



面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century



北京市高等教育精品教材立项项目

有害生物综合治理学

张青文 主编



中国农业大学出版社

面向 21 世纪课程教材
北京市高等教育精品教材立项项目

有害生物综合治理学

张青文 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

有害生物综合治理学/张青文主编. —北京:中国农业大学出版社,2007.3

ISBN 978-7-81117-064-1

(面向21世纪课程教材,北京市高等教育精品教材立项项目)

I. 有… II. 张… III. ①有害动物-综合治理 ②有害植物-综合治理

IV. ①Q95 ②S45

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第043511号

书 名 有害生物综合治理学

作 者 张青文 主编

策划编辑 孙 勇

责任编辑 张苏明

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出 版 部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs@cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 20.75印张 383千字

印 数 1~3 000

定 价 27.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

农作物在生产和贮存过程中,要遭受病、虫、草、鼠等有害生物的危害,造成农业生产的巨大损失。据联合国粮农组织(FAO)统计,8种主要农作物(水稻、小麦、大麦、玉米、马铃薯、大豆、棉花和咖啡)因为有害动物、病原菌和杂草危害造成的损失分别为15.6%、13.3%和13.2%,合计为42.1%。如果再加上收获后病虫害造成的损失9%~20%,全世界农业有害生物所导致的农作物损失总计达48%左右。

我国随着经济全球化进程的加快,国际旅游、交流的迅猛发展,外来入侵生物的问题日趋加重,异常天气的发生频率增高,加上有不少地区种植制度不合理和管理粗放,导致农作物重大病虫害灾害此起彼伏,频繁成灾。迄今,全国农作物有害生物发生面积约3.5亿 hm^2 /次,防治后仍损失粮食500万t、棉花30万t、油料作物93万t、其他作物1084万t。因此,加强农业有害生物综合治理的实践任务重大。同时,随着生活水平的提高,人们对农副产品不仅要求能解决温饱问题,而且还要求优质、安全、有保健等功能。这就对有害生物治理的教学和实践提出了更高的要求。

有害生物综合治理(Integrated Pest Management, IPM)的概念是由著名昆虫学家 Geiser(1961)首次提出的,1974年联合国粮农组织在意大利召开的会议上,将IPM确定为农业有害生物治理的指导思想。1975年,我国的植保专家聚集在黄山,根据当时的国际动态和国内实情,制定了我国的植物保护工作方针,即“预防为主,综合防治”。时至今日,从提出IPM的概念到现在,40多年已经过去了,但是IPM的课程还没有正式进入大学的课堂,更没有相应的IPM教材。

1999年,中国农业大学植保学院就植保学科教学改革问题组织了多次研讨会,针对目前植保学科走向综合,社会对植保人才的需求也要求综合背景的新特点,植保学科教学与实践的相互关系等问题进行了多次讨论,做出了如下决定:将“农业昆虫学”、“农业植物病理学”、“杂草防治”和“农田鼠害”4门课程合并,形成一个完整的体系,即“有害生物综合治理学”。这样,使总论一致,各论的总体思路一致,围绕“综合治理”这一思路展开教学,使学生既能看到“树木”,又能看到“森林”,从而提高学生的综合思想和综合素质,为中国农业的现代化服务。2000年,中国农业大学植保学院的主要领导在联合国教科文组织的一次研讨会上,阐述了中国农业大学计划开设“有害生物综合治理学”课程的设想,得到了与会专家的赞

同和肯定,大家认为,这种情况在国际上尚属首次。2001年,中国农业大学教务处就此立项,将“有害生物综合治理学”设为“一类课程”建设项目。2002年,北京市教委将《有害生物综合治理学》教材的编写纳入了2001—2002年度北京市高等教育精品教材建设立项项目,教育部将其定为面向21世纪课程教材。

在上述背景下,我们组织了有关人员进行教材的编写。由于内容庞杂,人员的组合也是临时形成的,因此,教材中一定还存在这样或那样的问题,请读者朋友们批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 有害生物综合治理研究的内容及任务	(2)
1.2 研究有害生物综合治理的目的及相关学科	(2)
1.3 我国有害生物综合治理的历史与进展	(3)
1.4 我国植物保护工作方针的发展	(3)
1.5 学习本课程的要求	(4)
参考文献.....	(5)
思考题.....	(5)
第 2 章 有害生物综合治理的理论与方法	(6)
2.1 有害生物综合治理的原理与途径	(6)
2.1.1 农业生态系统的特点	(6)
2.1.2 农业生态系统中有害生物的概念	(7)
2.1.3 农作物对有害生物危害的反应	(8)
2.1.4 控制有害生物危害的主要途径.....	(10)
2.1.5 有害生物综合治理的基本原则.....	(10)
2.2 有害生物防治技术.....	(10)
2.2.1 植物检疫.....	(10)
2.2.2 农业防治法.....	(14)
2.2.3 植物抗害性.....	(15)
2.2.4 生物防治法.....	(17)
2.2.5 物理防治法.....	(20)
2.2.6 化学防治法.....	(21)
2.2.7 遗传防治法.....	(22)
参考文献	(24)
思考题	(25)
第 3 章 有害生物田间调查与预测预报	(26)
3.1 有害生物的田间调查.....	(26)
3.1.1 有害生物调查的意义和原则.....	(26)

3.1.2	有害生物田间调查方法	(26)
3.1.3	调查数据的计算	(28)
3.1.4	调查资料的整理和分析	(31)
3.2	有害生物的预测预报	(32)
3.2.1	预测预报的类别	(32)
3.2.2	有害生物预测预报的方法	(33)
3.2.3	有害生物发生期预测	(33)
3.2.4	有害生物发生量预测	(34)
	参考文献	(34)
	思考题	(35)
第4章	小麦病虫草鼠害	(36)
4.1	麦类病害	(36)
4.1.1	主要种类及发生规律	(36)
4.1.2	影响发生的主要因素	(41)
4.1.3	主要防治方法	(45)
4.2	麦类虫害	(48)
4.2.1	主要类群	(48)
4.2.2	发生规律	(52)
4.2.3	影响发生的主要因素	(54)
4.2.4	主要防治方法	(55)
4.3	麦田草鼠害	(57)
4.3.1	麦田鼠害	(57)
4.3.2	麦田草害	(60)
	参考文献	(62)
	思考题	(62)
第5章	玉米病虫草鼠害	(63)
5.1	玉米病害	(63)
5.1.1	主要种类及发生规律	(63)
5.1.2	影响发生的主要因素	(70)
5.1.3	主要防治方法	(70)
5.2	玉米虫害	(73)
5.2.1	主要种类	(73)
5.2.2	分布与为害症状	(75)

5.2.3 发生规律·····	(76)
5.2.4 发生与环境条件的关系·····	(79)
5.2.5 主要防治方法·····	(81)
5.3 玉米田杂草·····	(82)
5.3.1 主要种类及发生规律·····	(82)
5.3.2 影响发生的主要因素·····	(84)
5.3.3 主要防治方法·····	(85)
5.3.4 几种国外除草技术·····	(86)
5.4 玉米田鼠害·····	(87)
5.4.1 主要种类及发生规律·····	(87)
5.4.2 影响发生的主要因素·····	(90)
5.4.3 主要防治方法·····	(91)
参考文献·····	(92)
思考题·····	(94)
第6章 水稻病虫害鼠害 ·····	(96)
6.1 水稻病害·····	(96)
6.1.1 主要种类及发生规律·····	(96)
6.1.2 影响发生的主要因素·····	(105)
6.1.3 防治方法·····	(107)
6.2 水稻虫害·····	(112)
6.2.1 主要种类及发生规律·····	(113)
6.2.2 影响发生的主要因素·····	(130)
6.2.3 主要防治方法·····	(135)
6.3 稻田草鼠害·····	(139)
6.3.1 主要种类及发生规律·····	(139)
6.3.2 影响发生的主要因素·····	(142)
6.3.3 主要防治方法·····	(142)
参考文献·····	(143)
思考题·····	(144)
第7章 棉花病虫害鼠害 ·····	(145)
7.1 棉花病害·····	(145)
7.1.1 主要种类及发生规律·····	(145)
7.1.2 影响发生的主要因素·····	(152)

7.1.3 主要防治方法	(154)
7.2 棉花虫害	(156)
7.2.1 主要种类及发生规律	(156)
7.2.2 影响发生的主要因素	(168)
7.2.3 主要防治方法	(169)
7.3 棉田草害	(174)
7.3.1 主要种类及发生规律	(174)
7.3.2 影响发生的主要因素	(180)
7.3.3 主要防治方法	(181)
参考文献	(182)
思考题	(183)
第8章 蔬菜病虫草鼠害	(184)
8.1 蔬菜病害	(184)
8.1.1 主要种类及发生规律	(184)
8.1.2 影响发生的主要因素	(188)
8.1.3 主要防治方法	(190)
8.2 蔬菜虫害	(196)
8.2.1 主要类群	(196)
8.2.2 发生规律	(200)
8.2.3 主要影响因素	(205)
8.2.4 主要防治措施	(207)
8.3 蔬菜田杂草和鼠类	(210)
8.3.1 主要种类及发生规律	(210)
8.3.2 影响发生的主要因素	(215)
8.3.3 防治方针和主要防治方法	(216)
参考文献	(220)
思考题	(220)
第9章 果树病虫草鼠害	(222)
9.1 果树病害	(222)
9.1.1 主要种类及发生规律	(222)
9.1.2 影响发生的主要因素	(233)
9.1.3 主要防治方法	(240)
9.2 果树虫害	(246)

9.2.1 蛀果类害虫	(246)
9.2.2 吸汁类害虫	(251)
9.2.3 卷叶蛾类害虫	(256)
9.2.4 食叶性害虫	(259)
9.2.5 蛀干类害虫	(260)
9.2.6 地下害虫	(262)
9.2.7 吸果夜蛾类害虫	(262)
9.3 果园草鼠害	(263)
9.3.1 主要草、鼠种类及发生规律	(263)
9.3.2 影响果园草、鼠发生的主要因素	(265)
9.3.3 主要防治方法	(266)
参考文献	(269)
思考题	(270)
第10章 豆类作物病虫草鼠害	(271)
10.1 豆类病害	(271)
10.1.1 叶部病害	(271)
10.1.2 根及茎部病害	(273)
10.1.3 病毒病	(275)
10.1.4 豆菟丝子	(276)
10.2 豆田害虫	(277)
10.2.1 主要类群	(277)
10.2.2 分布与发生规律	(280)
10.2.3 影响发生的主要因素	(283)
10.2.4 主要防治方法	(284)
10.3 豆田杂草	(286)
10.3.1 豆田杂草的主要种类及发生规律	(286)
10.3.2 主要防治方法	(288)
10.4 豆田鼠害	(289)
10.4.1 主要种类及发生规律	(289)
10.4.2 农田鼠害的综合防治	(289)
参考文献	(290)
思考题	(291)

第 11 章 贮粮害虫、地下害虫和迁飞害虫	(292)
11.1 贮粮害虫.....	(292)
11.1.1 主要种类及发生规律.....	(292)
11.1.2 影响发生的主要因素.....	(298)
11.1.3 主要防治方法.....	(299)
11.2 地下害虫.....	(301)
11.2.1 主要种类及发生规律.....	(301)
11.2.2 影响发生的主要因素.....	(304)
11.2.3 主要防治方法.....	(305)
11.3 迁飞害虫.....	(306)
11.3.1 概述.....	(306)
11.3.2 昆虫的扩散类型.....	(306)
11.3.3 昆虫的迁飞特性.....	(307)
参考文献.....	(310)
思考题.....	(310)
第 12 章 有害生物综合治理技术体系组建的原理及实例	(311)
12.1 综合治理技术体系组建的原理.....	(311)
12.1.1 综合治理技术体系组建的原则.....	(312)
12.1.2 综合治理技术体系组建的程序.....	(312)
12.2 综合治理技术体系实例.....	(313)
12.2.1 麦田有害生物综合治理技术体系.....	(313)
12.2.2 稻田有害生物综合治理技术体系.....	(313)
12.2.3 棉田有害生物综合治理技术体系.....	(315)
12.2.4 苹果有害生物综合治理技术体系.....	(316)
12.2.5 黄瓜主要病虫害综合治理技术体系.....	(317)
12.2.6 贮粮有害生物综合治理技术体系.....	(320)
参考文献.....	(321)
思考题.....	(321)

第 1 章 绪 论

农作物在生长发育过程中,以及在收获后的农产品储藏期间,即在整个农作物产前、产中和产后的过程中,往往要遭受到各种有害生物的危害,造成农作物种子不能正常发芽,生长发育受阻,减少产量,降低品质等等。这些有害生物包括有害昆虫、有害螨类、植物病害、农田杂草及害鼠等。为了农作物稳产高产、丰产丰收,人类就必须对农作物的有害生物进行有效的治理。

我国历史上有许多关于蝗虫成灾的记载,公元 707—1935 年,共发生蝗灾情 796 次,常常被描述为“飞蝗蔽日”、“禾草一空”、“赤地千里,饿殍载道”等悲惨景象,1927 年的蝗灾仅在山东就导致 700 多万难民流离失所,四处逃荒。另外,黏虫、稻螟、小麦吸浆虫等都是我国历史上重要的农业害虫。

随着农业生产的发展,有害生物的种类越来越多。据联合国粮农组织(1988)统计,8 种主要农作物因为有害动物、病原菌和杂草危害造成的损失分别为 15.6%、13.3%和 13.2%,合计为 42.1%。如果再加上收获后病虫害造成的损失 9%~20%,全世界农业有害生物所导致的农作物损失总计达 48%左右。我国地域辽阔,气候复杂,农作物有害生物繁多,发生量大,危害严重。据估计,20 世纪 90 年代以前,我国每年因病虫害杂草的危害,造成粮食损失 500 万~2 000 万 t,棉花损失 30 万~35 万 t。我国自 20 世纪 70 年代以来,农田鼠害不断加剧,每年造成粮食损失达 1 500 万 t,棉花、蔬菜和果树等经济作物也受到严重危害,同时鼠害还传播人畜疾病。20 世纪 90 年代,棉铃虫连年大发生。特别是 1992 年,山东、河北、河南、江苏、安徽、山西、陕西、湖北、辽宁等省 400 多万 hm^2 (6 000 多万亩)棉田,棉铃虫特大发生,黄河流域棉区发生量是常年的 20 倍以上,发生期提前 7~10 d,而且发育程度参差不齐、世代重叠,加上棉铃虫已对常用杀虫剂产生高抗药性,极难防治,造成我国各棉区棉花产量损失严重,华北棉区棉田平均损失率在 50%以上,许多棉田绝产。

我国劳动人民在长期的与农作物病虫害斗争中,积累了丰富的防治病虫害的经验,也形成了一定的防治病虫害的策略和思想,例如:重视预防、采用多途径和多方法防治病虫害等,“先事修备,既事修救”的防先于治的思想和“地势有良薄,山泽有异宜,顺天时,量地利,则用力少而成功多”的观念早在 1 000~2 000 年前就已形

成。利用农业防治措施、灯火诱杀、兴修水利和矿物药剂防治害虫都开始于公元前300年前,以虫治虫开始于1900多年前,注意选择抗虫品种在春秋战国时期就有了比较详细的记载。可见防治农作物病虫害是与人类社会的发展紧密相伴随的。

因此,在农作物生长的产前、产中、产后过程中,加强农作物病、虫、草、鼠害的预测预报和综合治理工作,对于农作物及其产品的保质保量和丰产丰收,始终具有重要的意义。

1.1 有害生物综合治理研究的内容及任务

有害生物综合治理(Integrated Pest Management, IPM)的概念就是:从生物与环境的整体观念出发,本着“预防为主”的指导思想和安全、有效、经济、简便的原则,因地、因时制宜,合理运用农业、化学、生物、物理的方法以及其他有效的生态学手段,把有害生物控制在经济阈值之下,以达到保证人畜健康和增加农业生产的目的。

(1)有害生物综合治理研究的对象和内容 ①有害生物综合治理研究的对象:农业害虫、农业螨类、农作物病害、杂草、鼠害、天敌、有益微生物、农作物、气象以及一切能够影响有害生物发生和为害的因素。②有害生物综合治理研究的内容:有害生物种类的正确辨识、生物学特性、分布规律、为害特征、发生消长规律、大暴发的影响因子及其机制、预测预报,发展新的单项防治措施及组建综合治理技术体系。

(2)有害生物综合治理研究的任务 通过对农业害虫、农业螨类、农作物病害、杂草及鼠害的研究,识别其种类,弄清其发生规律,科学地掌握和发展及合理应用各种防治方法,并为有害生物的可持续治理提供科学依据。

1.2 研究有害生物综合治理的目的及相关学科

(1)有害生物综合治理研究的目的 安全、有效、经济、简便地控制有害生物的发生、发展和为害,避免农作物遭受损失,保护农作物丰产丰收及人畜安全。

(2)学科基础 普通昆虫学及其分支学科,昆虫形态学、昆虫分类学、昆虫生物学、昆虫生态学、昆虫生理学、昆虫毒理学、昆虫遗传学、普通植物病理学、农业植物病理学、微生物学、农田杂草与防治、农田鼠害、害虫综合防治原理等。

(3)相关学科 植物学、作物栽培学、土壤肥科学、遗传学、作物育种学、农业气象、植物生理、微生物学、生态学、系统生态学、生物统计、分子生物学、化学生态学等。

1.3 我国有害生物综合治理的历史与进展

我国是世界上农业文明发展最早的文明古国之一,早在公元 304 年广东就有利用黄猷蚁防治柑橘害虫的记载,这是世界上最早的生物防治。农业防治、灯火诱杀和矿物药剂治虫都开始于公元前 300 年左右;选择和利用抗虫品种在公元前的春秋战国时期就有了比较详细的记载。据说除虫菊是 13 世纪由马可·波罗从中国传入欧洲,直到 19 世纪欧洲才重新发现并开始利用,这已比中国晚了六七百年。

我国早期的综合防治思想:明代徐光启在《农政全书》记载“先事修备,既事修救”,并总结了当时民间治蝗的经验,对飞蝗的滋生地点和蔓延地区、生活习性、发生规律及防治方法做了详细的记述。

我国早期因时因地制宜的思想:后魏贾思勰在《齐民要术》里记载:“地势有良薄,山泽有异宜,顺天时,量地利,则用力少而成功多。”

新中国成立后,有害生物的治理有了进一步的发展,取得很大的成果。例如:根治了蝗灾、黏虫、小麦吸浆虫、麦秆蝇等重要害虫,基本控制了小麦的锈病、稻瘟病、玉米大小斑病等病害,基本建立了各主要农作物主要病虫害的综合防治体系。

20 世纪末 21 世纪初在华北地区全面推广 Bt 基因抗虫棉,取得了很好的抗棉铃虫、红铃虫、玉米螟等害虫的效果。

1.4 我国植物保护工作方针的发展

1955 年以前的植物保护方针是:“治虫以人工措施为主,化学防治为辅”。这是在当时工业比较落后、化学合成农药还未起步、而广大农民的生产积极性又很高的情况下制定的,对于病虫害则强调“防”重于“治”的思想。

1955 年提出了“主要以农业技术和化学防治相结合的综合防治方法”的植物保护方针。这是由于我国农业生产的恢复和农药工业的发展,特别是 666、DDT、1605 等农药已在国内开始批量生产,防治病虫害已从人工防治为主逐步过渡到以

药剂防治为主。全国建立起病虫预测预报站,训练了一批病虫测报人员,加强了对重点病虫灾害的预测预报,还开展了对内植物检疫和防止危险性病虫害在国内的传播蔓延的工作。

1958年制定了“全面防治,土洋结合,全面消灭,重点肃清”的植保方针。这是在当时“大跃进”的形势下,根据全国农业发展纲要60条中的规定,要求在7~12年内消灭危害严重的10大病虫害而提出的植保方针。这种要求既不能做到,也没必要,因此,在病虫害防治过程中不顾经济效益和生态后果而滥用农药的现象十分严重。

1960年制定了“以防为主,防治结合”的植保方针。由于连年大面积使用化学农药,尤其是666、DDT等有机氯农药,造成农药残留增多,环境污染严重,害虫抗药性增强,农民用药中毒事件增多,这些问题引起了社会各界的重视和呼吁。这一植物保护方针是在上述情况下制订的。

全世界由于长期大量使用化学农药防治害虫,引起了“三大R问题”,即农药的残留(residue)、害虫的抗药性(resistance)及害虫的再猖獗(resurgence),美国科普作家Rachel Carson(1963)在其著名的科普读物《寂静的春天》中描述了农药带来的污染和大量杀伤非靶标生物造成的严重后果和惨痛情景。联合国粮农组织(FAO)于1974年在意大利罗马召开了会议,将Geiser(1961)提出的有害生物综合治理(IPM)的概念确定为农业有害生物防治的指导思想。这一举动在全世界引起了巨大的反响。1975年,我国植保界专家聚集河南省新乡市,召开了全国植保工作会议,制定了新的植保方针,即“预防为主,综合治理”,这也是我国目前的植物保护工作方针。

1.5 学习本课程的要求

首先要注意学好课堂知识并掌握好课本的有关内容,从中了解农作物病虫害的历史发生情况和我国劳动人民与农作物病虫害作斗争的历史,以及在与病虫害作斗争过程中发明的一些防治农作物病虫害的技术和措施,并掌握我国历史上劳动人民在与病虫害斗争过程中产生的一些早期的综合防治的思想。其次是打好本学科基础,在学好相关学科课程的基础上,广泛阅读有关文献资料,尤其是推荐读物;端正学习本学科的目的,明确学习本学科的任务,并且坚持理论与实践相结合。因为本学科是一门理论综合实践性很强的学科,只有学以致用,始终把课堂和书本的理论知识与农业生产实践相结合才能学好本课程。

参考文献

- [1]郭予元. 棉铃虫的研究. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [2]湖南省教育委员会. 作物病虫害防治学. 长沙: 湖南教育出版社, 1986: 1-4.
- [3]华南农业大学. 农业昆虫学. 北京: 农业出版社, 1988: 1-3.
- [4]刘淦芝. 中国近代害虫防治史. 昆虫分类学报副刊, 1983(4): 20-28.
- [5]周尧. 中国昆虫学史. 西安: 昆虫分类学报社, 1980.
- [6]张青文, 刘小侠. 转基因抗虫植物研究进展//李典谟, 伍一军, 武春生, 等. 当代昆虫学研究. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004: 10-19.

思考题

1. 我国的植保方针是什么?
2. 学习本课程的目的是什么?
3. 结合病虫害为害事例说明为什么要加强植保工作。
4. 你对我国现行的植保方针是怎样认识的?
5. 结合我国加入 WTO, 想一想我们应该怎样加强植保工作?

第2章 有害生物综合治理的理论与方法

2.1 有害生物综合治理的原理与途径

有害生物是生态系统中的组成成分,它们是和生态系统中其他组成成分相互联系、相互作用的。有害生物或以植物及其种子为食,或对其进行生长抑制,从中取得物质和能量以维持自身的生命活动。当然有害生物的生长、发育、繁殖还与生态系统中其他生物的和非生物的因素有着密切的关系。在有害生物的防治史上,有很长一段时期仅仅是研究各类防治方法和技术的的问题,甚至仅仅从寻找和追求新的方法来解决有害生物的防治问题。从德国的 Haeckel(1869)提出生态学(Ecology)概念以后,人们才逐渐开始从农业生态系统的整体角度来研究有害生物的发生和防治问题。

2.1.1 农业生态系统的特点

农业生态系统是人为干预下的生态系统,这种生态系统的组成成分还是由植物、动物、微生物和无机环境4个成分组成,在功能上也无本质的改变,只是由于人为因素的参与,人们按照经济目的所进行的各项农事活动使得农业生态系统与自然生态系统有着巨大的差异,包括对生物的种群、生物的群落与无机环境都有着显著的改变。农业生态系统的特点可以概括为:

- ①以栽培作物以及与之有关的营养链占据首要地位,以有着经济目的的作物为中心;
- ②各营养级的多样性较差,植物种群趋向单一化,植食性、捕食性、腐食性和寄生性类群也趋向于单一化;
- ③生态系统中能量交换过程也发生了很大的改变,人为因素影响较大,可以中断其部分能量交换,也可以通过施肥来补充作物所需要的物质和能量。