

中国东亚飞蝗新蝗区——海南热带
稀树草原蝗区的研究*

丁岩钦

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

Q969.265.2

摘要 本文通过东亚飞蝗在海南岛近6年来的田间发生动态, 参考本岛近500年来该种害虫的发生为害资料, 结合本岛飞蝗发生地近百年来的生态地理的演变特征分析, 提出了海南东亚飞蝗蝗区是“热带稀树草原蝗区”。该蝗区系由于本岛多年来不合理的伐林造田, 使大面积的原始森林破坏, 生态环境恶化, 气候干旱, 而演变为次生的热带稀树草原生境而成。这与由大沙河三角洲而成的大陆温带蝗区, 在形成原因、结构特征与控制对策等方面完全不同, 因此是中国东亚飞蝗新蝗区。文中通过数理统计分析, 不仅明确了影响该蝗区的主动因素(即森林破坏面积、干旱指数)与关键因素(即灌溉面积、撩荒地面积), 而且提出了控制该蝗区的生态对策。

关键词: 东亚飞蝗, 热带稀树草原蝗区。

蝗虫

东亚飞蝗于1987年7月在我国海南岛暴发, 其密度之高、为害之重, 震惊了国内外有关部门, 海南从此成为国家承认的蝗区。自这次东亚飞蝗大发生后, 虽然历经了7年之久, 直到1993年仍未得到有效的控制, 每年均有一定面积的发生与为害, 这不仅使海南的经济遭受严重的损失, 而且由于没有掌握蝗区的成因, 不能提出有效的改造蝗区与控制蝗害的生态对策, 只能依靠农药防治, 从而使控制蝗害处于一种被动的局面。

关于对我国大陆温带地区的东亚飞蝗蝗区研究, 马世骏^[1-3]、邱式邦^[4]曾进行了大量工作, 并提出了我国大陆温带蝗区的类型、结构、特征、成因以及一系列改造蝗区根除蝗害的对策, 从而解决了我国大陆千年来的一大自然灾害——蝗灾。取得了举世公认的重大成就。而海南热带蝗区的类型、结构、特征、成因是否与大陆温带蝗区相同, 至今尚无研究报道。根据东亚飞蝗在海南热带蝗区的种群动态特征、群居型蝗虫的发生基地特征以及飞蝗为害的寄主植物等, 均与大陆蝗区的特征有明显的差异。因此东亚飞蝗在大陆蝗区的研究成果与控制对策是否适用于海南热带蝗区, 还需进一步进行研究与验证。尤其对于海南发生群居型飞蝗, 过去国内就存在两种观点; 一种认为海南的群居型飞蝗是由东南亚地区或其他地区迁来, 海南没有形成蝗区的条件, 另一种认为东亚飞蝗群居型是由当地蝗区产生, 但没有确凿的科学依据。为了解决上述疑点, 掌握海南东亚飞蝗发生规律, 省植保站除组建了蝗虫监测站, 定期监测蝗情, 指导防治外, 并于1992年组织了考察组, 进行了全面、系统的海南蝗虫、蝗区的考察, 通过这次考察, 获得了大量的资料, 本文即是在此基础上, 结合历史的有关记载与国内外文献资料, 以及当地多年来的飞蝗发生动态系统调查, 对海南热带蝗区的类型、结构、特征、成因以及控制对策, 进行了系统的研究与分析, 从而对海南热带蝗区有了较为全面的认识, 通过对形成蝗区的作用

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1993 12 06, 修改稿收到日期: 1994 04 10。

因素的统计分析,以及与大陆温带各类型蝗区的多方面的比较,文中提出了中国东亚飞蝗的新蝗区——海南热带稀树草原蝗区的新观点。最后根据本蝗区的成因与结构特征,结合生产实践中的灭蝗措施的经验总结,对本岛东亚飞蝗的生态控制与蝗区的改造,提出了一系列的对策,这就为海南热带蝗区东亚飞蝗的科学管理提供了理论依据。

1 东亚飞蝗蝗区的类型与特征

飞蝗具有两型现象,只有在群居型飞蝗出现的条件下,才能进行远距离迁飞,造成对作物的严重为害;而群居型在自然界的发生,有其特定的适合于生长与繁殖的空间生境,该生境称为发生基地,或狭义的蝗区,蝗区在景观外貌上代表生态地理的一个类型,就结构与机制而言,系一个生物地理群落系统的复合体,因此蝗区具有自身的类型与特征。

1.1 飞蝗蝗区的类型(或飞蝗发生基地的类型)

Uvarov^[5]根据飞蝗发生基地(Outbreak area)的形成原因,将其分为两大类型,一系最典型、最经常发生的类型,主要发生在半沙漠的国家,它系由大沙河冲积而成的三角洲平原。如亚洲飞蝗(*Locusta migratoria migratoria*)在黑海、里海和巴尔喀什湖由大沙河流入时造成的三角洲平原。非洲飞蝗(*Locusta migratoria migratorioides*)在非洲中尼日利亚的三角洲平原,以及在中国大陆的东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis*)的发生基地亦属此种类型。另一类型是菲律宾、加里曼丹、马来半岛的东亚飞蝗的发生基地的另一种新的类型。这里属于高湿的热带气候,并有大片森林覆盖。在这样的条件下,散居型飞蝗在某些开阔的草地可以发现。但很明显,不适于群居型飞蝗的发育,因此不会出现群居型飞蝗。随着大面积森林砍伐、破坏,生态环境恶化,气候干旱,土地的不合理利用,改变了原来的自然面貌,导致了适于飞蝗生存的大面积的稀疏草地,从而形成了群居型飞蝗的发生基地。

马世骏等^[3]将东亚飞蝗在中国大陆发生的大沙河三角洲类型蝗区,分为滨湖蝗区、滨海蝗区、河泛蝗区、内涝蝗区4种亚类型。并且认为,“这些东亚飞蝗的发生基地皆分布于黄淮平原的湖泊、河流及入海河系附近,追溯今日东亚飞蝗各类型蝗区的形成,是与黄淮平原之生成,特别是与此平原上的黄淮水系之生成变化有密切关系。因此导致东亚飞蝗发生基地形成的主要原因是水。所以蝗区的改造工作,首先是水的问题”。

1.2 东亚飞蝗蝗区的分布

东亚飞蝗广泛分布于东南亚地区,如中南半岛、菲律宾群岛、马来半岛、加里曼丹岛和苏拉威西岛等地,在我国则分布于东部,包括平原坡地和岛屿上的低平草地。发生地北界在北纬42°。对海南岛东亚飞蝗的发生分布,马世骏^[3]在东亚飞蝗发生区分布图中,根据其在海南的发生情况,认为海南东亚飞蝗的发生区是属于扩散区,不是发生基地与适生区。而在中国飞蝗蝗区类型及其分布图中,又将东亚飞蝗蝗区在海南发生的类型,列为滨海蝗区、河泛蝗区与内涝蝗区。这说明作者对此没有能给出确切的定论。

1.3 东亚飞蝗蝗区的特征

马世骏^[3]根据东亚飞蝗在大陆蝗区的发生动态,提出东亚飞蝗蝗区的共同特征为:(1)蝗区多位于平原下洼或边缘部分,地势相对低洼,有倾斜,因此蝗区的外形特征之一,是具有一定倾斜度的漫滩。(2)日平均温度超过25℃的天数须在35d以上,一般日间高温均大于30℃,冬季出现-10℃以下的天数少于15d。降水量及蒸发量分布不均,有比较明显的干季与湿季之分。并且只有在旱涝相间发生的条件下,方能显著地表现出蝗区的特征,因此东亚飞蝗蝗区的

气候是属于干性或半干性亚热带类型。(3)蝗区经常间隔若干时间后有一次漫水,漫水出现在夏秋季,漫水时间不长。(4)蝗区的土壤有沉积性粘土、冲积性壤土和细沙土,它与蝗区类型有关。(5)蝗区植被一般是以禾本科植物为特征的中生及半湿生种类组成。蝗区植被的最适盖度在 15%—30%之间。

2 东亚飞蝗在海南热带蝗区的发生动态及海南热带蝗区的自然生态地理特征

2.1 东亚飞蝗在海南热带蝗区的发生动态

东亚飞蝗在海南热带蝗区年发生 4 代,世代重迭,连续为害。自 1987 年在海南猖獗为害,群居型蝗虫在岛上几度远距离迁飞,其后 6 年来,每年均有不同程度的发生与为害,发生地区包括乐东县、东方县、三亚市、昌江县、儋县、白沙县、陵水县等 7 县市,均在本岛的西部与南部。年发生面积最高达 49700hm²,虫口密度每平方米最高达 5000 头以上。防治面积累计达 66666.7hm²,说明国家为此投入了大量的财力与物力。

2.2 海南热带蝗区的自然生态地理特征

东亚飞蝗是草原类型的害虫,亦是亚热带草原的分布亚种,森林内从无飞蝗发生的记载。东亚飞蝗近几年在海南的发生地带,均在本岛的西部与南部,该地区的地理景观属于热带稀树草原类型,^[6-7]并有一季撩荒地发生,完全符合东亚飞蝗种的行为特性。

本岛四周临海,中央高山,因此整个地形是从中部山体向外,由山地、丘陵、台地、阶地、平原顺序逐级递降,地形明显地有一定的倾斜度比降,形成层状垂直分布与环状水平分布带,从而在生产上基本形成了以山地、丘陵为中心的热带林业带,以低丘、台地为中心的橡胶热作带,以阶地、平原为中心的热作粮作带,反映了生产实践的空间组合与地貌特征的关系。东亚飞蝗蝗区的分布,在一般年份及早年主要发生基地是在阶地、平原为中心的热作粮作景观带中。低丘、台地在早年可以成为飞蝗的扩散地,在涝年可以成为飞蝗的繁殖生境。而以山地、丘陵为中心的热带森林区,则不会成为飞蝗的繁衍生境(图 1)。

海南蝗区的气候条件 本区 11 月至翌年 4 月为旱季,5—10 月为湿季,干湿季节分明,符合蝗区条件,年降水量 1000—1800mm,尤其西部地区年降水量在 1000mm 以下。蒸发量大于降水量一倍以上。年平均温度 23.5℃,10℃以上的年积温平均在 8700 日度,1 月平均温度最低,1—2 月平均气温大多为 18—20℃,且无—10℃的天气。因此飞蝗在本蝗区形成全年发生、世代重迭,连续为害的特征。

蝗区的土壤类型 由于本岛具有山地、丘陵、台地、阶地、平原等不同的地貌,分布有不同的植被,因此其土壤分布亦有其独特的地理特征。一般可分为:(1)山地草甸土 分布在山地顶部,(2)黄壤 分布在中山区或低山区,(3)赤红壤 分布在山地及丘陵,(4)砖红壤 分布在低丘陵、台地或阶地,(5)燥红土 分布在西部、南部半旱区的阶地、平原、亦称稀树草原土。沙质土 分布在沿海海岸地区。东亚飞蝗在海南当前的发生基地,主要分布在稀树草原土区,部分分布在砖红壤与沙质土区。

蝗区的植被 蝗区分布在台地、阶地、平原,其植被除栽培作物外,主要属于热带稀树草原类型与灌丛草地类型。

稀树草原是热带干旱地区以多年生耐旱的草本植物为主所构成的大面积的热带草地,混生着耐旱灌木和非常稀疏的乔木,呈现出特有的群落结构和生态景观外貌。吴征镒^[6]认为本岛植物区系与东南亚的雨林有一定的亲缘关系。而稀树草原群落中的主要草本植物成分为:扭黄

茅(*Heteropogon contortus*)、华三芒草(*Aristida chinensis*)、长穗画眉草(*Eragrostis elongata*)、白茅(*Imperata cylindrica* var. *major*)、圆果雀稗(*Paspalum orbiculare*)、蜈蚣草(*Ischaemum ciliare*)、野香茅(*Cymbopogon tortilis*)等,这些草本植物多为旱中生禾本科种类。群落中的灌木,常见的种类有:变叶裸实(*Gymnosporia diversifolia*)、刺篱木(*Flacourtia indica*)、酒饼簕(*Atalantia buxifolia*)、刺葵(*Phoenix hanceana*)、露兜树(*Pandanus tectorius*)等,散生的乔木计有:木棉(*Bombax malaburica*)、酸豆(*Tamarindus indica*)、山马耳(*Buchanania microphylla*)、海棠果(*Callophyllum inophyllum*)、鹧鸪树(*Streblus asper*)等。

蝗区的蝗虫群落 稀树草原蝗区的植被一般可分为人工植被与自然植被两类。人工植被为稻田、旱作田、甘蔗田、橡胶园等;自然植被为稀树草原植被、灌丛草地植被等。不同植被其蝗虫群落不同。(1)旱作地中的蝗虫群落(旱作地包括甘薯、豆类、花生等)其优势种为东亚飞蝗、隆叉小车蝗(*Oeculeus abruptus*)、花胫绿纹蝗(*Aiolopus tamulus*)、刺胸蝗(*Cyrtacanthacris tatarica*)、短额负蝗(*Atractomorpha sinensis*)、疣蝗(*Trilophidia annulata*)。(2)稻田-旱作地中的蝗虫群落,其优势种为东亚飞蝗、隆叉小车蝗、花胫绿纹蝗、短额负蝗、小稻蝗(*Oxya intricata*)、疣蝗、中华稻蝗(*Oxya chinensis*)。(3)稀树草原的蝗虫群落,其优势种为东亚飞蝗、隆叉小车蝗、花胫绿纹蝗、刺胸蝗、小稻蝗、威廉剑角蝗(*Acrida willenssei*)、细肩蝗(*Calephorus vitalis*)、疣蝗、海南菊蝗(*Phlaeobida hainanensis*)、短额负蝗、中华稻蝗。

根据上述本区自然地理结构特征,完全符合东亚飞蝗发生基地的特征条件,致使东亚飞蝗在本岛可以全年繁殖与连续为害,这不仅是本岛东亚飞蝗发生的一大特点,亦说明 1987 年以来东亚飞蝗的大发生条件,在海南地区是完全具备的。

3 海南热带稀树草原蝗区的成因

东亚飞蝗在本岛的发生基地皆分布于岛临海的平原、阶地与台地。追溯今日东亚飞蝗在本岛发生基地的形成,是与人对原始森林的严重破坏有关,而此又与历史上的大陆向本岛的大批移民,并滥伐原始森林,进行大面积的开垦、结合刀耕火种、山火烧林,重伐轻营、使原来不适于飞蝗发生的茂密林区破坏,而形成适于飞蝗发生的稀树草原有密切关系。特别是近 60 年来在西部、南部地区对原始森林掠夺性的砍伐,形成西部、南部干旱地区的大面积稀树草原的结果。对本岛森林植被的恢复,对本岛的旱灾与蝗灾的形成与控制,有深远的影响。

根据海南历史记载,本岛在划入西汉王朝版图以前,森林面积约占总面积的 90%。全岛充满林莽遍地,灌木丛生,草莱蔽野,猛兽袭人的原始景象^[6],在此植被地理景观下,东亚飞蝗仅有物种的分布可能,决无猖獗发生为害的条件,因为东亚飞蝗是草原性害虫,从未在森林内发生为害的记载,再据司徒尚纪报道^[7],海南在人类没有破坏植被以前,森林类型呈环状分布,沿

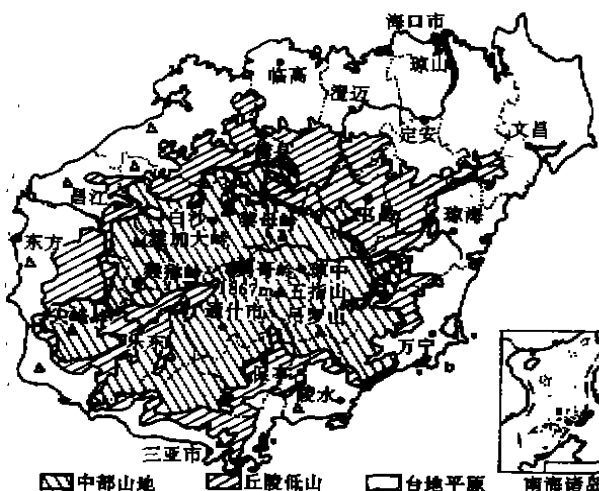


图 1 1987—1992 年东亚飞蝗在海南热带地区发生分布示意图
Fig. 1 The breeding areas distribution of oriental locust from 1987 to 1992 in Hainan

海布满红树林,平原、阶地、台地和低丘为热带季雨林,高丘、山地为热带雨林,800—1600m 山脊为亚热带常绿阔叶林,再上为高山矮林。

西汉后,大陆移民不断移居本岛。据陈铭枢^[10]记载,唐代移民为 7 万人,宋代为 10 万,元代达 17 万,开垦 103460.7hm²;明代洪武 24 年(1391)移民达 47 万,开垦面积 132374hm²;万历 43 年(1615)合计开垦达 255651.6hm²;人口主要集中在北部与东北部,随着人口数量迁入的增加,伐林开垦面积不断加大,则在北部、东北部地区,首先出现稀树草原、灌丛草地的景观,因此历史上在 1403 年,1409 年首次出现了东亚飞蝗在本岛北部的大发生为害的记载。清代前期,由于明末遗民抗清失败,逃到本岛亦为数不少,清乾隆 18 年(1753)发布《勅开垦琼州荒地》命令后,移民大增,至乾隆 39 年(1774)移民达 118 万人,合计开垦 276341.4hm²,而到 1928 年本岛人口的数量达 219.56 万人,全岛人口的分布见图 2。从图中可以看出,本岛 20 世纪 30 年代期间,居民密度与分布主要在岛的北部与东部的海口、琼山、临高、文昌、澄迈、琼东、儋县、于会、万宁一带,而西部与南部的人口相对很少,同样,从该时期的全岛垦殖指数分析(图 3),亦与人口分布相吻合。由于人口不断增加,毁林种田,毁林建设亦必然增加,从而北部与东部由于大面积森林被毁,加之,耕作粗放,在本岛首先出现了稀树草原或灌丛草地。因而东亚飞蝗蝗区的形成,最早亦出现在这里。从 1403—1963 年,在这 560 年间,东亚飞蝗在历史上曾有 9 次大发生。从表 1 知,东亚飞蝗在本岛成灾的地区,亦正是上述地区(见图 4)。

表 1 海南历史上东亚飞蝗蝗灾记录*

Table 1 Historical plague records of oriental locust from 1403 to 1963 in Hainan

年份 Years	县名 County name	发生情况 Locust plague records
1403	临高	六月蝗 八月蝗
1403	琼山	六月蝗 大旱
1409	琼山	八月蝗 大旱
1543	临高	蝗伤稼 大旱
1620	定安	秋,飞蝗满地禾稼一空,阳上草根,均被食尽,各图皆然
1824	定安、琼山、文昌	秋蝗飞蔽天,落地盈寸,所至之野,禾稼一空,(定安、琼山、文昌、万宁等县旱)
1848	定安、琼山	蝗飞蔽天,旱
1955	海口、琼山、文昌、琼东、乐会、万宁、屯昌、定安、陵水	飞蝗大发生,旱
1956	临高、儋县	密度较 1955 年为低,局部严重
1963	文昌	蝗虫大发生,旱

* 庞雄飞(1963),广东省东亚飞蝗发生情况调查

至本世纪 30 年代,据 1928 年统计^[10],本岛人口为 219.56 万人,这时期天然森林主要集中在五指山区,以各大河分水岭为界,形成八大林区,见图 5。其中有(1)昌化江流域林区,地跨昌江、感恩、崖县,总面积约 66666.7hm²; (2)宁远河流域林区,在崖县西北重山峻岭中; (3)陵水河流域林区,跨陵水、崖县、乐东、万宁 4 县,纵横 100—150km,面积约 23333.3hm²; (4)太阳河流域林区,位于万宁县太阳河上游,储量居全岛第二; (5)万泉河流域林区,位于定安、琼东、

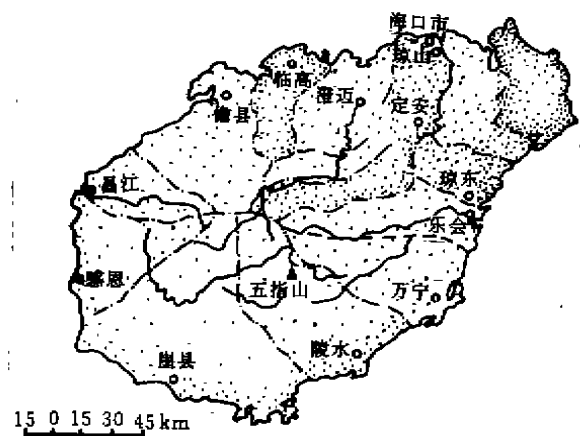


图 2 1928 年海南人口分布(司徒尚纪 1987)

Fig. 2 Population distribution of Hainan island in 1928

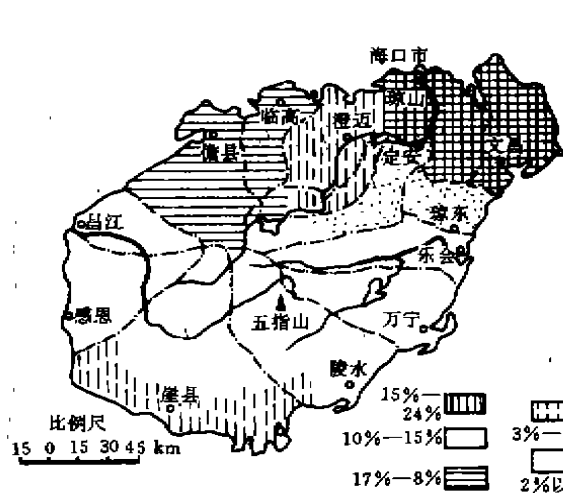


图3 1935年海南岛垦殖指数(司徒尚纪 1987)

Fig. 3 Reclaim wasteland index of Hainan island in 1935

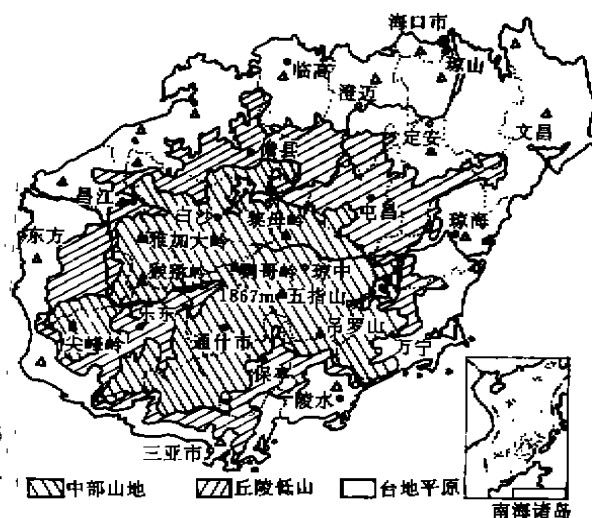


图4 海南岛历史上东亚飞蝗发生分布示意图

Fig. 4 The breeding area distribution of oriental locust of Hainan island in 1403—1963

乐会,面积约 1333.3hm²。其余龙滚河、南渡江、北门江流域林区已被砍伐,所剩无几。由此可见,无论占地面积,还是储量,首推西部、南部林区,而采伐集中在北部、东部林区,这与当地人口密度、运输条件有关。

至 1949 年全岛森林之分布,据陈植^[11,12]记载,集中在 12 个地带:(1)昌江县峨沟岭;(2)感恩县峨近溪;(3)崖县中部地方;(4)崖县西部地方;(5)崖县东部地方;(6)黄流附近之抢江;(7)陵水溪上游溪河附近;(8)陵水、万宁两县地方及万宁县之大平峒;(9)牛岑地方;(10)万泉河上游地方;(11)南渡江;(12)北门江流域地方。其中以前 8 个地带为主。而该地带森林主要集中在岛的西部、南部地区。即现在的东方、乐东、昌江、三亚、陵水等县市一带。因此东亚飞蝗在海南岛的大发生,直到 1963 年,其发生地区均在岛的北部与东部,而西部与南部未见可靠的大发生记载资料(图 4)。

解放后随着开发建设的需要,本岛人口分布极不均匀的状况有所改变,随着国内多次有组织地向本岛移民,岛内人口呈指数上升,如 1958 年达 302.79 万,1969 年达 408.21 万,1976 年 505.15 万,1986 年达 605.63 万人,随着人口的增加,天然森林覆盖率迅速下降。1943 年全岛有天然林 169.2×10⁴hm²,森林覆盖率 49.9%;1950 年减少到 120×10⁴hm² 占全岛面积的 35.3%;到 1986 年减少到 29.8×10⁴hm²,天然林仅占全岛面积的 8.78%;从 1950—1986 年的 37 年中,天然林面积竟减少了 90×10⁴hm²,占 1950 年天然林总量的 75.2%^[13]。这样,就使本岛西部与南部地区原为茂密森林覆盖区。由于林业上的不合理采伐,农业上的刀耕火种,畜牧业上的烧火放牧捕猎,逐渐变为次生植被,这就造成了森林植被日益减少,而稀树灌丛、草地逐渐增多。从而由多层次结构的原始森林植被,而演替为层次简单,种群单一的农业生态系统与草原生态系统。由于本岛的西、南部地区气候干旱,土壤瘠薄,蒸发量大是其主要的特征,随着

森林的过度采伐,就失去了过去的“绿色水库”的调节作用,因而出现了地形雨减少,水土流失加重,加之,耕作粗放,大面积土地形成一季撩荒地,这就使过去良好的自然环境逐步变成干旱的热带沙漠化的地区,不仅风沙滚滚,杂草丛生,形成了热带稀树草原生态景观,并且成为我国东亚飞蝗的另一类型的发生基地,从而亦成为我国东亚飞蝗的新的另一类型的蝗区——热带稀树草原蝗区。这就是本类型蝗区形成的原因(图 1)。

由于本蝗区的形成,致使 1987 年在本岛的西部与南部出现了东亚飞蝗的猖獗为害,并且 7 年来一直延续发生与为害。造成很大的经济损失。由上所述,可以看出,本岛东亚飞蝗蝗区的形成原因,是与岛上原始森林的破坏,使原来森林植被演变为次生的稀树草原植被有密切关系。这与由水(包括湖水、海水、河水、雨水)作用而形成的大陆的各类型蝗区(如滨湖蝗区、滨海蝗区、河泛蝗区、内涝蝗区)在蝗区成因方面有本质的区别。由于蝗区形成原因的不同,其蝗区的结构特征与生态控制对策亦有不同。因此海南热带稀树草原蝗区是我国东亚飞蝗新的另一大类型蝗区,而这类蝗区在我国尚无记载。

同样,从东亚飞蝗在本岛历史上蝗区的分布(如图 4),结合当前蝗区的分布(如图 1),可以看出,本岛适于东亚飞蝗猖獗发生的蝗区分布区,系在以台地、阶地、平原为中心的热作、粮作生态景观带(如图 6)。

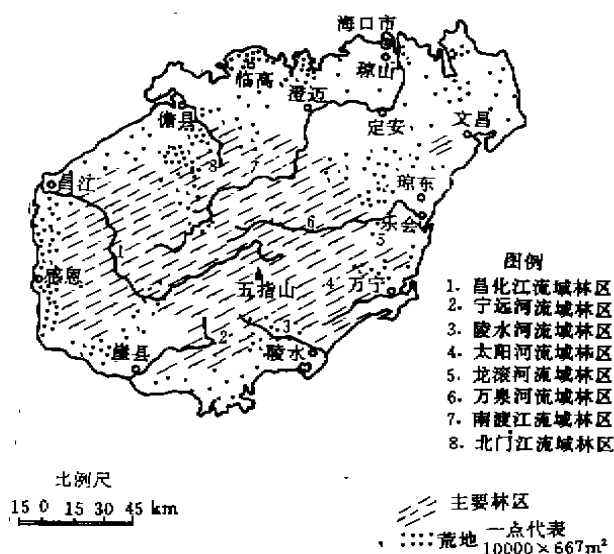


图 5 本世纪 30 年代海南岛森林荒地分布图
(司徒尚纪 1987)

Fig. 5 The distribution areas of forest and wasteland during the 1930 in island Hainan

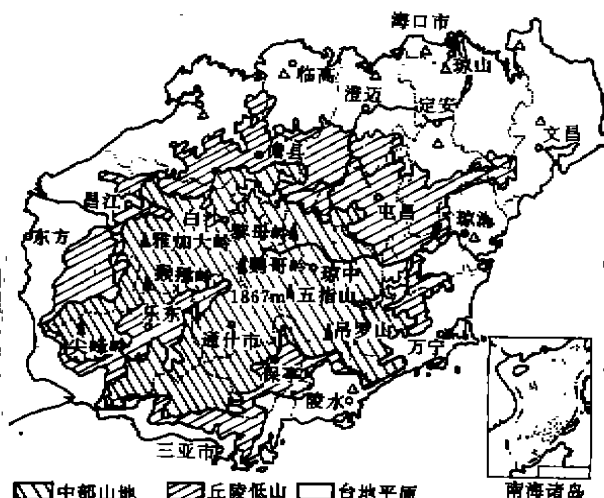


图 6 海南岛热带蝗区东亚飞蝗分布图(阶地、平原中的△表示东亚飞蝗发生区)

Fig. 6 The breeding areas distribution of oriental locust in Hainan island

4 森林植被恢复与东亚飞蝗为害的关系

根据李养国^[14]记载,本岛北部、东部地区,从 1960 年开始进行了大面积人工造林,(包括沿海防风林、人工热作林、农田防护林),由于该地区降水量丰沛,蒸发量小,植树成活率高,在较短时间内取得了较好的效果。如文昌县全县森林面积达 92466.7hm²,森林覆盖率达

40.5%,万宁县森林覆盖率 40.6%,琼海县森林覆盖率 53%,琼山县森林覆盖率 46.3%,屯昌县森林覆盖率 43%,基本上恢复了森林植被类型。

随着森林面积的增加,植被类型的改变,结合改善农田水利条件,扩大灌溉面积,增加农作物复种指数(如水稻实现一季稻改双季稻),提高耕作技术,消灭一季撩荒地,致使蝗区生态结构改变,昔日适于东亚飞蝗发生的条件,逐渐又由森林与其它不适于飞蝗发生的植被所代替,从而东亚飞蝗发生基地发生改变,使东亚飞蝗亦由优势种,逐渐成为分布种,并且在 1987—1993 年东亚飞蝗在本岛西部与南部发生大面积为害时,而在本地区从未出现群居型飞蝗(图 7)。

5 海南热带稀树草原蝗区的特征及其作用因素的分析

5.1 影响蝗区作用因素的影响指数分析

影响指数(Vester *et al* 1980)是用来分析系统内外的变量对系统行为的作用形式的一个指标,亦可了解各变量对系统的作用关系。这对确定系统结构的形成与系统的控制对策有重要的意义。在进行影响指数分析时,通常根据变量对系统的作用形式,将作用于系统的因素分为 4 类:即关键因素、主动因素、惰性因素、被动因素。

关键因素 既受系统变化的影响,亦主动影响整个系统;

惰性因素 对系统结构的变化反应迟缓,对其他组分的变动具有缓冲的作用;

主动因素 系统变化时对它影响较少,但它本身对整个系统影响很大;

被动因素 只受其它因素的影响,本身没有对系统产生较强的直接影响。

计算影响指数的方法,是通过多方面的调查,确定各个变量的相互影响强度,然后再计算其中的 Q 、 P 两指数值。 Q 指数最大者为主动因素,最小者为被动因素, $Q = A_s / P_s$ 。 P 指数量大者为关键因素,最小者为惰性因素 $P = A_s \times P_s$ 。

今以影响东亚飞蝗蝗区的 9 个因素,进行影响指数分析,它们是 A_1 森林破坏面积、 A_2 干旱指数、 A_3 一季撩荒面积、 A_4 灌溉面积、 A_5 寄主植物分布、 A_6 天敌指数、 A_7 飞蝗越冬虫口基数、 A_8 化学农药防治面积、 A_9 飞蝗发生数量。其结果见表 2。从表中计算结果可知, Q 值最大者与次大者分别为 A_1 、 A_2 ,最小者为 A_5 。这样即指出影响蝗区的主动因素,首先是本岛森林破坏面积,次为干旱指数。这说明如果没有大面积森林破坏,根本不存在蝗区。当蝗区出现后,影响蝗区内蝗虫发生数量的因素是干旱指数。而这两个因素只能对蝗区产生影响。相反,蝗区本身对它们的影响则极小。同样指出,影响蝗区的关键因素首先是灌溉面积的大小 A_4 、其次为一季撩荒地面积的大小 A_3 ,如果蝗区内水利条件好,灌溉面积大,则旱作地减少,水稻进行连作(即由一季稻改为双季稻),这样植被覆盖度增高,撩荒地面积减少,不利于东亚飞蝗生存与繁殖的生态条件增加,即可达到部分生态控制的目的。同样,蝗区一季撩荒地面积的存在与大小,直接关系到东亚飞蝗发生基地的形成与大小。同时亦可看出,上述这两个关键因素,既对蝗区的改造产生直接的作用,它们亦密切显著地受蝗区本身系统的影响。而被动因素为蝗虫发生数量 A_9 。惰性因素为寄主植物的分布 A_5 。

根据上述分析结果,不仅明确了影响本蝗区的关键因素与主动因素,并对本蝗区的改造与东亚飞蝗发生为害的生态控制对策,提供了理论依据。而且亦进一步验证了本蝗区的形成原因,并科学地说明了海南蝗区应为“热带稀树草原蝗区”。是我国东亚飞蝗蝗区的另一类型,它与内陆蝗区的成因有本质的不同。

5.2 东亚飞蝗热带稀树草原蝗区的特征

5.2.1 本蝗区的形成是与本岛大面积森林的连续破坏,而形成次生的稀树草原植被有直接的关系。而不是像大陆蝗区那样,由于水的因素,造成大沙河三角洲河漫滩,从而形成的蝗区。

5.2.2 本蝗区内包括有两种次生结构,即河泛型与内涝型,该次生结构的形成与水因素有关。但它的作用必须在稀树草原地理景观条件下,才能起到蝗区的作用,因而它的作用是从属的,但由于它的存在,可以调节每年东亚飞蝗发生的不同地带,而不像这两种类型在大陆的蝗区中那样,是独立的初始结构,从而起到独立的作用。

表 2 蝗区作用因素的影响指数分析矩阵

Table 2 Influence index matrix of the effecting factors of locust breeding area in Hainan

Effecting factor	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	Q 值	
森林破坏面积	A_1	Δ	2	2	2	1	1	2	2	2	14	4.67
干旱指数	A_2	1	Δ	2	2	1	1	2	1	2	12	3.00
一季撩荒面积	A_3	0	0	Δ	2	1	1	2	1	2	9	1.29
灌溉面积	A_4	1	2	2	Δ	1	1	1	1	2	11	1.57
寄主植物分布	A_5	1	0	1	0	Δ	1	1	0	1	5	0.71
天敌指数	A_6	0	0	0	0	1	Δ	2	1	2	6	0.67
越冬虫口基数	A_7	0	0	0	0	0	1	Δ	1	2	4	0.36
化学防治面积	A_8	0	0	0	0	1	2	1	Δ	2	6	0.75
蝗虫数量	A_9	0	0	0	1	1	1	0	1	Δ	4	0.28
P_3	3	4	7	7	7	9	11	8	15			
P	42	48	63	77	35	54	44	48	60			

$Q_1 = A_1$ $Q_2 = A_2$ $P_1 = A_1$ $P_2 = A_2$ 即

$Q_3 = A_3$ $P_3 = A_3$

5.2.3 本蝗区的地理位置均分布临海的平原、阶地、台地、有一定的倾斜比降,但与大陆的滨海蝗区有本质的不同,在本蝗区内东亚飞蝗的分布与发生数量不受海水盐碱成分高低的影响,因此本蝗区实质上不是大陆的滨海蝗区。

5.2.4 本蝗区确切的名称,根据影响指数分析结果,应为“热带稀树撩荒草原蝗区”,这是形成本蝗区必须具备的基本结构成分,缺一不能构成蝗区。

5.2.5 东亚飞蝗在本蝗区发生的特点,是飞蝗与土蝗混合发生,而不像大陆蝗区分为飞蝗发生基地、飞蝗与土蝗混合发生区等以及土蝗发生区等,3个明显的分布带。同时,在“发生基地”、“一般发生地”、“临时发生地”之间的关系,亦没有大陆蝗区那样明显。

5.2.6 本蝗区由于生产建设等原因,森林的砍伐与营造,总是处于不断变化之中,因此本蝗区的地理位置、面积,亦总是处在不稳定状态,而不像大沙河三角洲蝗区那样,地理位置、面积相对稳定。

5.2.7 本蝗区的根除对策,由于本蝗区的形成与森林破坏有关,因此其改造蝗区的关键对策,首先包括蝗区的绿化,对森林植被的恢复,同时亦包括蝗区一系列的水利建设,扩大灌溉面积,科学地进行作物与热带经济林园的布局,以及精耕细作消灭撩荒地,以改变稀树草原植被景观。这与大陆各类蝗区以治水为主的根除对策比较,显然有本质的区别,并且本蝗区的根除对策中涉及的因素亦较大陆蝗区复杂得多(图 7)。

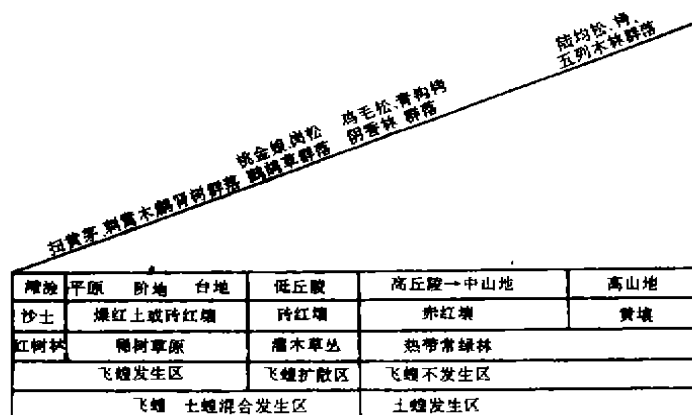


图 7 海南西、南部蝗区成分结构示意图

Fig. 7 Composition structure on the western locust breeding area of Hainan

参 考 文 献

- 1 马世骏. 东亚飞蝗发生地的形成与改造. 中国农业科学, 1960, 4: 18—22
- 2 马世骏. 东亚飞蝗蝗区的结构与转化. 昆虫学报, 1962, 11(1): 17—30
- 3 马世骏等. 中国东亚飞蝗蝗区的研究. 北京: 科学出版社, 1963, 1—31
- 4 邱式邦等. 蝗虫的分布消长和活动与植被关系的研究. 植物保护学报, 1962, 1(2): 39—45
- 5 Uvarov B P. The oriental migratory locus (*Locusta migratoria manilensis*). *Bull. ent. Res.* 1936, 27: 91—104
- 6 吴征镒. 中国植被(海南植被). 北京: 科学出版社, 1983
- 7 侯学煜. 中国植被地理及优势植物化学成分. 北京: 科学出版社, 1982
- 8 唐永奎. 海南岛的景观. 新知识出版社, 1958
- 9 司徒尚纪. 海南岛历史上土地开发研究. 海口: 海南人民出版社, 1987
- 10 陈铭枢. 海南岛志. 神州国光社, 1933
- 11 陈 植. 海南岛资源之开发. 正中书局, 1948
- 12 陈 植. 海南岛新志. 商务印书馆, 1949
- 13 许士杰. 海南省自然、历史、现状与未来. 商务印书馆, 1988
- 14 李养国. 海南县情辑要. 海口: 海南出版社, 1992

**STUDIES ON THE TROPICAL SAVANNAH LOCUST BREEDING AREA IN
HAINAN, A NEW ORIENTAL MIGRATORY LOCUST (*LOCUSTA
MIGRATORIA MANILENSIS* WEYEN) BREEDING AREA IN CHINA**

Ding Yanqin

(*Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing, 100080*)

By studying the field population dynamics of oriental migratory locust in the Hainan island, taking a reference to the recorded data on the occurrence and harms of this species in recent 500 years in the island, and analyzing the ecological geography evolutionary characteristics of locust occurring areas in the island in recent 100 years, a conclusion was drawn that the oriental migratory locust breeding area in Hainan belongs to "the tropical Savannah locust breeding area". The formation of the locust breeding area has been resulted from unreasonably clearing forest for enlarging farmlands and converting a large area of primary forest into the biotype of secondary tropical Savannah. It is completely different from the continental temperate locust breeding area formed in the delta of river in the causes of formation, structure characteristics and management strategies etc., so that it is considered as a new breeding area of oriental migratory locust in China. Through a statistical analysis, not only the active factors (i. e., destroyed forest areas and drought index) and key factors (i. e., irrigated area and wasteland area) to the locust area are clarified, but also the management strategies to control the locust area are suggested.

Key words: *locusta migratoria manilensis* (Weyen), Savannah, locust breeding area, Hainan island.