

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

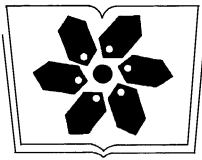
Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 24 期 Vol.31 No.24 **2011**

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 31 卷 第 24 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

柑橘黄龙病株不同部位内生细菌群落结构的多样性·····	刘 波,郑雪芳,孙大光,等 (7325)
小兴安岭红松径向生长对未来气候变化的响应·····	尹 红,王 靖,刘洪滨,等 (7343)
污水地下渗透系统脱氮效果及动力学过程·····	李海波,李英华,孙铁珩,等 (7351)
基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划·····	肖 燧,陈圣宾,张 路,等 (7357)
羌塘地区草食性野生动物的生态服务价值评估——以藏羚羊为例·····	鲁春霞,刘 铭,冯 跃,等 (7370)
湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征·····	许倍慎,周 勇,徐 理,等 (7379)
滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响·····	李宁云,袁 华,田 昆,等 (7388)
基于连接性考虑的湿地生态系统保护多预案分析——以黄淮海地区为例·····	宋晓龙,李晓文,张明祥,等 (7397)
青藏高原高寒草甸生态系统碳增汇潜力·····	韩道瑞,曹广民,郭小伟,等 (7408)
影响黄土高原地物光谱反射率的非均匀因子及反照率参数化研究·····	张 杰,张 强 (7418)
基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价·····	孙才志,杨 磊,胡冬玲 (7428)
厦门市土地利用变化下的生态敏感性·····	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (7441)
我国保护地生态旅游发展现状调查分析·····	钟林生,王 婧 (7450)
黄腹山鹧鸪稳定的配偶关系限制雄性欺骗者·····	褚福印,唐思贤,潘虎君,等 (7458)
食物蛋白含量和限食对雌性东方田鼠生理特性的影响·····	朱俊霞,王 勇,张美文,等 (7464)
具有捕食正效应的捕食-食饵系统·····	祁 君,苏志勇 (7471)
桑科中 4 种桑天牛寄主植物的挥发物成分研究·····	张 琳,WANG Baode,许志春 (7479)
栗山天牛成虫羽化与温湿度的关系·····	杨忠岐,王小艺,王 宝,等 (7486)
人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响·····	李 乐,万冬梅,刘 鹤,等 (7492)
鸭绿江口湿地鸕鹚类停歇地的生物生态研究·····	宋 伦,杨国军,李 爱,等 (7500)
锡林郭勒草原区气温的时空变化特征·····	王海梅,李政海,乌 兰,等 (7511)
UV-B 辐射胁迫对杨桐幼苗生长及光合生理的影响·····	兰春剑,江 洪,黄梅玲,等 (7516)
小麦和玉米叶片光合-蒸腾日变化耦合机理·····	赵风华,王秋凤,王建林,等 (7526)
利用稳定氢氧同位素定量区分白刺水分来源的方法比较·····	巩国丽,陈 辉,段德玉 (7533)
2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响·····	雍石泉,仝 川,庄晨辉,等 (7542)
人参皂苷与生态因子的相关性·····	谢彩香,索风梅,贾光林,等 (7551)
芑对黑麦草根茎几种低分子量有机分泌物的影响·····	谢晓梅,廖 敏,杨 静 (7564)
盐碱地柠条根围土中黑曲霉的分离鉴定及解磷能力测定·····	张丽珍,樊晶晶,牛 伟,等 (7571)
不同近地表土壤水文条件下雨滴打击对黑土坡面养分流失的影响·····	安 娟,郑粉莉,李桂芳,等 (7579)
煤电生产系统的能值分析及新指标体系的构建·····	楼 波,徐 毅,林振冠 (7591)
专论与综述	
东南亚高山森林植被变化对流域产水量的影响·····	张远东,刘世荣,顾峰雪 (7601)
干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展·····	胡广录,赵文智,王 岗 (7609)
利用农业生物多样性持续控制有害生物·····	高 东,何霞红,朱书生 (7617)
研究简报	
洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征·····	刘 刚,沈守云,闫文德,等 (7625)
氯氟菊酯和溴氟菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响·····	黄 林,刘昌利,韦传宝,等 (7632)
学术信息与动态	
SCOPE-ZHONGYU 环境论坛(2011)暨环境科学与可持续发展国际会议成功举办·····	(7639)
《生态学报》3 篇文章入选 2010 年中国百篇最具影响国内学术论文 等·····	(I)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2011-12	



封面图说: 泥炭藓大多生长在多水、寒冷和贫营养的生境,同时有少数的草本、矮小灌木也生长在其中,但优势植物仍然是泥炭藓属植物。泥炭藓植物植株死后逐渐堆积形成泥炭。经过若干年的生长演变,形成了大片的泥炭藓沼泽。这种沼泽地有黑黑的泥炭,绿绿的草甸和亮晶晶的斑块状水面相间相衬,远远看去就像大地铺上了锦绣地毯一样美丽壮观。

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

高东, 何霞红, 朱书生. 利用农业生物多样性持续控制有害生物. 生态学报, 2011, 31(24): 7617-7624.

Gao D, He X H, Zhu S S. Sustainable management on pests by agro-biodiversity. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(24): 7617-7624.

利用农业生物多样性持续控制有害生物

高 东*, 何霞红, 朱书生

(云南农业大学农业生物多样性应用技术国家工程研究中心, 农业生物多样性和控制病虫害教育部重点实验室,
云南省植物病理重点实验室, 昆明 650201)

摘要: 农业生物多样性对保障全球粮食安全和农业可持续发展至关重要。人类在多样性的形成上发挥了关键作用, 人类结合自然进化创造了遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。农业生物多样性发挥了很多社会经济和环境功能: 保障粮食安全; 维持农业生态系统可持续发展; 赋予农村经济适变性。但当前人类毁灭农业生物多样性的速度更为惊人。在总结石油农业单一化种植的生态负效应、传统农业提倡“天人合一”的生态正效应的基础上, 分析讨论了利用农业生物多样性持续控制有害生物的必要性和可行性, 从生态系统多样性、物种多样性和种内遗传多样性 3 个层次, 归纳了构建和恢复农田生物多样性的基本方法。基于病理学、生态学、营养学和生理学等学科领域, 从群体异质效应、稀释效应、微生态效应、诱导抗性效应、物理阻隔效应、生理学效应和化感效应等 7 个方面, 归纳了利用农业生物多样性持续控制有害生物的基础原理。寻求低投入、高效益、多样化和可持续的农业生产系统是当今世界许多科学家、决策者和生产者共同关心的问题。农业生物多样性具有重要的生态作用, 在现代农业框架下, 是合情合理构建持续、稳定、健康、高产的农田生态系统, 持续控制有害生物的金钥匙。为此必须加强四方面的课题研究: 各种作物之间的相生相克关系及其作用机理; 各种有害生物的主要天敌种类、生物学、生态学特性及其适生环境; 利用农业生物多样性全面、持续控制有害生物的农业生产模式; 与其相配套的农艺措施与农业机械。

关键词: 农田生态系统; 生物多样性; 病虫害; 综合防治; 可持续农业

Sustainable management on pests by agro-biodiversity

GAO Dong*, HE Xiaohong, ZHU Shusheng

The National Center for Agricultural Biodiversity, Ministry of Education Key Laboratory of Agricultural Biodiversity for Plant Disease Management, Key Laboratory of Plant Pathology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China

Abstract: Agro-biodiversity is essential for global food production, livelihood security and sustainable agricultural development. Human communities worldwide have played a central role in shaping nature's diversity and its associated functions. Both natural processes and human activities have generated and sustained rich genetic, species and ecosystem diversity. Within agro-systems this agro-biodiversity performs many closely inter-related social, economical and environmental functions. 1) Promoting food and livelihood security. Dynamic and complex rural livelihoods usually rely on diverse plant and animal both in wild and in different stages of domestication. Different types of agro-biodiversity are used by different people at different times and in different places, hence contribute to livelihood strategies in a complex fashion. 2) Maintaining productive and environmental sustainability. In addition to contributing to environmental sustainability, agro-biodiversity helps sustain many production functions both in low input and high input agriculture. Available evidence is summarized for the following functions: soil organic matter decomposition, nutrient cycling, pollination, pest control, yield formation, soil and water conservation, impact on climate and water cycling, biodiversity conservation and influence on landscape structure. 3) Contribution on the resilience of rural economies.

But this agro-biodiversity has been losing at an alarming rate. This paper identifies the dominating reasons for this loss

基金项目: 国家“973”资助项目 (2006CB100200)

收稿日期: 2009-12-15; 修订日期: 2010-02-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gaodong521@yahoo.com.cn

and outlines the basic methods and mechanisms for the construction and restoration of field biodiversity. After the review of the negative effect of simplified agriculture in the fossil oil driven agriculture and the positive effect of "integrating human activity with nature" in traditional agriculture, the necessity and possibility of sustainable management of pests by biodiversity in agriculture is discussed, and the general methods used in construction and restoration of field biodiversity was summarized in ecosystem diversity, species diversity and genetic diversity levels. Based on the knowledge of plant pathology, agricultural ecology, plant nutrition science, plant physiology and other related disciplines, the basic principles for sustainable management on pests by agro-biodiversity was summarized into seven aspects, that is groups heterogeneity effect, dilution effect, field micro-environment effect, induced resistance effect, physical obstacle effect, physiological effect and allelopathic effect. It is well-known that fossil oil driven agriculture meets the needs of present generation by paying heavy cost from our future generations. Traditional agriculture has rich ecological philosophy behind, however it is hard to meet the ever-increasing needs of the society. More and more scientists, decision makers and producers are seeking for sustainable agricultural production systems with low input, high efficiency, and high diversity. Agro-biodiversity can improve important ecological functions. It is a golden key for the stable, healthy, productive and sustainable field ecosystem, and for the sustainable management of pests. For this purpose, we should pay our attention to four aspects: (1) the increase of interrelationship among different crop species; (2) the research on dominant pests and their natural enemies with their biological and ecological characteristics and their favorable environmental factors; (3) the discovery of production systems with comprehensive and sustainable management methods to control pests by using agro-biodiversity; (4) the development of integrated agronomic technology and agricultural machinery to match these agro-biodiversity models.

Key Words: agroecosystem; biodiversity; pests; integrated management; sustainable agriculture

人类的生存与发展依赖于自然界多种多样的生物。生物多样性是地球经过几十亿年进化发展的结果。它不仅为人类提供了粮食、材料、能源等生活、生产基本需求,而且在调节气候、改善环境、消除污染等方面为人类的健康生存提供了不可替代的物质基础^[1]。农业生物多样性是以自然多样性为基础,以人类的生存和发展需求为目的,以生产生活为动力而形成的人与自然相互作用的生物多样性系统,是生物多样性的重要组成部分^[2]。

农业发展基本经历了传统农业、绿色革命、石油农业等几个发展阶段。石油农业为解决人类食物严重不足做出了巨大贡献,但也带来了一系列诸如环境污染、食品安全、生物多样性减少、资源衰竭等影响地球人类可持续发展的严重问题^[3-7]。目前粮食的高产量都是以高能耗换来的。联合国粮农组织的资料表明,石油农业使水稻单产提高4倍,而投入能量却增加了375倍。西德小麦单产从1955年的2.7 t/hm²到1980年的4.7 t/hm²增加了1.74倍,但同期施氮量却从26 kg/hm²增加到了420 kg/hm²共增长16倍;美国的粮食产量翻番,也是以机械能投入增10倍,氮肥施用量增20倍为代价的^[8]。值得注意的是,在传统农业栽培方式中,包含着许多朴素的利用包括生物多样性及其他自然因素控制病虫害,保证农田生态稳定性的思想和方法,这些思想和方法对解决现代农业带来的诸多问题有重要的启示作用。

1 利用农业生物多样性持续控制有害生物的必要性

1.1 石油农业单一种植的生态负效应

在自然界任何一种生态系统中,过度单一的危害性都很大。最典型的例子莫过于18世纪爱尔兰由于单一种植马铃薯而酿成的“爱尔兰大饥荒”^[9]。在漫长的农业生产实践中“单一化”并非作为问题对待,而是作为一项优胜劣汰的农业增产重要措施备受人们的推崇,诸如农业区域化布局、产业带形成、各类基地、农业科技园区以及专业化、集约化、规模化和设施农业等生产方式正大行其道,并已成为传统农业向现代农业转化和产业化发展的重要标志。

在欧美等一些发达国家,目前已形成了玉米带、棉花带、畜牧带等农业带,区域化农业生产格局已经成形,

并正引领世界农业的发展潮流和走向。然而,正当人们满足并陶醉于现代农业的高新技术、先进生产方式和高农业生产力,而漠视“单一化”所致的诸多问题和潜伏的隐患之时,世界农业的危机却已悄然而至:生物多样性和生态平衡横遭破坏;病虫害鼠害频发且逐年加重,化学农药用量直线攀升;农业环境和农产品质量的安全问题凸现;农业可持续发展受到空前严重的威胁和挑战。

农业生态系统持续获得产量取决于作物、土壤、养分、光照、湿度及其他生物间正常的平衡关系,农业生态系统免疫功能失常是导致农业生态系统健康下降的重要原因,如过量施用化肥和农药,土壤有机质含量和土壤生物活性下降,单作,功能多样性下降,遗传的一致性,养分亏缺等诸因素均能引起农业生态系统免疫功能失常,尤以单作生态负效应最突出(图 1)^[4]。

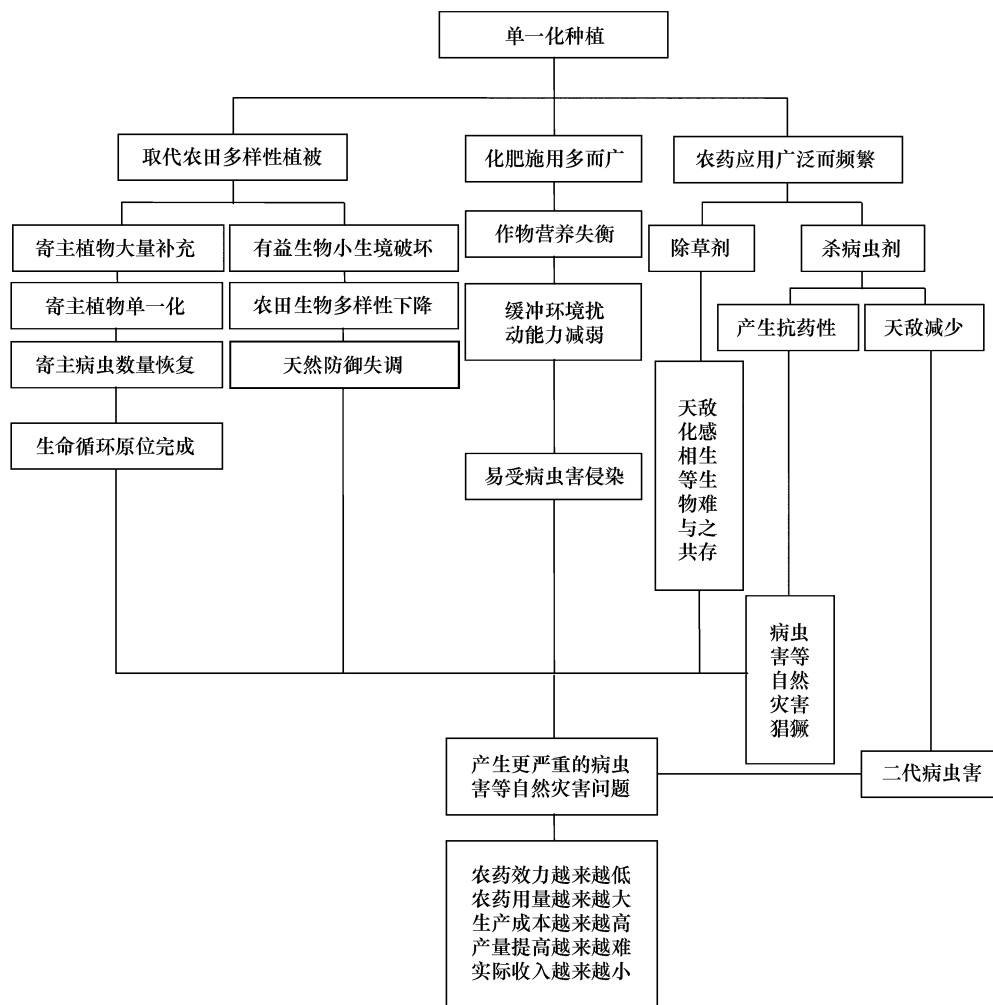


图 1 单一种植的生态负效应^[4]

Fig. 1 The negative ecological effect of monoculture^[4]

1.2 传统农业的生态正效应

传统农业提倡“天人合一”的系统生态观,强调因时、因地、因物制宜的“三宜”耕作原则,也即“合天时、地脉、物性之宜”。这种建立在人类崇拜自然、被动顺应自然基础上的传统农业,虽然隶属于生产力相对稳定而低下的农业范畴,但不乏具有生态合理性的理念和做法。作物间混套作、农林间作、轮作、复种、作物覆盖、稻田养鱼、稻田养鸭等都是人工创造农田小生境多样化,实现农业生态系统持久稳定的典范(图 2)^[3-4,10]。

2 利用农业生物多样性持续控制有害生物的可行性

西方现代化农业的发展不过 100 多年的时间,却已经出现一系列难以克服的致命伤害,如环境污染,水土

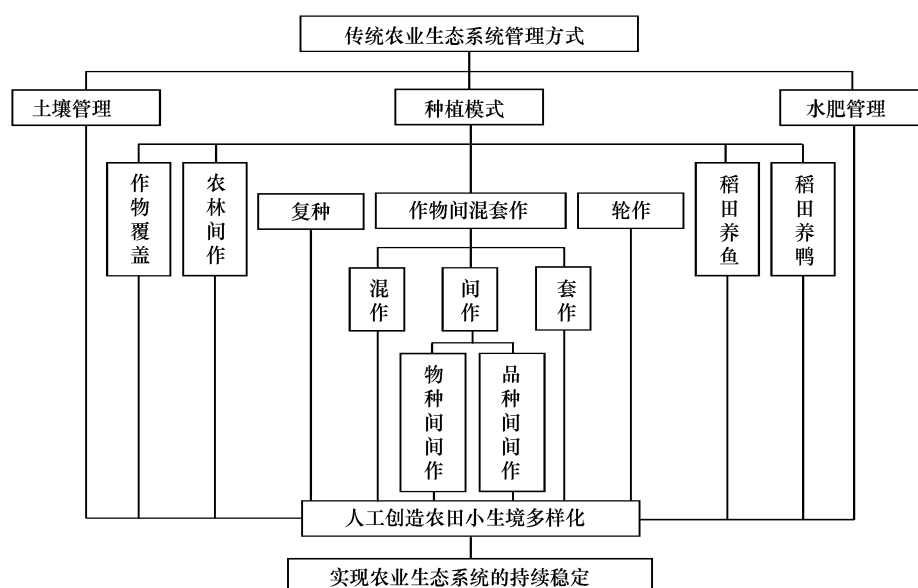


图2 传统农业生态系统管理及其栽培措施的生态正效应^[3-4, 10]

Fig. 2 The positive ecological effect of traditional agroecosystem management and associated cultural practices^[3-4, 10]

流失,生态破坏,动植物品种单一化和种质资源流失等等。增施化肥和农药不仅污染土壤环境和作物,最后富集到人体内,影响人们的健康。基因工程把外源基因引入玉米、大豆、棉花、水稻等作物体内,使其具有抗病虫害和杂草的能力,似乎一劳永逸地解决了农药污染问题,但是无法预见它们在长期大规模推广以后,将会带来哪些负作用? DDT 残留的危害是普遍使用数十年后才发现,停止生产和使用几十年后的今天,问题依然存在。

绵延几千年的传统农业为什么没有这类问题? 在农业现代化不断采用新技术武装农业的过程中,如何进一步发扬传统农业可持续发展的潜力,传统农业的生态理念是值得深思的问题和研究的任务。

纵观地球农业近万年的发展历程,可以认为是依靠生物多样性控制有害生物的过程,用化学农药控制有害生物总共还不到 100 年的时间。即使在当今的地球生态系统中,有害生物也还是以生物多样性的控制占绝对主导地位。以我国为例,在 960 万 km² 国土上,133 万 km² 林地、267 万 km² 草地以及 367 万 km² 未利用土地中的有害生物,极少使用农药去控制;只是在约 131 万 km², 占国土面积 13.7% 的耕地和园地中,主要用农药控制有害生物。即使在耕地和园地中,也还有因各种因素而不用或很少施用农药的^[8]。

生物在长期的进化发展过程中,彼此形成了相生相克和谐统一的关系。在自然生态系统中,构成各因素均处于彼此协调、相互适应状态,保持着相对的稳定和平衡。当系统中某一因素如害虫增加,另外几个抑制它的因素如害虫的多种天敌也随之增加,最后害虫因天敌、天敌因食源限制而减少,使系统达到新的平衡状态。而在当今农业生态系统中,由于大量使用农药,不但针对性地杀死了主要有害生物,更杀伤或杀死了大量无辜的天敌及中性生物,使得次要和具抗性的有害生物大发生时,由于没有相应的天敌去自然抑制,往往就导致其大爆发,逼迫人类使用更高毒力或更大用量的农药去压制,如此进入恶性循环。因此人类只有充分利用各种生物之间相生相克的关系,即利用生物多样性来持续控制农业有害生物,才可能摆脱有害生物越治越多,越多越治,农药用量越来越大或毒力越来越高的被动局面^[11-14]。

3 构建和恢复农田生物多样性的基本方法

农业生态系统中生物多样性主要通过合理的农业生态系统管理和生境多样性建立来实现(图 3)^[4]。通过合理安排目标生物的种类和时空分布,便可获得目标生物的多样性,通过建立多样化的生境和目标生物,多样化的非目标生物便可在农业生态系统中得以繁衍和保护。认识不同类型的非目标生物(如有益生物、有害

生物、中性生物等)在农业生态系统的作用和地位对于保护物种的多样性很重要,如对有益生物,应采取措施促进和保护其多样性;中性生物(对农业生产力的形成无明显影响)常常被人们忽略,对其生态系统功能知之甚少,亦应采取一定的措施加以保护^[4]。

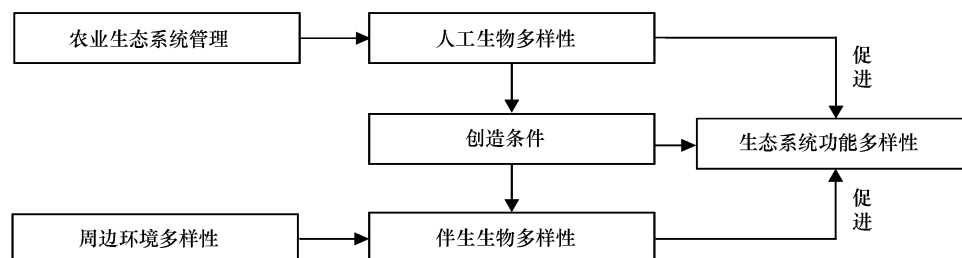


图3 人工小生境多样性的生态效应^[4]

Fig. 3 The ecological effect of artificial biodiversity niche^[4]

利用生物多样性持续控制农业有害生物是一项系统工程,最基本的方法是效仿自然生态系统,在生产农田中创造3个层次的多样性:生态系统多样性、物种多样性和种内遗传多样性^[15-18]。

3.1 构建农田生态系统多样性

采取水陆生态微系统、林地农田、草地农田等交织共存的策略创造农田生态系统多样性,如在旱地条件下,通过挖塘贮水养鱼,创造水生环境,被称为庄稼保护者的蛙类会成倍增加,进而有效地控制害虫爆发;在农田一定范围内开辟林地,增加益鸟的数量可以减少害虫数量。

3.2 构建农田物种多样性

全面改变目前的作物单一种植模式,实行超常规带状间套轮作。在大片农田内,所有可互惠互利的作物,包括粮食作物、经济作物、饲料作物、蔬菜类、药用植物、花卉及果树、经济林木,还有培肥用的绿肥、具特定作用的陪植植物等等,均以条带状相间套种植。间套轮作物不是限于一块农田,不再是几种,而是十几种到几十种直至上百种,不再有玉米带、棉花带、畜牧带等单一种植概念。这样在每一种物种周围同时又伴生了相当数量的其他生物,如此人工创造丰富的物种多样性。资料显示,多样性种植控制有害生物的效果很明显:在多作系统中害虫的种类数量比单一种植的少,天敌种类数量增多;在多作系统中病原群体结构复杂,优势病原小种不明显^[16]。目前,云南农业大学进行的玉米马铃薯套种有效的控制了玉米大小斑病,特别是马铃薯晚疫病^[19]。

3.3 构建农田种内遗传多样性

同田同种作物最大限度做到遗传基础异质。多品种混合种植或条带状相间种植;育种时要求选育多系品种。朱有勇等发现,将基因型不同的水稻品种间作于同一生产区域,由于遗传多样性增加,稻瘟病的发生比单品种种植明显减少^[18]。

通过种植各种作物,经济风险被分散,农民也不易受到由于供需变化所带来的巨大的价格变化的影响。此外,多样性对一个系统还具有生物缓冲作用^[20]。例如,在一年生耕作系统中,作物轮作、间混套作、稻田养殖等方式可以抑制杂草生长,病菌以及害虫的出现;覆盖作物可以固定土壤,从而保持土壤养分、水分,提高水分入渗率和土壤保水能力,对整个农业生态系统起到稳定作用。果园和葡萄园内的覆盖作物,还可以增加有益节肢动物种群的数量,从而减少系统感染病虫害的机会,同时减少化学物质的使用。

最适宜的多样化可以通过将作物栽植和动物饲养综合在同一系统中,如稻田养鱼、稻田养鸭。稻田养鱼的生态好处多多,田面种稻,水体养鱼,鱼粪肥田,鱼稻共生,鱼粮共存。田鱼觅食时,搅动田水,搅糊泥土,为水稻根系生长提供氧气,促进水稻生长;通常稻田里有许多杂草会和水稻争肥料、争水分、争空间,田鱼吃了稻田里的杂草以及叶蝉等害虫,免去了耘田除草,降低了农药和除草剂的使用;田鱼的排泄物给稻田施加有机肥料;稻谷还可以为田鱼遮阴和提供食物。最终在收获稻米的同时,农民还获得了鱼、动、植物蛋白质齐收。稻

田养鱼对农民来说,最大的好处被专家们归纳为“四增”和“四节”。“四增”是增粮、增鱼、增水、增收。“四节”是节地、节肥、节工、节成本。“稻鸭共作”模式通过利用鸭子的捕食、中耕、排泄等活动来除草、除虫、防病和施肥,基本上不用或少用化肥、农药等人工合成物。天然共生,和为一体的“稻鱼共生”、“稻鸭共作”这些至今仍保存完整的耕作方式,本身就是“巧夺天工”。稻田养鱼(鸭)是生物多样性、生产多样性和文化多样性的综合体现,农业与特定自然环境协同进化和动态适宜的完美体现,具有提供区域可持续发展的范例作用。

4 利用农业生物多样性持续控制有害生物的基础原理

利用农业生物多样性持续控制有害生物具有丰富的理论基础。大致可以归纳为:生物多样性控制病害的病理学基础,生态学基础,营养学和生理学基础,化感基础,物理阻隔原理等。

(1) 群体异质效应

通过把不同作物、品种,甚至同一品种的异质个体组合到一起,人为的创造了农艺性状和遗传背景不同的群体,提高了群体的抗病性和耐干扰性。

(2) 稀释效应

对于生物多样性田块,由于群体内个体农艺性状和(或)遗传背景的不同,有害生物对多样性组成中的组分并非完全亲和,有别于单一种植的完全亲和,故对有害生物起到了稀释作用,降低了流行和爆发的潜在危险。

(3) 微生态效应

多样性种植由于人为创造了农艺性状和遗传背景的差异,对田间小气候有相当改善,尤其在降低湿度,提高温、光、水、肥、气的利用率方面表现突出,不利于有害生物的发生和发展。

(4) 诱导抗性效应

多样性种植中,有害生物对多样性组分中非亲和组分造成危害较轻,反而诱导非亲和组分抗性系统启动反应,产生诱导抗性,当亲和有害生物危害该组分时,由于已启动抗性反应,亲和有害生物造成的危害会大大降低。

(5) 物理阻隔效应

在多样性田块中,非亲和组分像“隔离带”、“防火墙”一样,对有害生物的传播和流行起物理阻隔作用。

(6) 生理学效应

多样性种植改善了作物对矿质元素的稀释,如在水稻不同品种的条带式间作中,易倒伏品种植株茎秆、叶片内硅含量高,硅化细胞大得多。

(7) 化感效应

植物化感作用是一个活体植物(供体植物)通过地上部分(茎、叶、花、果实或种子)挥发、淋溶和根系分泌等途径向环境中释放某些化学物质,从而影响周围植物(受体植物)的生长和发育。这种作用或是互相促进(相生),或是互相抑制(相克)。如高粱等对杂草有化感抑制作用,与其他作物间作时可有效地控制杂草生长,从而提高作物产量;小麦对大豆的P吸收具有明显促进作用,显著提高大豆生物学产量等等。

5 结语

农业不仅生产农产品,还有保护自然、稳定生态、人与自然和谐相处等机能。生态农业要求顺应自然规律,按照生态规律发展农业,合理利用各种农业自然资源,维持农业生态系统的良性循环,保证农业生态系统的稳定性,优化农业生态环境^[21]。生物多样性具有重要的生态作用,合理的生物多样性搭配有利于增强生物防治以控制有害生物的发生,有利于通过调节土壤生物的活动以实现营养的优化循环和保持土壤肥力,有利于通过整合和发挥各种因素的作用以减少外部投入、节约能量和作物持续高产。

有害生物综合治理的理论和实践要求人们不能孤立地把病虫害作为唯一的目标去防治,而要把有害生物作为农田生态系统中的一个组成部分,通过分析系统中有害生物与其他组分之间的相互关系和作用方式,协调采取各种有效措施来管理这个系统,以达到控制有害生物的目的。因此,在制订和实施有害生物综合治理

的规划时,必需注意保护农田生物多样性,提高生态系统的稳定性,充分发挥天敌和其他生物因子的控制作用,避免或减少使用化学农药,安全、有效、持久地把病虫种群数量控制在造成危害的水平之下,达到保护生态环境,保障人畜健康,促进生产发展的目的。

可持续农业的一个主要策略就是改造和恢复农田生物多样性。在生产实践中,关键是辨识能够维持和加强生态系统功能的生物多样性类型,以便确定并采用哪些能够强化生物多样性组分的最佳农事操作技术。所以必须加强四方面的课题研究:各种作物之间的相生相克关系及其作用机理;各种有害生物的主要天敌种类、生物学、生态学特性及适生环境;相配套的农艺措施与农业机械;利用农业生物多样性全面、持续控制有害生物的农业生产模式。

References:

- [1] Chen H J, Huang Z F, Li R B, Peng Z B, Mai Q F, Jiang J S. Connotation, function and conservation of agriculture biological diversity. *Journal of South China University of Tropical Agriculture*, 2005, 11 (2): 24-27.
- [2] Qualset C O, McGuire P E, Warburton M L. "Agrobiodiversity" key to agricultural productivity. *California Agriculture*, 1995, 49 (6): 45-49.
- [3] Chen X, Tang J J, Wang Z Q. Functions of biodiversity in agroecosystem-approaches to its conservation and orientation of future research. *Rural Eco-Environment*, 2002, 18 (1): 38-41.
- [4] Li Q, Chen L J. Research progress of agroecosystem health. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11 (2): 144-146.
- [5] Wang X Y, Shen Z R. Progress of assessment methods of agroecosystem health. *Journal of China Agricultural University*, 2001, 6 (1): 84-90.
- [6] Liang W J, Wu Z J, Wen D Z. Research directions of agroecosystem health in the early 21st century. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13 (8): 1022-1026.
- [7] Xu W, Mage J A. A review of concepts and criteria for assessing agroecosystem health including a preliminary case study of southern Ontario. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, 83 (3): 215-233.
- [8] Sun Y F, Liang Y M, Feng Z M, Wang Y D, Wang L P. Biodiversity construction and organic agriculture//Sun J ed. *Symposium of Grain Production Capacity and High Yield and Benefit Techniques*. Beijing: The Chinese Publishing House of Agricultural Science, 2004: 22-26.
- [9] Ristaino J B, Groves C T, Parra G R. PCR amplification of the Irish potato famine pathogen from historic specimens. *Nature*, 2001, 411 (6838): 695-697.
- [10] Altieri M A. Patterns of insect diversity in monocultures and polycultures of Brussels sprouts. *Protective Ecology*, 1984, 6: 227-232.
- [11] You M S, Liu Y F, Hou Y M. Biodiversity and integrated pest management in agroecosystems. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (1): 117-122.
- [12] Wang C Y, Wang G, Wan S W, Qin P. Effects of organic and conventional farming systems on farmland biodiversity. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2007, 23 (1): 75-80.
- [13] Yang N, Yu S Q, Sun Z X, Zheng J M, Liu Y, Hou Z Y. Research advance on biodiversity affecting agro-ecosystem function and its mechanism. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2008, (1): 27-31.
- [14] Tilman D, Reich P B, Knops J M. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 2006, 441 (7093): 629-632.
- [15] Dong Y H, Ouyang Z, Liu S L. Role of Agrobiodiversity in agro-ecosystem health and its management measures. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2006, 14 (3): 16-20.
- [16] Shen J H, Nie Q, Huang D R, Liu G J, Tao L X. Recent advances in controlling plant diseases and insect pests by mixture planting and interplanting of crops. *Acta Phytophylogica Sinica*, 2007, 34 (2): 209-216.
- [17] Ning T Y, Jiao N Y, An Y Y, Zhao C, Shen J X, Li Z J. Advances in resources intensive utilization, yield and quality in intercropping or relay cropping systems. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23 (4): 159-163.
- [18] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H, Wang Y Y, Li Y, Chen J B, Fan J X, Yang S S, Hu L P, Leung H, Mew T W, Teng P S, Wang Z H, Mundt C C. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 2000, 406 (6797): 718-722.
- [19] Li C Y, He X H, Zhu S S, Zhou H P, Wang Y Y, Li Y, Yang J, Fan J X, Yang J C, Wang G B, Long Y F, Xu J Y, Tang Y S, Zhao G H, Yang J R, Liu L, Sun Y, Xie Y, Wang H N, Zhu Y Y. Crop diversity for yield increase. *Public Library of Science One*, 2009, 4 (11): e8049. doi:10.1371/journal.pone.0008049
- [20] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 1994, 367 (6461): 363-365.
- [21] Luo S M. The major progress of agroecology research on the application direction. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13 (1): 1-6.

参考文献:

- [1] 陈海坚, 黄昭奋, 黎瑞波, 彭宗波, 麦全法, 蒋菊生. 农业生物多样性的内涵与功能及其保护. 华南热带农业大学学报, 2005, 11 (2): 24-27.
- [3] 陈欣, 唐建军, 王兆骞. 农业生态系统中生物多样性的功能——兼论其保护途径与今后研究方向. 农村生态环境, 2002, 18 (1): 38-41.
- [4] 李琪, 陈立杰. 农业生态系统健康研究进展. 中国生态农业学报, 2003, 11 (2): 144-146.
- [5] 王小艺, 沈左锐. 农业生态系统健康评估方法研究概况. 中国农业大学学报, 2001, 6 (1): 84-90.
- [6] 梁文举, 武志杰, 闻大中. 21 世纪初农业生态系统健康研究方向. 应用生态学报, 2002, 13 (8): 1022-1026.
- [8] 孙永飞, 梁尹明, 冯忠民, 王一栋, 王乐萍. 创建农田生物多样性开创有机农业新局面//孙健主编. 粮食综合生产能力保护及高产优质高效技术论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 22-26.
- [11] 尤民生, 刘雨芳, 侯有明. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报, 2004, 24 (1): 117-122.
- [12] 王长永, 王光, 万树文, 钦佩. 有机农业与常规农业对农田生物多样性影响的比较研究进展. 生态与农村环境学报, 2007, 23 (1): 75-80.
- [13] 杨宁, 于淑琴, 孙占祥, 郑家明, 刘洋, 侯志研. 生物多样性影响农业生态系统功能及其机制研究进展. 辽宁农业科学, 2008, (1): 27-31.
- [15] 董玉红, 欧阳竹, 刘世梁. 农业生物多样性与生态系统健康及其管理措施. 中国生态农业学报, 2006, 14 (3): 16-20.
- [16] 沈君辉, 聂勤, 黄得润, 刘光杰, 陶龙兴. 作物混植和间作控制病虫害研究的新进展. 植物保护学报, 2007, 34 (2): 209-216.
- [17] 宁堂原, 焦念元, 安艳艳, 赵春, 申加祥, 李增嘉. 间套作资源集约利用及对产量品质影响研究进展. 中国农学通报, 2007, 23 (4): 159-163.
- [21] 骆世明. 农业生态学研究的主要应用方向进展. 中国生态农业学报, 2005, 13 (1): 1-6.

CONTENTS

The community structure of endophytic bacteria in different parts of huanglongbing-affected citrus plants	LIU Bo, ZHENG Xuefang, SUN Daguang, et al (7325)
A research on the response of the radial growth of <i>Pinus koraiensis</i> to future climate change in the XiaoXing'AnLing	YIN Hong, WANG Jing, LIU Hongbin, et al (7343)
Efficiency and kinetic process of nitrogen removal in a subsurface wastewater infiltration system (SWIS)	LI Haibo, LI Yinghua, SUN Tieheng, et al (7351)
Designing nature reserve systems based on ecosystem services in Hainan Island	XIAO Yi, CHEN Shengbin, ZHANG Lu, et al (7357)
Assessing ecological services value of herbivorous wild animals in Changtang grassland: a case study of Tibetan antelope	LU Chunxia, LIU Ming, FENG Yue, et al (7370)
Spatial characteristics analysis of ecological system service value in QianJiang City of Hubei Province	XU Beishen, ZHOU Yong, XU Li, et al (7379)
Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan	LI Ningyun, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (7388)
Multi-scenarios analysis for wetlands ecosystem conservation based on connectivity: a case study on HuangHuaiHai Region, China ...	SONG Xiaolong, LI Xiaowen, ZHANG Mingxiang, et al (7397)
The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau	HAN Daorui, CAO Guangmin, GUO Xiaowei, et al (7408)
The relations of spectrum reflectance with inhomogeneous factors and albedo parameterization ...	ZHANG Jie, ZHANG Qiang (7418)
Groundwater ecological sensitivity assessment in the lower Liaohe River Plain based on GIS technique	SUN Caizhi, YANG Lei, HU Dongling (7428)
Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (7441)
Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China	ZHONG Linsheng, WANG Jing (7450)
Handicapping male-cheaters by stable mate relationship in yellow-bellied prinia, <i>Prinia flaviiventris</i>	CHU Fuyin, TANG Sixian, PAN Hujun, et al (7458)
Effects of dietary protein content and food restriction on the physiological characteristics of female <i>Microtus fortis</i>	ZHU Junxia, WANG Yong, ZHANG Meiwen, et al (7464)
Predator-prey system with positive effect for prey	QI Jun, SU Zhiyong (7471)
Volatile constituents of four moraceous host plants of <i>Apriona germari</i>	ZHANG Lin, WANG Baode, XU Zhichun (7479)
Relationship between adult emergence of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) and temperature and relative humidity	YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, WANG Bao, et al (7486)
Nest site selection and reproductive success of <i>Parus varius</i> in man-made nest boxes	LI Le, WAN Dongmei, LIU He, et al (7492)
A study on bio-ecology of the stopover site of waders within China's Yalu River estuary wetlands	SONG Lun, YANG Guojun, LI Ai, et al (7500)
The spatial-temporal change variations of temperature in Xilinguole steppe zone	WANG Haimei, LI Zhenghai, WU Lan, et al (7511)
The growth and photosynthetic responses of <i>Cleyera japonica</i> Thunb. seedlings to UV-B radiation stress	LAN Chunjian, JIANG Hong, HUANG Meiling, et al (7516)
Photosynthesis-transpiration coupling mechanism of wheat and maize during daily variation	ZHAO Fenghua, WANG Qiufeng, WANG Jianlin, et al (7526)
Comparison of the methods using stable hydrogen and oxygen isotope to distinguish the water source of <i>Nitratia Tangutorum</i>	GONG Guoli, CHEN Hui, DUAN Deyu (7533)
Effects of cold weather on seedlings of three mangrove species planted in the Min River estuary during the 2010 winter	YONG Shiquan, TONG Chuan, ZHUANG Chenhui, et al (7542)
Correlation between ecological factors and ginsenosides	XIE Caixiang, SUO Fengmei, JIA Guanglin, et al (7551)
Effects of pyrene on low molecule weight organic compounds in the root exudates of ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	XIE Xiaomei, LIAO Min, YANG Jing (7564)
Isolation of phosphate solubilizing fungus (<i>Aspergillus niger</i>) from <i>Caragana</i> rhizosphere and its potential for phosphate solubili- zation	ZHANG Lizhen, FAN Jingjing, NIU Wei, et al (7571)
Effect of raindrop impact on nutrient losses under different near -surface soil hydraulic conditions on black soil slope	AN Juan, ZHENG Fenli, LI Guifang, et al (7579)
Emergy analysis of coal-fired power generation system and construction of new emergy indices	LOU Bo, XU Yi, LIN Zhenguan (7591)
Review and Monograph	
The impact of forest vegetation change on water yield in the subalpine region of southwestern China	ZHANG Yuandong, LIU Shirong, et al (7601)
Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area	HU Guanglu, ZHAO Wenzhi, WANG Gang (7609)
Sustainable management on pests by agro-biodiversity	GAO Dong, HE Xiahong, ZHU Shusheng (7617)
Scientific Note	
Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems	LIU Gang, SHEN Shouyun, YAN Wende, et al (7625)
Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of <i>Brachionus calyciflorus</i>	HUANG Lin, LIU Changli, WEI Chuanbao, et al (7632)

《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 31 卷 第 24 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 24 2011

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