

农业活动对生物多样性的影响*

陈 欣¹ 唐建军² 王兆骞¹

1(浙江农业大学农业生态研究所 , 杭州 310029)

2(浙江大学生物科学与技术系 , 杭州 310027)

摘 要 农业生产活动如土地的农业利用、耕作、作物间套种植方式、放牧、农药化肥的使用以及农业动植物遗传改良(包括外来种引入) 等是农业生产力提高的重要途径 , 同时也是影响生物多样性的的重要因素之一。土地的不合理开发利用易导致生境破碎、生物多样性下降 , 大规模的机械耕作导致土壤动植物区系的变化 , 甚至某些物种的消失 , 农药(除草剂、杀虫剂等) 的高度使用使非靶标动植物受到伤害 , 品种改良、外来种的引入以及远缘外源遗传物质的利用(如远缘杂交和 DNA 导入分子育种) 在丰富了遗传多样性的同时导致农作物类型和品种的简单化、一些古老的地方种和农家种等传统资源丢失等 , 而一些合理的农业措施(间套作、实行有机农场等) 将有利于生物多样性的保持。农业活动注重的是农业生产力的提高而往往忽视其对农业系统中野生动植物(包括有害和无害) 的影响以及野生动植物在维持系统稳定和平衡的作用。本文论述农业活动对生物多样性的影响以及生物多样性保护对提高农业生产力的作用 , 启示人们采取合理的农业活动方式 , 合理管理有害生物 , 减少农业活动对生物多样性的负面影响。

关键词 农业生产活动 , 生物多样性

The impacts of agricultural activities on biodiversity/CHEN Xin , TANG Jian-Jun , WANG Zhao-Qian

Abstract Agricultural activities , such as land use , tillage , intercropping and rotation , grazing , and extensive usage of pesticides and fertilizers , exotic germplasms introduction , and screening of varying progenies in breeding program , have significant impacts on species diversity , genetic diversity of flora and fauna. Land use in an unreasonable way results in habitat fragmentation and biodiversity decrease. Species in soil were disturbed or became extinct on a large scale by tillage activities with agricultural machines. Extensive usage of pesticides causes loss of non-target insects and plants. Genetic erosion resulted from modern breeding program by means of limited interspecies hybridization decreases the genetic diversity of agroecosystem. Some agricultural activities such as intercropping , rotation , organic farming practice are favorable for biodiversity conservation. In most cases , agricultural activities focus only on crop production , while the impacts on wild plants and animals by agricultural activities are neglected. This paper provided an overview of the impacts of agricultural practices on biodiversity , and discussed how agricultural practices could be modified so as to enhance the conservation of biological resources and long term viability of agriculture.

Key words agricultural activities , biodiversity

Author 's address 1) Agroecology Institute Zhejiang Agricultural University , Hangzhou 310029
2) Department of Biosciences , Zhejiang University , Hangzhou 310027

农业生产区域辽阔 , 分布于全球各地 , 覆盖全球 25% ~ 30% 的土地面积^[1]。农业生产活动如土地利用、耕作、作物间套种植方式、放牧、农药化肥的高度使用以及农业动植物品种改良等 , 对野生动植物、微生物的种类和数量以及农业生产动植物的类型与品种产生重要影响 , 动植物对农业景观的适应直接受农业生产活动的干扰和间接受可利用食物等生存资源数量的限制 , 一些农业发展措施如土地的开发利用导致生境根本性的改变 , 从而导致生物种群的明显改

收稿日期 : 1998 - 05 - 29 ; 修改稿收到日期 : 1998 - 09 - 22
* UNDP/FAO 和国家基金资助项目 , 项目编号分别为 : RAS/93/06 和 39870149

变。因而了解农业生产活动如土地利用、耕作、作物种植、放牧、有害生物防治以及包括引种在内的品种改良等对生物多样性产生的正负两方面的影响 ,对于采取合理的农业措施以在不影响农业生产的同时 ,保护生境的多样性和生物多样性很有必要。本文对国内外有关农业活动对生物多样性影响的研究报道作一简述 ,以供参考。

1 土地的农业利用对生物多样性的影响

随着世界人口的不断增长 ,越来越多的山林地、沼泽地(湿地)被开发用于发展农业生产。这些土地的农业利用往往使原生境破碎或发生根本性的变化 ,从而导致生物种类多样性的变化甚至某些生物种的绝灭。如在热带地区 ,盛行轮歇农业 ,采用刀耕火种的方法 ,大面积采伐热带森林之后进行烧山垦植 ,种植农作物、经济林木或作为牧场 ,原来森林中的各种生物种群随之被破坏 ,生境发生根本性的改变 ,即使外来的种源到达那里 ,也不容易成长起来。据估计 ,在世界范围内 ,热带雨林已有 40% 被砍掉 ,大约有 67% 的濒危、渐濒危和稀有种的形成与这一因素有关^[2]。

湿地(Wetland)给许多动植物提供了良好的栖息地和生存场所。湿地资源的开发利用 ,使许多生物种尤其是一些稀有动植物种的生存受到威胁。在加拿大的南部 ,已有 50% 的湿地用于发展农业生产并建立了排灌系统 ,由于原生境消失和污染物的增加 ,使许多湿地动物(包括爬行类、两栖类、鸟类、哺乳类和鱼类)受到影响 ,湿地中约有 1/3 野生生物种被列为濒危生物物种^[3]。另据统计 ,荷兰约有 50% 的湿地资源因受到人为的围垦而遭到破坏 ,爱尔兰约 45% 的湿地资源由于人为的破坏而消失 ;波兰由于盲目的利用和开发 ,境内 90% 以上的湿地资源已受到严重污染和破坏。这些都不同程度地导致生物多样性的丧失^[4]。

2 农业耕作方式对生物多样性的影响

耕作由于改变土壤物理环境如水分、空气、紧实度、孔隙度和温度等 ,从而对土壤野生生物的种群产生影响^[5,6]。Derkson 等^[7]的研究发现 ,免耕可使无脊椎动物在土壤中的垂直分布不受干扰 ,因而其种类和数量增加 ,免耕也使农田中的一些风媒杂草(如 *Acer* spp. ,*Daucus carota* ,*Taraxacum officinale*)免受伤害 ,其数量也比耕作农田增加。姜成林研究发现 ,随着森林砍伐和耕作程度的增加 ,土壤放线菌的种类按次生林、荒地、旱地的顺序减少^[8]。在日本 ,由于进行大规模的农田基本建设和园田化、耕作实现机械化 ,使农田畦畔植物种的多样性下降 ,一些物种甚至消失。表土耕作常常会伤害一些巢居鸟类和小型哺乳动物 ,例如 ,在非耕作地带的水鸭巢(waterfowl nest)的密度是作物种植地带的 12 倍 ,水鸭产量是作物地带的 16 倍^[9]。Rodgers 发现^[10] ,采用刈割的方法代替耕作的方法控制杂草 ,可以挽救麦田 53% 的鸟巢。在免耕春播作物地 ,如果农民在播种过程中小心地不捣碎鸟巢并保护鸟蛋 ,则水鸭的产量是常规耕作地带的 3.8 倍^[11]。除耕作方法外 ,耕作所用的机械类型、耕作时间也是影响生物多样性的的重要因素 ,带有圆盘状开沟器的播种机比带有宽面锄式开沟器的播种机对鸟类等栖息于作物残茬中的动物的影响小得多^[12]。在美国衣阿华地区 ,延迟机械割草时间虽然会降低收获质量 ,但能使草地上更多的小鸟在鸟巢中成长而免受伤害 ,从而保护了鸟类的数量和繁衍^[13]。

3 农田杂草防治措施对生物多样性的影响

杂草是影响农作物生长和导致农作物产量和质量下降的重要因素 ,是农业生产上需要加以控制的有害生物之一。千百年来 ,人们一直努力寻找防治杂草的有效方法。近年来 ,杂草防

治措施尤其是除草剂的使用对生物多样性的影响日益为人们所关注。在加拿大东部地区,人们发现,农田长期使用除草剂,植物种的多样性明显减少,而且邻近(5 m左右)草地和林地的植物多样性也受影响^[14]。在日本,由于除草剂的长期单一使用,一些竞争性弱的杂草在农田中消失,杂草群落结构发生变化,从而也增加了杂草防治的难度。郭水良等^[15]调查发现,由于除草剂的连续使用,浙江省金华地区水田中的一些野生植物如水车前(*Ottelia alismoides*)已很难找到。

除草剂的使用不仅导致植物多样性减少,而且对一些与植物种密切相关的动物、微生物的多样性也产生明显的影响。在美国安大略地区的果园中,杂草的花对膜翅目昆虫的保持和膜翅目昆虫对冷蛾幼虫和天幕毛虫攻击性的寄生活动有重要价值,使用除草剂后大部分杂草死亡,从而使这些昆虫的活动也受到影响^[16]。Braae等^[17]对丹麦31对常规农场和有机农场调查发现,在大量使用化学除草剂和其它化学农药的常规农场(Conventional Farm),鸟类数量仅是不使用化学除草剂和其它化学农药的有机农场(Organic Farm)的37%~51%,这是因为有机农场不采用化学除草剂,使植物多样性得到了保护,从而使以植物为食的食草昆虫数量增加,而这些食草昆虫是鸟类食物的主要来源,从而说明以有机农场的农业活动方式替代常规农场的农业活动方式,将有利于农业区域内生物多样性的保护。

Wyss报道^[18],苹果园内果树行间保留1 m宽的人工杂草带,蚜虫的天敌数量明显增加,在保留杂草带的试验区,蚜虫的数量与对照区(无杂草带,使用杀虫剂6~8次)无显著差异。Lagerlof等^[19]研究农田边缘植物多样性后指出,田埂的植物多样性增加,害虫天敌的种类和数量也大大增加。农田长期保留一定数量的杂草与作物共存,对害虫的防治和土壤肥力的提高都有着重要的作用。在加拿大,人们很重视保留田边、田头、路旁的植物,因为这些植物能为无脊椎动物提供越冬场所,从而保存其多样性,在空旷的耕作地带,很少有传粉性昆虫和捕食性昆虫能度过加拿大的冬天^[20]。

近年来,人们在寻找有利于植物多样性保护的杂草防治措施。根本正之和梅本山口的研究发现,采用刈割的办法管理水田田埂杂草,既保持了水田田埂植物的多样性又可避免杂草对作物的危害;在夏天植物生长的旺盛季节,刈割高秆植物1~2次,植物多样性明显增加(私人通讯,1997)。作者^①在研究红壤坡地幼龄人工林(果、茶和马尾松)下植物多样性保持与磷素循环的关系时也发现,采用刈割的方法治理杂草,植物种类及其多样性比铲除、使用除草剂和对照(不除草)的都高,而且并不影响幼龄果、茶、林的生长。

4 杀虫剂及其使用对生物多样性的影响

农业生产中大量使用杀虫剂、杀菌剂,在有效防治病虫害的同时对非靶标生物产生明显不良的影响,如用于控制土壤害虫的杀虫剂呋喃丹、甲拌磷、Terbufos等对土壤蚯蚓和一些节肢动物具有强的杀伤力。颗粒性杀虫剂Carbofuna的使用导致田边繁殖的鸣禽大量死亡,从而影响了施药地区鸟种群的变化^[21]。液态呋喃丹对草原濒危物种穴居猫头鹰产生危害。杀虫剂二嗪农在草地上的使用是导致美国Atlantic中部地区黑雁属野鹅冬季死亡的主要原因。在加拿大新不伦瑞克地区,使用杀螟松防治林地的云杉蚜虫,结果导致传粉昆虫数量和多样性下降,而且与之毗连的欧洲越桔果园也受到了影响^[22]。万方浩等^[23]通过对长沙地区综防区和

①陈欣. 红壤区小流域生态系统磷素循环若干特征研究. 浙江农业大学博士后出站报告, 1997 49~51

化防区稻田害虫 - 天敌群落组成及多样性的研究认为 ,综防区群落的多样性高于化防区 ,综防区害虫 - 天敌群落的内部结构较化防区稳定。杀虫剂的使用方式也很重要 ,如颗粒状的杀虫剂施放到作物的播种沟内 ,对非靶标昆虫的毒害比喷施的小得多^[24]。董应才报道^[25] ,麦田不适当地喷雾有机磷农药 ,常常会使麦蚜虫的重要天敌七星瓢虫大量死亡 ,结果导致化防区的麦蚜虫反而比不防区的高出 1 ~ 2 倍 ,使麦田的生物多样性下降。

5 放牧对草地生物多样性的影响

草原放牧强度和方式直接影响到植物群落结构和植物多样性程度发生变化。适度放牧有利于野生动植物的繁茂生长和多样性程度的提高 ,过度放牧则使大量原生植被遭到破坏 ,过度放牧还造成土壤紧实 ,使生境不利于无脊椎动物的生长 ,从而使一些以无脊椎动物为食的小型动物如鼯鼠和青蛙等受影响。

轮歇与放牧“轮作”可以抵消长时间放牧对草原生物产生的负面影响。Shaltout 等报道^[26] ,在沙特阿拉伯东部沿海低地 ,通过 14 年的保护(不放牧和无农事活动影响) ,植物的总覆盖度增加 68% ,物种的丰富度和均匀度分别增加 33% 和 32%。

除了调控放牧强度外 ,草原上植物的多样性还可以通过重新播种、杀虫剂的选择使用、防止火灾等途径得以保持。一项在加拿大进行的研究表明 ,对旧牧场进行改良、重新播种、混合种植本地牧草 ,均可使草地的生物多样性显著提高。

6 作物间套轮作对生物多样性的影响

农田作物间、套作打破单一的作物结构 ,作物多样性提高 ,对昆虫种类和数量的增加和农田生物多样性的提高起着直接的积极作用 ,同时 ,作物间套作还有利于杂草、虫害的控制 ,从而减少农药的使用 ,对于生物多样性的保护起间接作用。据报道^[27] ,在长江流域棉区 ,套作棉田与单作棉田相比 ,其物种丰富度指数(H') ,麦棉套作田(1.26) > 蚕豆棉套田(1.16) > 单作棉田(0.085)。在美国加州 ,葡萄园里间种野生黑草莓 ,以小蜂(*Dikrella cruentata*)招引卵寄生蜂(*Anagrusepos*)可控制网纹叶蝉(*Eurythroneura* spp.)。可见 ,在农田、果园 ,只要增加植物组成 ,不论是野生的还是栽培的 ,对于减少农药的使用、保护农田生物多样性均有同样重要的作用。

不同的作物具有不同的播种期和收获期。轮换种植不同的作物是防止单一杂草蔓延、控制虫害和减少某些植物病害发生的有效途径。例如 ,将玉米连作改为玉米与大豆轮作 ,可以减少对玉米食根虫的防治次数 ,这在加拿大深受重视^[28]。许多研究结果表明 ,对某一病害敏感的作物 ,轮作间隔的时间愈长 ,病害发生的机率愈低 ,与间套作一样 ,轮作由于减少农药的使用 ,野生生物从中得益^[29]。

7 农业动植物品种改良对农业生态系统中遗传多样性的影响

品种改良是提高农业生产效率的重要手段之一。近 40 年来 ,尤其是绿色革命以来 ,以耐肥水产量高为特点的现代品种不断育成 ,成了农作物产量迅速提高的关键技术之一。然而 ,在大幅度提高农作物产量的同时 ,其负面效应也日益突出 ,并造成了一些近乎毁灭性的灾难 ,如毁灭性病虫害的大面积爆发。究其原因 ,主要还是由于现代育种计划中过分依赖少数几个作物类型和品种 ,忽略了对丰富的古老地方品种の利用而造成的遗传基础狭窄所致。种内丰富的遗传多样性是物种适应外界环境变化的物质基础。农业生产上应用的作物品种类型越丰富 ,越能抵御变化莫测的自然灾害 ,如果作物类型和品种过于单一 ,遗传背景狭窄 ,遗传多样性

低,就会使整个农业生产系统在灾害面前显得无能为力。但是,超出种水平以上的远缘杂交育种和象总 DNA 导入技术这样的分子育种手段以及遗传工程育种技术,则因可以大幅度地利用远缘外源遗传种质,提高农业生态系统内农作物遗传多样性,从而增加系统生产力和抗灾能力^[30]。

8 结语

农业生产区域分布之广泛、现代农业对自然环境改造之深刻,使得农业一直被认为是导致世界范围的生物多样性丧失的重要因素之一。的确,由于农业生产的目标是获取高产,因而人们所采取的农业措施均是围绕如何获得高的农业动植物产量和劳动生产率而展开的,而对其它非农业生物尤其是有害生物加以最大程度的限制或忽视了农业活动对非农业生物产生影响,如为提高劳动生产率而大规模采用机械耕作,易导致土壤动植物区系的变化、某些物种消失,为控制有害生物大量使用使化学农药(除草剂、杀虫剂),使许多非靶标动植物受到伤害等等。其实,在农业生态系统中,许多非人工种养的生物对维持系统的稳定和平衡起着重要的作用,一些有害生物如杂草也非有百害而无一益,若将其数量控制在一定范围内,对于促进农田养分循环、改善农田小气候等有着重要作用。此外,在农业生产中,如果我们能采取合理的措施(如作物合理的间、套、轮作种植方式,减少耕作和采用适合的机械,有选择地使用农药和适度放牧,合理引种等),建立有机农业或生态农业生产体系,将能在发展农业生产的同时,避免或减少农业活动对生物多样性的影响。

参 考 文 献

- Altieri M A. How best can we use biodiversity in agroecosystem. *Outlook on Agriculture*, 1991, **20**:15 ~ 23
- 王献涛,刘玉凯. 生物多样性的理论与实践. 北京:中国环境科学出版社, 1994, 30 ~ 31
- Leighton F A. Disease considerations in habitat conservation and management. In: Holroyd G L(ed.), *Proceedings of the Second Endangered Species and Prairie Conservation Workshop*. Natural History Section Provincial Museum of Alberta, Natural History Occasional Paper. Edmonton, 1991, **15**: 33
- 周启星. 湿地资源保护和合理利用的生态学. 见:生态环境研究与可持续发展, 北京:中国环境科学出版社, 1997, 15 ~ 20
- Gebhardt M R, Daniel T C, Schweizer E E et al. Conservation tillage. *Science*, 1985, **230**: 625 ~ 630
- Unger P W. Conservation tillage systems. *Adv. Soil Sci.*, 1989, **13**: 27 ~ 68
- Derksen D, Lafond G, Thomas G et al. Impact of agronomic practice on weed communities: tillage systems. *Weed Science*, 1993, **41**: 409 ~ 417
- 姜成林. 微生物多样性及其保育. 生物多样性, 1997, **5**(4): 276 ~ 280
- Higgins K F. Duck nesting in intensively farmed areas of North Dakota. *Journal of Wildlife Management*, 1977, **41**: 232 ~ 242
- Rodgers R D. Reducing wildlife losses to tillage in fallow wheat fields. *Wildlife Society Bulletin*, 1983, **11**(1): 31 ~ 38
- Cowan W F. Waterfowl production on zero tillage farms. *Wildlife Society Bulletin*, 1982, **10**: 305 ~ 308
- Cowan W F. Direct seeding: potential socio-economic and conservation benefits. In: Holroyd G L(ed.), *Proceedings of the Third Prairie Conservation and Endangered Species Workshop*, Curatorial Section Provincial Museum of Alberta, Natural History Occasional paper, Edmonton, 1993, **19**: 16 ~ 18
- Warner R E, Joselyn G B, Etter S. Factors affecting roadside nesting by pheasants in Illinois. *Wildlife Society Bulletin*, 1987, **15**: 221 ~ 228
- Boutin C, Jobin B, Des G J L. Modifications of field margins and other habitats in agricultural areas of Quebec, Canada, and effects on plants and birds. In: *Field Margins-Integrating Agriculture and Conservation*. British Crop Protection Council Conf. Monogr., 1994, **58**: 139 ~ 144
- 郭水良, 赵铁桥. 杂草的基本特点及其在丰富栽培地生物多样性中的作用, 自然资源, 1996, (3): 48 ~ 52
- Hald A B, Reddersen J. Wildlife indicators: insects and wild plants, Miljoministeriet: Miljostyrelsen, Copenhagen

- 17 Braae L , North H , Petersen B S. Bird faunas of conventionally and ecological farmed land. Miljøprojekt nr , 102 , Miljøstyrelsen , Copenhagen
- 18 Wyss E. The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard , *Agriculture , Ecosystem and Environment* , 1996 , **60** :47 ~ 59
- 19 Lagerlof J , Wallin H. The abundance of arthropods along two field margins with different types of vegetation composition :an experimental study. *Agriculture , Ecosystem and Environment* , 1993 , **43** :141 ~ 154
- 20 Doane J F. Seasonal captures and diversity of ground beetles in a wheat field and its grassy borders in central Saskatchewan. *Quaestiones Entomologicae* , 1981 , **17** :211 ~ 233
- 21 Tomlin A D , Gore F L. Effects of six insecticides and a fungicide on the numbers and biomass of earthworms in pasture. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* , 1974 , **12** :487 ~ 492
- 22 Stinson E R , Hayes L E , Bush P B et al. Carbofuran affects wildlife on virginia cornfields. *Wildlife Society Bulletin* , 1994 , **22** :566 ~ 575
- 23 万方浩 , 陈常铭. 综防区和化防区稻田害虫—天敌群落组成及多样性的研究 , *生态学报* , 1986 , **6** (2) :159 ~ 169
- 24 Alison M. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture , Ecosystem and Environment* , 1995 , **55** :201 ~ 212
- 25 董应才. 生物多样性与天敌资源保护. *生物学杂志* , 1995 , (4) :8 ~ 10
- 26 Shaltout K H. Consequences of protection from grazing on diversity and abundance of the coastal lowland vegetation in eastern Saudi Arabia. *Biodiversity and Conservation* , 1996 , **5** (1) :27 ~ 36
- 27 罗益镇. 生物多样性与害虫的综合防治. *世界农业* , 1995 (10) :26 ~ 27
- 28 Conner R L , Atkinson T G. Influence of continuous cropping on severity of common root rot in wheat and barely. *Canadian Journal of Plant Pathology* , 1989 , **11** :127 ~ 132
- 29 Bailey K L , Mortensen K , Lafond G P. Effects of tillage systems and crop rotations on root and foliar diseases of wheat , flax , and peas in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* , 1992 , **72** :583 ~ 591
- 30 唐建军. 远缘外源遗传种质在作物生态系统遗传多样性保护中的作用. 见 : *生态研究与探索* , 北京 : 中国环境科学出版社 , 1997 :82 ~ 86