蜂仅捕食稻虱及叶蝉卵，食性比较专一。寄生性天敌的寄生选择性较强，种类也比较多。例