

草原沙化与恢复中昆虫群落组成、营养结构及多样性变化研究

贺达汉¹, 长有德¹, 田 真¹, 杨云飞¹, 杨顺堂¹, 柳永玺¹, 李玉平², 马世瑜³

(1. 宁夏农学院农学系, 宁夏永宁 750105; 2. 沙坡头固沙林场, 宁夏中卫 751700, China; 3. 宁夏盐池县农技推广中心, 宁夏盐池 751600)

摘要: 为了探讨草原沙化和人工固沙区植被恢复演替过程中昆虫群落组成、营养结构、多样性及稳定性的变化, 在宁夏沙坡头自然保护区, 利用随机和定点抽样法对上述二过程中不同地段的昆虫进行了调查。结果表明, 随着沙化程度的增加和人工固沙区植被演替时间的延长, 昆虫群落组成的复杂化和多样性呈现为负向和正向增加的变化趋势, 但表现在群落组成结构、演替时间与方向上并不完全一致。随着沙化程度的加重, 群落中天敌昆虫比率明显下降。在两个演替过程中, 昆虫群落稳定性表现出下降趋势, 但群落优势种的组成和不稳定机制明显不同。

关键词: 草原沙化; 人工固沙; 昆虫群落组成; 营养结构; 多样性与稳定性

Dynamics in composition, trophic structure and diversity of an insect community during the processes of succession and restoration

HE Da-Han¹, CHANG You-De¹, TIAN Zhen¹, YANG Yun-Fei¹, YANG Shun-Tang¹, LIU Yong-Xi¹, LI Yu-Ping², MA Shi-Yu³ (1. Department of Agronomy, Ningxia, Ningxia Agricultural College, Yongning 750105, China; 2. Ningxia, Forestry Farm of Sandfixation, Shapotou, Zhongwei County 751700, China; 3. Ningxia, Agrotechnique Popularization Center of Yanchi County, 751600, China)

Abstract: In order to explore the dynamics of insect communities in the two successional series of steppe desertification and artificial sand-fixed vegetation recovery, the composition, trophic structure, diversity and stability of insect communities were studied in four respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation in the Shapotou Natural Reserve, Ningxia, China. It was indicated that the complexity and diversity of insect community composition and the percentage of enemy insects tended to decrease with the aggravation of desertification and increase with the prolongation of artificial vegetation. However, these findings were not completely consistent with respect to the composition, successional period and stages of insect community. The stability of the insect communities tended to decrease in the two processes, but the composition of the dominant species and the stabilizing mechanism of insect communities were significantly different.

Key words: steppe desertification; artificial sand-fixed; community composition of insect; trophic structure; diversity and stability

文章编号: 1000-0933(2001)01-00117-09 中图分类号: Q968.1 文献标识码: A

草原沙化是全球环境恶化的重要因素之一。防止土地沙化, 恢复与重建草原生态系统已成为当今世

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39560018)

本文中植物标本由宁夏农学院草业研究所郭思加教授、王宁教授鉴定种名; 昆虫标本中直翅目为郑哲民教授鉴定; 鞘翅目由于有志教授、任国栋教授鉴定; 其余标本由田畴教授、高兆宁研究员、刘辛斐高级农艺师及第一作者鉴定; 蜘蛛标本由贾立德高级农艺师鉴定。

收稿日期: 1998-09-22; 修订日期: 1999-10-09

作者简介: 贺达汉 (1964—), 男, 陕西兰田县人, 博士, 教授。主要从事昆虫学和生态学教学与研究。

界普遍关注的问题^[1]。对于草原沙化以及沙化土地植被的人工恢复与重建过程中,昆虫群落组成、营养结构及其多样性变化研究不多。

宁夏沙坡头自然保护区位于腾格里大沙漠东南缘。这里从 1956 年开始植树种草进行人工固沙防护体系建设,至今已经历了人工植被→人工-天然植被→天然植被的草地恢复过程,动植物种类不断增加,群落特征演替明显^[2-3]。保护区西端和南面是宁夏香山干草原与腾格里大沙漠过渡地带,受沙漠不断侵蚀的影响,动植物群落呈现为草原型向沙漠型的演替过程^[4,5]。从 1985 年起,先后有不少学者对保护区及毗邻地区的昆虫区系及群落演替^[6-8]进行了调查与研究。作者于 1990~1992 年和 1995~1997 年先后对本地区草地沙化与人工固沙区植被的双向演替过程中昆虫群落组成、营养结构及多样性、稳定性的变化进行了调查研究。

1 研究样地与方法

草原沙化区调查,在保护区内长流水、红卫、甘塘等草地进行。根据沙化程度及植被生长状况分 4 地段:Ⅰ流沙区(MS, Mobile sand),为流动沙丘地带,植被有沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、蒙古虫实(*Corispermum mongolicum*)、籽蒿(*Artemisia sphaerocephala*)、阿拉善沙芥(*Pugionium calcaratum*),盖度 x (MS)=1%~2%。Ⅱ半流动沙地(SMS, Semi-mobile sand),为山前洪积扇覆沙地,有起伏小沙丘,植被有油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Caragana korshinskii*)、白草(*Pennisetum centrasiaticum*)、茵陈蒿(*Artemisia scoparia*)、小画眉草(*Eragrostis poaeoides*)、雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)等,盖度 x (SMS)=25%~30%。Ⅲ固定沙地(FS, Fixed sand),为山前洪积扇覆沙地,植被以茵陈蒿、短花针茅(*Stipa breviflora*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)为主,伴生有驼绒藜(*Ceratoides latens*)、砾苔草(*Carex stenophylloides*)等,盖度 x (FS)=35%~40%。Ⅳ荒漠草原(DS, Desert steppe),为山前洪积扇地,主要植被为红砂、珍珠(*Salsola passerina*)、伴生种有茵陈蒿、蛛丝盐生草(*Halogeton arachnoideus*)、短花针茅、砾苔草、无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)、小车前(*Plantago minuta*)等。盖度 x (DS)=30%~40%。人工固沙区调查在植物园、长流水和红卫铁路两侧进行。按人工栽培植被或封育时间和沙漠结皮状况划分:Ⅰ区(Reg. 1),封育或栽培植物 1~3a,地面为松脆薄片结皮,灰白色, $\delta < 4\text{mm}$ 。栽培植物有籽蒿、油蒿、花棒、柠条等。草本植物有沙米、绵刺(*Potania mongolica*)、百花蒿(*Stilpnolepis centiflora*)、沙芥等。Ⅱ区(Reg. 2),封育或栽培植物 4~10a。地面为较紧密硬壳结皮,夹有残落植物,表面有点状黑斑, $\delta \approx 4 \sim 8\text{mm}$ 。1 年生草本植物有所滋生。Ⅲ区(Reg. 3),封育或植被演替 11a 以上。地面为紧密片状结皮, $\delta > 8\text{mm}$,呈灰黑色。栽培植物有籽蒿和沙拐枣,草本植物中臭蒿退化,群落中出现雾冰藜、蒙古虫实、绳虫实(*C. diclinatum*),及小画眉等禾本科牧草和绿色藻类。地表有厚的生物结皮,湿润年份为稠密的绿色背景。沙地农林改良区(RAF),经提黄河水灌溉,人工栽种农作物和乔灌木,已形成较完善的农田和林地系统。

根据沙地昆虫活动特点,调查于每年 5~10 月进行,每月 2 次。方法:网捕,每样地每次 800 单网;取样器^[9],每样地 50 样;挖土,每样地随机取样 3 点,样点 A=1m×1m×0.2m,每月 1 次。标本带回室内,鉴定到种。少数种类鉴定到科,但按不同种类分类编号,统计分析。

昆虫群落多样性指标^[6]为 Pielou 指数, $H'(SGF) = H'(S) + H'(G) + H'(F)$;各级多样性指数为 Shannon-Weaver 公式, $H' = - \sum p_i \ln p_i$ 。群落均匀性为 Pielou^[8]指数, $J = H' / \ln S$ 。为了便于比较,分别采用高宝嘉等^[10]提出的种类数与个体数之比(S_s/P_i)和天敌种数与植食昆虫种数之比(S_a/S_p)对群落相对稳定性进行了比较与分析。

2 结果与分析

2.1 昆虫群落组成和结构的变化

调查共得昆虫 12 目 87 科 225 种,蜘蛛 4 科 11 种(尚未完全鉴定),约 1.34 万号标本。

图 1 可以看出,随着沙化程度的加重,昆虫科类趋于减少,从荒漠草原到流沙区种类下降率达 43.04%;与此相对应,随着人工固沙区植被的演替,昆虫种类趋于增多。在种群数量变化上,种群数量高峰地段为固沙区。对 8 个地段出现的种类和种群数量进行主成分排序分析(图 2),昆虫群落可划分为 4 个类群:①典型沙漠类群,包括流沙区和人工固沙Ⅰ区,其代表昆虫为蒙古

高 鳖 甲 (*Hypsosoma mongolica*)、姬小胸鳖甲 (*Microdera elegans*)、沙蒿大粒象 (*Adosomus* sp.)、球胸绿象 (*Piazomias* sp.)、黑条筒喙象 (*Lixus nigrolineatus*)、舌喙象 (*Diglossotrox* sp.)、及中华蚁蛉 (*Euroleon sinicus*)等。这和埃及西部沙漠^[11]、美国北部沙漠^[12,13]等昆虫类群的特征相似。②沙漠过渡类群,包括固定沙区和半固定沙区和人工固沙Ⅱ、Ⅲ区。从图中位置来看,其前二者、后二者分别更靠近。固定、半固定沙区代表种为细短蝗 (*Leptopternis gracilis*)、萝摩叶甲 (*Chrysoschus cyelostoma*)、萝摩黄蚜 (*Aphis asclepiadis*)、沙蒿木 蠹 蛾 (*Holcocerus artemisiae*)、红长 蝽 (*Lygaeus equestris*)、横纹菜 蝽 (*Eurydema gebleri*)、爱仿夜蛾 (*Apopestes spectrun*)、橙灰蝶 (*Thersamonia dispar*)、甘草萤叶甲 (*Diorhabda tarsalis*)、圆角蝉 (*Gargara genistae*)等。它们的出现与调查区内沙生植物的分布直接相关。人工固沙Ⅱ、Ⅲ区代表昆虫主要与该区内的栽培植物和地面土壤结皮情况有关。与人工植物直接相关的有:花棒毒蛾 (*Orgyia ericae ieechi*)、花棒锯斑螟 (*Pristophorodes florella*)、旱柳原野螟 (*Proteuclasta stotzneri*)、沙蒿金叶甲 (*Chrysolina aeruginosa*)、柠条豆象 (*Kytorhinus immixtus*)、柠条灰蝶 (*Zizeeria* sp.)、白星花潜 (*Potosia brevitarsis*)、蒿粒粉蚧 (*Coccura convexa*)、蒙古蚰蝗 (*Eremippus mongolicus*)等;与地表结皮直接有关的有:掘穴蚁 (*Formica cuniculatus*)、达氏琵琶甲 (*Blaps davidea*)、蒙古高鳖甲 (*Hypsasoma mongolica*)、白须鳃金龟 (*Polyphylla alba*)及大云鳃金龟 (*P. Gracilicornis*)等。③荒漠草原类群代表种为:贺兰山疙蝗 (*Pseudotmethis alashanicus*)、裴氏短鼻蝗 (*Filchnerella beicki*)、宽须蚁蝗 (*Myrmeleotettix palpails*)、宁夏东颈蝗 (*Sphingonotus ningsianus*)、黄胫小车蝗 (*Oedaleus infernalis*)、亚洲小车蝗 (*O. decorus asiations*)、短星翅蝗 (*Calliptamus abbreviatus*)、实 蝽 (*Anthemina pusio longiceps*)、蹄斑夜蛾 (*Dichromia sagitta*)、重冬夜蛾 (*Cucullia daplicata*)、甘肃鹿蛾 (*Amata gansuensis*)、十斑吉丁甲 (*Melanophila decastigma*)、泥背漠甲 (*Pterocoma hedini*)、皱纹琵琶甲 (*Blaps rugosa*)、甘肃齿足象甲 (*Deracanthus potanini*)、甜菜象甲 (*Bothynoderes punctivertris*)、针毛收获蚁 (*Messor aciculatus*)、日本弓背蚁 (*Camponotus herculeatus*)等。④农林区类群,其种类具有明显的银川平原农区、防护林带昆虫的特征^[13]。如非洲蝼蛄 (*Gryllotalpao african*)、杨毒蛾 (*Leucoma salicis*)、杨枝天牛 (*Saperda popnlnea*)、杨二尾舟蛾 (*Cerura erminea menciana*)、杨枯叶蛾 (*Gastropacha populifolia*)、华北大黑金龟 (*Holotrichia oblita*)、黑绒金龟 (*Serica orientalis*)、大垫尖翅蝗 (*Epacromius coerulipes*)、疣蝗 (*Trilophidia annulata*)、黄地老虎 (*Euxoa segetum*)、苜蓿夜蛾 (*Heliothis dispacea*)、十斑吉丁虫 (*Melanophila decastigma*)、网锥额野螟 (*Loxostege sticticalis*)、尖锥额野螟 (*Loxostege verticalis*)、杨条斑螟 (*Nephopteryx mikadella*)等。为此,可以得出,在调查区内,尽管草原沙化和人工固沙两个植被交替过程中昆虫群落变化的趋势相反,但反映在恢复过程中昆虫群落组成和结构的正向复杂化与沙化中的负向过程并不完全对应。

图 3 为 8 个地段中各目昆虫占群落总种类数比率 (%) 的变化。可以看出,在沙化过程中,直翅目、

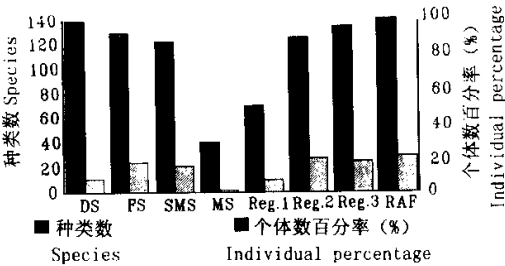


图 1 不同沙化和人工固沙地段昆虫种类和数量比较

Fig. 1 The comparison of the species and numbers of insect in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

万方数据

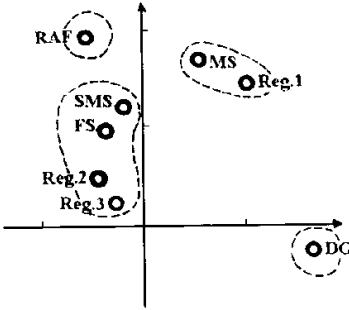


图 2 不同沙化和人工固沙地段昆虫种类和数量的主成分排序图

Fig. 2 PCA ordination of the species and individuals of insect in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

膜翅目在群落中的比率处于下降状态,鞘翅目和半翅目处于上升趋势。在人工固沙封育区,随着封育时间的延长,鳞翅目和双翅目所占比率明显增加。

按昆虫生活栖境将其划分为 4 类群:Ⅰ土栖类群,主要虫态在土中作巢栖息,在土中或地表取食活动。Ⅱ钻蛀性类群,主要虫态在植物茎秆及根际、叶片钻蛀取食为害。Ⅲ植栖性咀嚼式类群,主要为害虫态栖息在植物表面,取食植物叶片及嫩芽嫩茎等。Ⅳ植栖性刺吸式类群,栖息于植物表面、刺吸植物汁液。调查表明(图 4),随着沙化程度的加强,钻蛀性和土栖性昆虫比率明显增高,在植物表面栖息生活的种类明显减少,特别是植栖性咀嚼式类群在沙区几乎无分布。在人工固沙封育区,随着植物演替时间的延长,在植物表面裸露性分布的种类趋于增多。

2.2 草原沙化和人工固沙区不同地段昆虫群落营养结构分析

图 5 得出,在不同沙化和人工固沙地段,由于植被的变化,引起初级营养消费层结构的变化,从而导致二级营养层结构的变化。在优势种上,荒漠草原为荒漠方额螳螂(*Eremiaphila* sp.)、绸纹虎甲(*Cicindela elisae*)、红缘扁胸步甲(*Anatrichis picea*)、一角甲(*Notoxus monoceros*)、戈壁眼斑土蜂(*Scolia* sp.)、黄带黑土蜂(*Scolia fascinata*)、黄斑胡蜂(*Vespa mongolica*)、红腹菱室姬蜂(*Mesochorus* sp.)等。固定半固定沙区为油蒿虫瘿长尾小蜂(*Torymus* sp.)、甲卵啮小蜂(*Tetrastichus* sp.)、黑蛛蜂(*Batozonellus* sp.)、大食虫虻(*Promachus yesonicus*)、金龟长喙寄蝇(*Prosenia siberita*)、德国黄胡蜂(*Vespa germanica*)、叶色草蛉(*Chrysopa phyllochroma*)、斜纹点脉蚁蛉(*Myrmecaelurus* sp.)等。流沙区有中华蚁蛉(*Euroleon sinicus*)、古北黑瘤姬蜂(*Coccygomimus instigator*)、多异瓢虫(*Adonia variegata*)等。人工固沙区为白带长足寄蝇(*Succingulum transvittanm*)、驼腹泥蜂(*Sceliphron deforme*)、斜纹鼓额食蚜蝇(*Lasiotictus selenitica*)、缟食蚜蝇(*Eristalis cerealis*)、宽跗毛跗步甲(*Lachnocrepsisprolixa*)、中华婪步甲(*Harpalus jareceki*)、甘兰夜蛾拟瘦姬蜂(*Netelia ocellaris*)、白毛长腹土蜂(*Campsomeris annulata*)、蚕马蜂(*Polistes gallicus*)、桤姬蜂(*Aspilaspis pallida*)等。农林区有:秋赤蜻(*Sympetrum frequens*)、夏赤蜻(*Sympetrum darwinianum*)、白尾灰蜻(*Orthemtrum albiocinctum*)、黄斑黑翅蜻(*Pantala flavescens*)、华姬蜻(*Nabis sinoferus*)、暗色姬蜻(*N. stenoferus*)、舞毒蛾黑瘤姬蜂(*Coccygomimus disparis*)等。

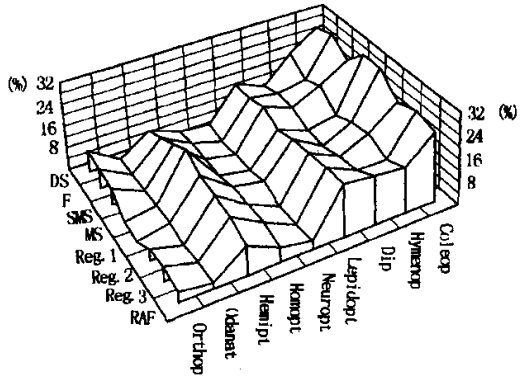


图 3 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落组成(%)变化
Fig. 3 The changes of the insect community composition(%) in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

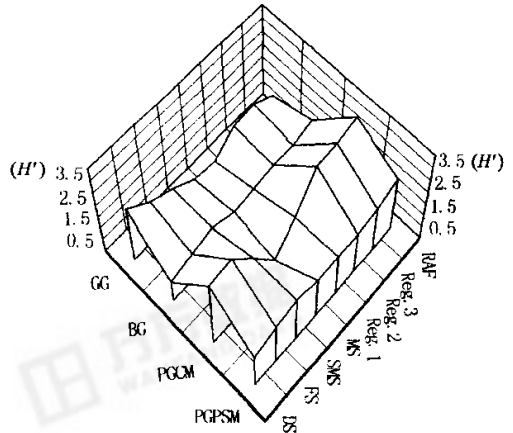


图 4 不同沙化与人工固沙地段昆虫栖息空间的变化
Fig. 4 The habitat changes of the phytophagous insects in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation
GG: 土栖类群 Geophile group; BG: 钻蛀类群 Boring group; PGCM: 植栖性咀嚼式类群 Phytophilus group with chewing type of mouth parts; PGPSM: 植栖性刺吸式类群 Phytophilus group with piercing-sucking type of mouth park.

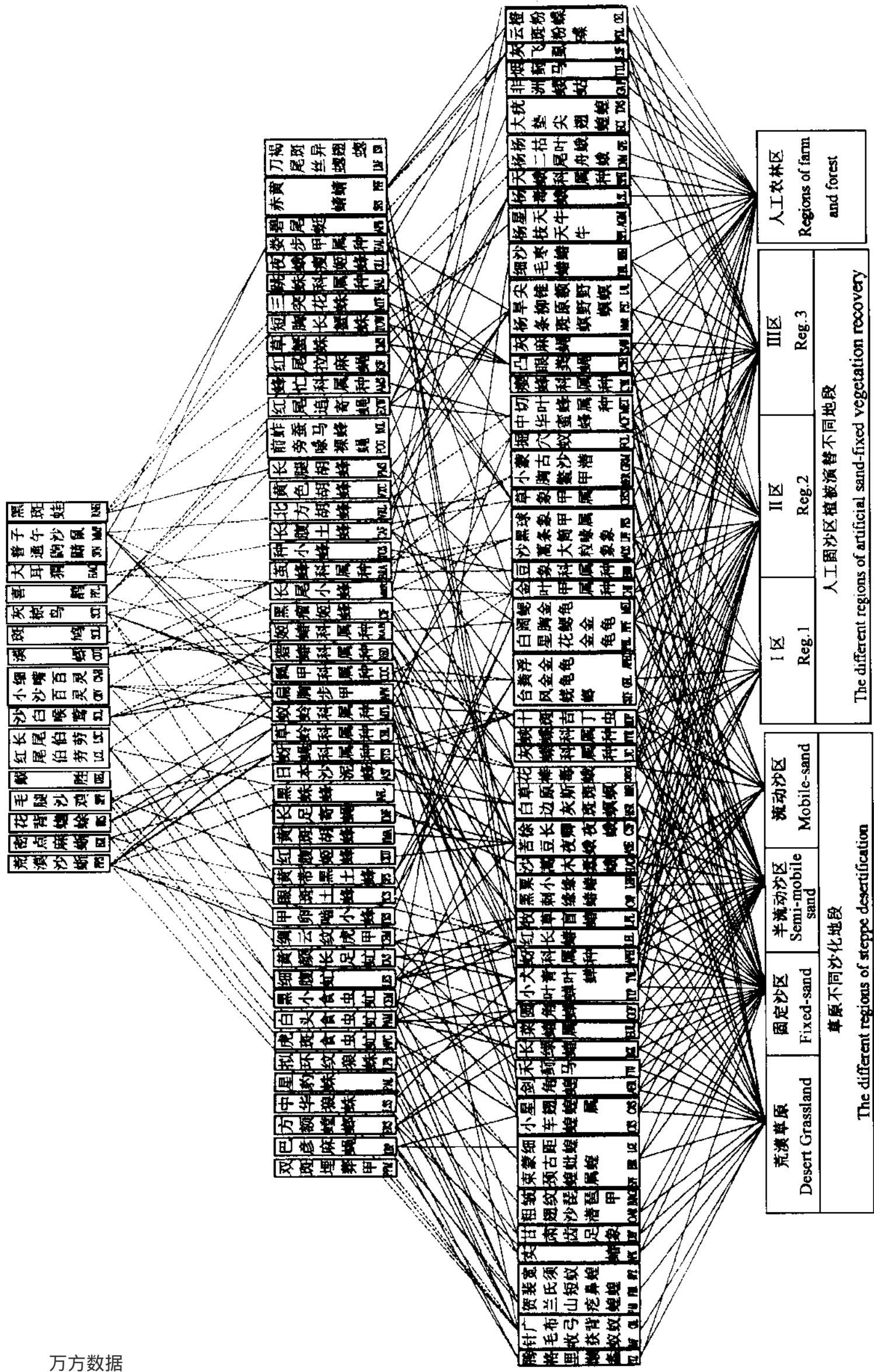


图 5 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落营养结构及食物链关系

Fig. 5 The trophic structure and food cycle of insect community in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

(PPS) *Phrynocephalus przewalskii* Strauch, (EMG) *Eremias multiocellata* Guenther, (BRS) *Bufo raddei* Strauch, (SPP) *Syrhaptus paradoxus* (Pallas), (UEL) *Upupa epops* Linnaeus, (LCL) *Lanius cristatus* Linnaeus, (LSC) *Lanius sphenocercus* Cabanis, (SCL) *Sylvia curruca* Linnaeus, (CRV) *Calandrella rufescens* (Vieillot), (CAH) *Calandrella acutirostris* Hume, (ODT) *Oenanthe deserti* Temminck, (SOL) *Streptopelia orientalis* (Latham), (SCT) *Sturnus cineraceus* Temminck, (PPL) *Pica pica* Linnaeus, (HAG) *Hemiechinus auritus*, (Gmelin), (SVN) *Sorex vulgaris* Nilsson, (MMP) *Meriones meridianus* (Pallas), (RNH) *Rana nigromaculata* Hallowell, (PPM) *Ptomascopus plagiatus* Menetries, (WBP) *Wohlfahrtia balassogloi* (Portsch), (ERS) *Eremiaphila* sp., (LSS) *Lycosa sinensis* Schenkel, (PAL) *Pardosa astrigera* (L. Koch), (LPB) *Lycosa pseudoannulata*, (Bosenherq et Serand), (AVC) *Astochia vigatipes* Coquillett, (PAM) *Philodius albiceps* Meigen, (CNM) *Choerades nigrovittatus* Motsumura, (LES) *Leptogastrinus* sp., (TAS) *Tachytrechus* sp., (CEM) *Cicindela elisae* Motsch., (TES) *Tetrastichus* sp., (SCS) *Scolia* sp., (SFS) *Scolia fascinata* Smith, (CKU) *Ctenichneumon kawamurae* Uchida, (VMA) *Vespa mongolica* (Andre), (TNF) *Thelaira nigripes* Fabricius, (AFL) *Anoplius fusus* Linnaeus, (AST) *Ammophila sabulosa nippenica* Tsuneki, (SYP) *Syrphus* sp., (CHL) *Chrysopa* leach, (MYL) *Myrmecaelurus* L., (APN) *Anatrichus picea* Nietner, (COC) Coccinellidae, (RED) Reduviidae, (NAB) Nabidae (CIF) *Coccygomimus instigator* Fabricius, (MMR) *Monodontomerus minor* Ratz., (BRA) Braconidae, (TOS) *Torymus* sp., (CAF) *Campsomeris annulata* Fab., (VRL) *Vespa rufa rufa* (Linn.), (VPA) *Vespa parallela* Andre, (PMS) *Pdistes mandarinus* Saussure, (POG) *Pararrhynchium ornatum inferens* Giordani, (PGL) *Polistes gallicus* (Linnaeus), (EXW) *Exorista xanthaspis* (Wiedemann), (AMS) *Atylotus miser* (Szilady), (RSF) *Ravinia striata* (Fabricius), (CMS) *Coriarachne melancholice* Simon, (TOW) *Tibellus oblongus* (Walckenaer), (MTF) *Misumenops tricuspidatus* (Fabricius), (SAL) Salticidae, (OLL) *Ophion luteus* (Linn.), (HAL) *Harpalus* Latreille, (APB) *Anax parthenope julius* Brauer, (SFS) *Sympetrum frequens* Selys, (PFF) *Pantala flayescenz* Fabricius, (LBF) *Lestes barbara* Fabricius, (ISF) *Ischnura senegalensis* Rambur, (ZTZ) *Zichya tenggerensis* Zheng, (MAF) *Messor aciculatus* (F. Smith), (CHL) *Camponotus herculeanus* (Linnaeus), (PAB) *Pseudomethis alashanicus* B. — Bienko, (FBR) *Filchnerella beicli* Ramme, (MPZ) *Myrmeleotettix palpalis* (Zub), (APK) *Anthemimia pusio* Kolenati, (DPF) *Deracanthus potanini* Faust, (OAR) *Opatrum asperipenne* Reitter, (BRG) *Blaps rugosa* Gebler, (SPF) *Sphingonotus* Fieber, (EMR) *Eremippua mongolicus* Ramme, (LGE) *Leptopternis gracilis* (E. V.), (OIS) *Oedaleus infernalis* Saussure, (CAS) *Calliptamus* Serville, (ACR) Acrididae, (FTU) *Frankliniella tenuicornis* (Uzel), (BGK) *Brachynema germarii* Kolenati, (EUL) *Eurydema* Laporte, (GGF) *Gargora genistae* (Fabr.), (TYP) Typhocybidae, (TVL) *Tetigella viridis* (L.), (APH) Aphidae, (LEL) *Lygaeus equestris* (L.), (LPL) *Lygus pratensis* L., (CVP) *Centrocoris volxemi* Puton, (LHF) *Liorchysus hyalinus* Fabricius, (HAG) *Holcocerus artemisiae* Ghou et Hua, (ASE) *Apopstes spectrum* Esper, (CSF) *Cichromia sagitta* Fab., (HSR) *Hamoeosoma subcretacella* R., (NMR) *Nephopteryx mikodella* Ragonot, (OEG) *Orgyia ericae* Germar, (LYC) Lycaenidae, (MYM) Mymphalidae, (MDF) *Melanophaila decastigma* Fabr., (STF) *Scarabaeus typhen* Fischer, (GEL) *Geotrupes* Latreille, (APH) Aphodiidae, (PBL) *Potosia brevitarsis* (Lewis), (PPF) *Pentodon patruelis* Frivaldszky, (MEL) Melolonthidae, (CHM) *Chrysolina* Motsch., (BRU) Bruchidae, (ADS) *Adosomus* sp., (LFF) *Lixus fairmairei* Faust, (PIS) *Piazomias Schoenherr*, (CHS) *Chloeibius Schoenherr*, (MER) *Microdera elegans* Reitter, (GRM) *Gonocephalum reticulatum* Motsch., (FCL) *Formica cunicularia* Latreille, (ACF) *Apis cerana* Fabricius, (MET) *Megachile* Treille, (CYS) *Cynips* sp., (CSH) *Chylizosoma sasakawae* Hering, (SAM) *Sarcophaga albiceps* Meigen, (NMR) *Negachile* Treille, (CYS) *Cynips* sp., (CSH) *Chylizosoma sasakawae* Hering, (SAM) *Sarcophaga albiceps* Meigen, (NMR) *Nephopteryx mikodella* Ragonot, (PSC) *Proteuclasta stotzneri* (Caradja), (LVL) *Loxostege verticalis* (L.), (DBL) *Dolycoris baccarum* (L.), (PRH) *Phaphigaster brevispina* Horv., (SPL) *Saperda populnen* (L.), (AGM) *Anoplophora glabripennis* (Motsch.), (LSL) *Leucoma salicis* Linnaeus, (SPH) Sphingidae, (CNM) *Cerura nenciana* Moore, (GPE) *Gastropacha populifolia* Esper, (ECT) *Epacromius coerulipes* (Ivanov), (TAS) *Trilophidia annulata mongolica* Saussure, (GOP) *Gryllotalpa orientalis* Palisot de Beauvois, (TTL) *Thrips tabaci* Lindeman, (LSF) *Laodephax striatellus* (Fallen), (PDL) *Pontia doplidice* Linnaeus, (CEL) *Colias electo* Linnaeus, (HDB) *Holotrichia diomphalia* Bates, (AEF) *Anomala exoeta* Fald.

图 6 是不同地段各营养类型昆虫种类和数量的比率变化。可以看出,随着沙化程度的加重,植食类群种类在群落中所占比率增加,种群个体数亦占 80% 以上;捕食和寄生类群种类比率趋于下降,以寄生类群下降最高(下降率 34%),其它食性种类略呈上升。人工固沙区随植被的演替,捕食性、寄生性以及杂食性的比率均呈上升趋势。即,随着植被的演变,昆虫群落组成趋于复杂化。

2.3 昆虫群落多样性变化

调查表明,在沙化过程中,昆虫群落及各营养类群多样性指数均呈现明显下降趋势(图 7)。从荒漠草原到流沙区,昆虫群落多样性下降 69.1%,其中寄生类群下降 87.5%,捕食性天敌和其它类群,分别下降 73.2%和 87.2%。在人工固沙区,随着植被的演替,群落多样性增加 47.8%,捕食性天敌增加 66.1%,其它类群和植食性分别增加 49.9%和 41.4%,寄生性天敌增加 34.1%。说明沙化过程对寄生性天敌的影响最大,并且在短时间很难恢复。

从不同目多样性变化分析,沙化对直翅目多样性的影响最大,鞘翅目和同翅目相对稳定,在人工固沙区植被演替中,以对昆虫群落多样性在时间分化上的分析(图 9)表明,流沙区昆虫多样性以 6 月为最高,固定、半固定沙区 7~8 月最高,荒漠草原 9 月份为最高。在人工固沙区,随着植被的演替,昆虫多样性以 8~9 月最高。其中Ⅲ、Ⅳ区变化幅度较大,Ⅰ、Ⅱ区变化较小。说明随着封育时间的延长,植被结构的复杂化导致昆虫群落的复杂化,与前面群落组成分析结果一致。从各营养类群多样性的月变化分析,在固沙区,除Ⅰ区外,其它各区随时间的延长,天敌多样性呈现稳定性增加,其中尤以寄生类群增加更为明显,5~9 月平均增加 29.1%。说明植被恢复不仅使昆虫群落中天敌种类更加丰富构成更加复杂,而且在时间变化过程中种类数量亦更均匀,使群落的稳定性增强。

2.4 昆虫群落均匀性和相对稳定性的变化

从表 1 可以看出,从流沙区到荒漠草原,人工固沙Ⅰ区到农林区, S_a/S_p 值趋于增高; S_s/S_i 和均匀性指数则以固定、半固定和人工固沙Ⅱ、Ⅲ、农林区为低,流沙区和固沙Ⅰ区反而较高,其原因可能是后者由于极端环境条件,限制了种群数量的发生。但总的趋势说明沙化引起昆虫群落稳定性降低,植被恢复引起群落稳定性增加。从变化幅度来看,从荒漠草原到流沙区,群落中 S_a/S_p 和均匀性指数下降率分别为 54.4%和 30.3%;在人工固沙区植被恢复中 S_a/S_p 和均匀性指数分别上升 38.6.4%和 32.2%。从两个过程中各阶段多样性指数绝对值比较,虽然经历了较长时间的植被演替,昆虫群落稳定性仍较固定沙区为低。说明在生态系统的恢复过程中,昆虫群落的恢复则是一个漫长的进程。

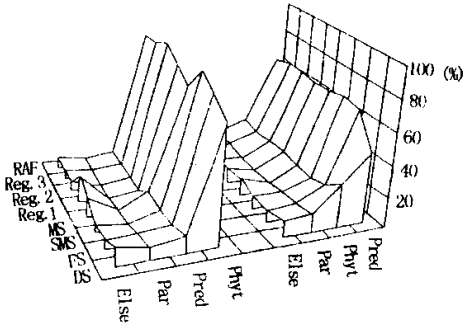


图 6 不同沙化和人工固沙地段昆虫食性类群组成变化
Fig. 6 The changes of the composition of insect group with different food habitant in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

IC: 昆虫群落 Insect community; Phyt.: 植食类群 Phytophagous group; Pred.: 捕食类群 Predatory group; Para.: 寄生类群 Parasitic group; Else: 其它类群 Else group. (下同 The same below)

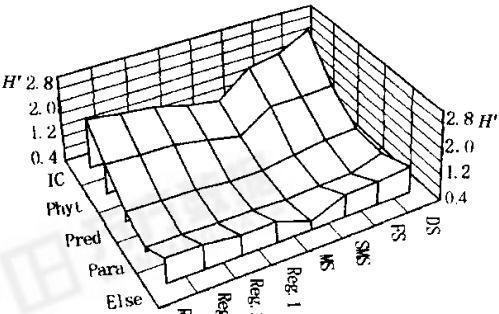


图 7 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落及各食性类群的多样性指数
Fig. 7 The diversity indices of the insect community and its each group with different food habitant in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

表 1 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落均匀性和相对稳定性的变化

Table 1 The relative stability and evenness index of insect community in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

项目 Item	流沙区 Mobile sand	半固定沙区 Semi-mobile sand	固定沙区 Fixed sand	荒漠草原 Steppe desert	I 区 Reg. 1	II 区 Reg. 2	III 区 Reg. 3	农林区 Reg. of farm & forest
相对稳定性指数 S_s/S_i	0.046	0.027	0.029	0.066	0.031	0.018	0.020	0.029
Relative stability index S_a/S_p	0.214	0.281	0.371	0.469	0.202	0.224	0.251	0.280
群落均匀性指数 J	0.336	0.323	0.331	0.482	0.277	0.316	0.322	0.366
Evenness index								

3 结论与讨论

3.1 草原沙化与人工固沙植被恢复过程中昆虫群落复杂性变化是一个正逆的双向过程。沙化使昆虫群落趋于简单化,草地恢复过程使昆虫群落趋于复杂化,但表现在群落组成结构及演替方向上,两个过程并不完全可逆。尽管本文未涉及沙化与人工固沙植被恢复过程直接相关的时间问题,但从草地沙化一般规律分析^[1],沙化对昆虫群落影响往往是一剧烈而快速的过程,人工固沙植被自然演替中昆虫群落的恢复是一漫长过程。沙化对某些昆虫种类影响也许是一个不可逆过程。受沙化影响最大的是直翅目,在恢复过程中反应敏感的为同翅目、半翅目和鳞翅目。

图 8 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落及各目多样性指数

Fig. 8 The diversity indices of each orders in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

图 9 不同沙化和人工固沙地段昆虫群落多样性的月变化

Fig. 9 The monthly changes of the diversity indices of insect community in the respective regions with different stages of desertification and artificial sand-fixed vegetation

3.2 沙化和人工固沙都会引起昆虫群落营养结构层的变化,沙化对寄生性天敌的影响最大。随着人工固沙区植被的演替,天敌昆虫种类增多,群落结构趋势于复杂化。

3.3 沙化引起昆虫群落多样性和相对稳定性降低,植被恢复引起昆虫群落多样性和相对稳定性提高。值得注意的是在沙化过程中群落多样性和相对稳定性指数变化幅度有着明显的差异。在沙化过程中多样性和相对稳定性的降低基本是同步的,其 H 和 S_a/S_p 值变化相对一致。在植被恢复过程中, H 增长幅度明显

高于 S_a/S_p , 反映出沙化对植食性昆虫与天敌的影响作用是同步的, 而植被恢复过程中天敌昆虫的恢复与演替则较植食昆虫明显为慢。人工植被恢复区昆虫群落稳定性的恢复亦是一个相当长的时间过程。从种类来看, 沙化往往造成鞘翅目拟步甲、叶甲、象甲及豆象等种类的暴发, 人工固沙区往往引起的是鳞翅目、同翅目、半翅目及鞘翅目叶甲等种类暴发。

3.4 生态学家们对群落多样性与稳定性关系一直有争论, 主要是缺乏一定的数量指标。本文以高宝嘉等^[10]提出的物种数与个体数之比(S_a/S_i)和天敌类群种数与植食类群种数之比(S_a/S_p)作为群落相对稳定性指标, 虽不能完整而准确地反映群落稳定性的含义和特性, 但前者能反映出种类间数量上的制约作用, 后者则反映出群落内部食物网络关系的复杂程度和相互制约程度。为此, 二个指标从不同方面在一定程度能对群落相对稳定性变化进行刻画与描述。从本文结果分析, 昆虫群落多样性导致相对稳定性提高是群落演替的方向。然而, 二者的关系受群落演替时间、速度、阶段以及环境诸多因子的影响, 并不表现为完全的线性相关, 而是一个复杂多变的过程。

参考文献

[1] 朱震达, 刘 恕. 中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划. 北京: 中国林业出版社, 1981. 1~10.

[2] 兰州沙漠所沙坡头定位站. 包兰铁路沙坡头段固沙原理与措施. 银川: 宁夏人民出版社, 1991.

[3] 张迎梅, 王香亭. 宁夏沙坡头自然保护区鸟类区系与沙漠治理. 兰州大学学报(自然科学版), 1990, 3: 88~98.

[4] 张显理, 孙 平. 宁夏沙坡头陆生脊椎动物演替初探. 宁夏农学院学报, 1992, 13(4): 52~60.

[5] 孙宏义. 沙坡头昆虫区系初步研究. 中国沙漠, 1989, 9(2): 71~81.

[6] 任国栋, 王希蒙. 腾格里东南缘昆虫初步调查. 中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头定位站年报. 兰州: 甘肃科技出版社, 1990. 167~170.

[7] 刘辛斐, 李自珍, 王 权, 等. 沙坡头自然保护区昆虫调查报告. 宁夏农林科技, 1993, 3: 1~4.

[8] 贺达汉, 田 畴, 任国栋, 等. 荒漠草原昆虫群落结构及其演替规律初探. 中国草地, 1988, 11(6): 24~28.

[9] 贺达汉, 郑哲民. 草原沙化对蝗虫群落多样性变化影响的数值分析. 应用与环境生物学报, 1997, 5(1): 6~12.

[10] 高宝嘉, 张执中, 李镇宇. 封山育林对昆虫群落结构及多样性稳定性影响的研究. 生态学报, 1992, 12(1): 1~7.

[11] Jaeger E C. Insects and other Invertebrates. Stanford University Press, 1965. 42~65.

[12] Hegzi E M. Epigtal Fauna, Systems of Mediterranean Desert Ecosystems of Norohra Egypt, Progress report No. 3 Part 1, 1978. 9~21.

[13] Jaeger E C. Desert insects. North American Deserts, Stanford University Press, 1957. 166~180.