

2011中国 水稻生态农业报告

——华东稻作区篇



GREENPEACE 绿色和平

greenpeace.cn

编写组成员

张卫健

教授，南京农业大学应用生态研究所

李 飞

教授，南京农业大学植物保护学院

郎志飞

副教授，南京农业大学植物保护学院

冯金飞

博士，南京农业大学应用生态研究所

目 录

1 中国华东稻作历史和病虫草害发生概况·····	1
1.1 华东稻作历史概况·····	1
1.2 华东水稻虫害发生的历史概况·····	3
1.3 华东水稻病害发生的历史概况·····	5
1.4 华东稻田草害发生的历史概况·····	6
2 中国华东水稻主要病虫草害及其发生特征·····	6
2.1 华东水稻主要虫害及其发生特征·····	6
2.2 华东水稻主要病害及其发生特征·····	8
2.3 华东水稻主要草害及其发生特征·····	9
3 中国华东水稻主要病虫草害的防控状况·····	10
3.1 华东水稻病虫害的化学防控·····	10
3.2 华东水稻草害的化学防控·····	10
3.3 华东水稻病虫草害防治药剂的使用概况·····	11
3.4 华东水稻病虫草害的防控成本状况·····	12
3.5 华东水稻病虫草害化学防控的主要问题·····	13
4 中国华东水稻病虫草害生态防控技术与模式·····	14
4.1 华东水稻病虫草害生态防控的关键技术·····	14
4.2 华东水稻病虫草害生态防控的示范模式·····	16
5 中国华东水稻病虫草害生态防控的技术展望及推广建议·····	26
5.1 华东水稻病虫草害生态防控技术展望与应用前景·····	26
5.2 华东水稻病虫草害生态防控推广建议·····	27
附件：中国华东地区水稻重大病虫害生态防治的技术方案·····	29
主要参考文献·····	34

2011中国生态稻作报告

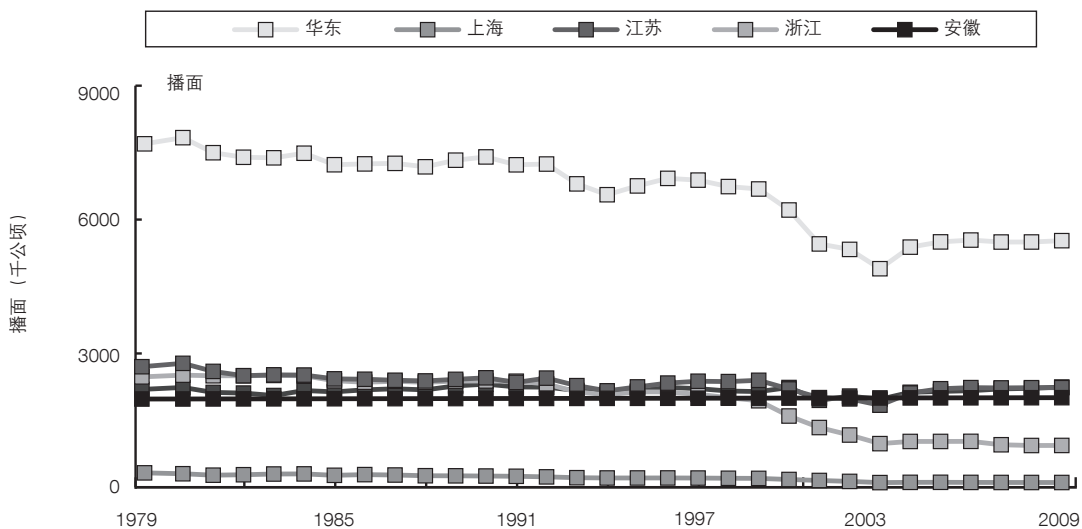
——华东稻作区篇

水稻是全球最重要的口粮作物，中国是世界上最大的水稻生产国和消费国，确保稻米质量安全不仅对中国乃至世界公众健康和社会稳定意义重大。水稻有害生物防治直接与稻米质量安全相关，建立并推广应用生态安全的防治技术对稻米食用安全至关重要。为此，本报告以华东三省一市（江苏省、安徽省、浙江省、上海市）为调研区域，长江三角洲为重点，采用文献综合分析、生产实践调研和专家咨询相结合的方法，重点分析该区稻作发展和病虫草害发生的历史状况，研究评价稻田有害生物的防控现状及其主要防控模式与效果，调研总结该区稻田病虫草害生态防控的关键技术和主要模式，以此为基础制定中国华东稻区稻田病虫草害生态防控的技术方案。

1 中国华东稻作历史和病虫草害发生概况

1.1 华东稻作历史概况

华东三省一市（江苏省、浙江省、安徽省和上海市）位于我国长江下游地区，区内水网密布、气候适宜，历来是我国水稻主产区之一。统计数据显示（图1），1979年华东地区三省一市的水稻播种面积为7697.3km²，总产量为3674.5wt，分别占全国水稻总播种面积的22.7%和总产量的25.6%。



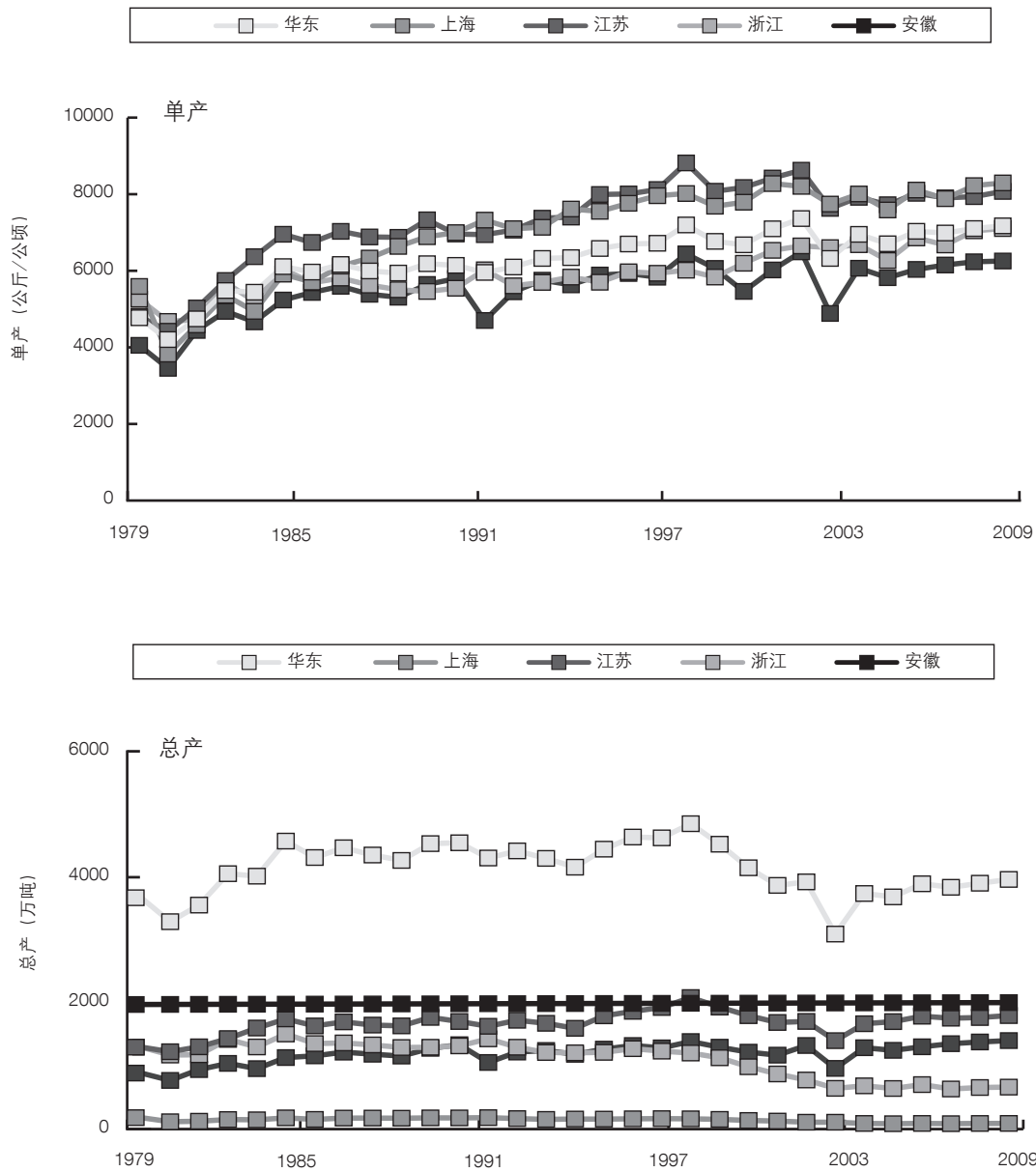


图1 1979—2009年华东三省一市水稻播种面积、单产和总产量变化趋势

到2009年，华东地区的水稻播种面积仍然有5527.3km²，而总产量达到3965.2万t，分别占全国总播种面积的18.7%和总产量的20.3%。近30年的数据分析也发现，尽管华东水稻播种面积呈现下降趋势，但水稻单产却持续递增，水稻总产基本稳定，在保障全国粮食安全中仍起着关键作用。在水稻生产的空间分布上，华东地区水稻生产重心表现出“北移”的趋势（图2）。基于县域水稻播种面积的空间变化分析结果显示，从1985年到2006年，浙江省和上海市大部分县市水稻播种面积均降到22000hm²以下，而在江苏省北部和安徽省中部地区水稻种植面积则有所增加，水稻生产中心逐步向江苏北部和安徽中部转移。

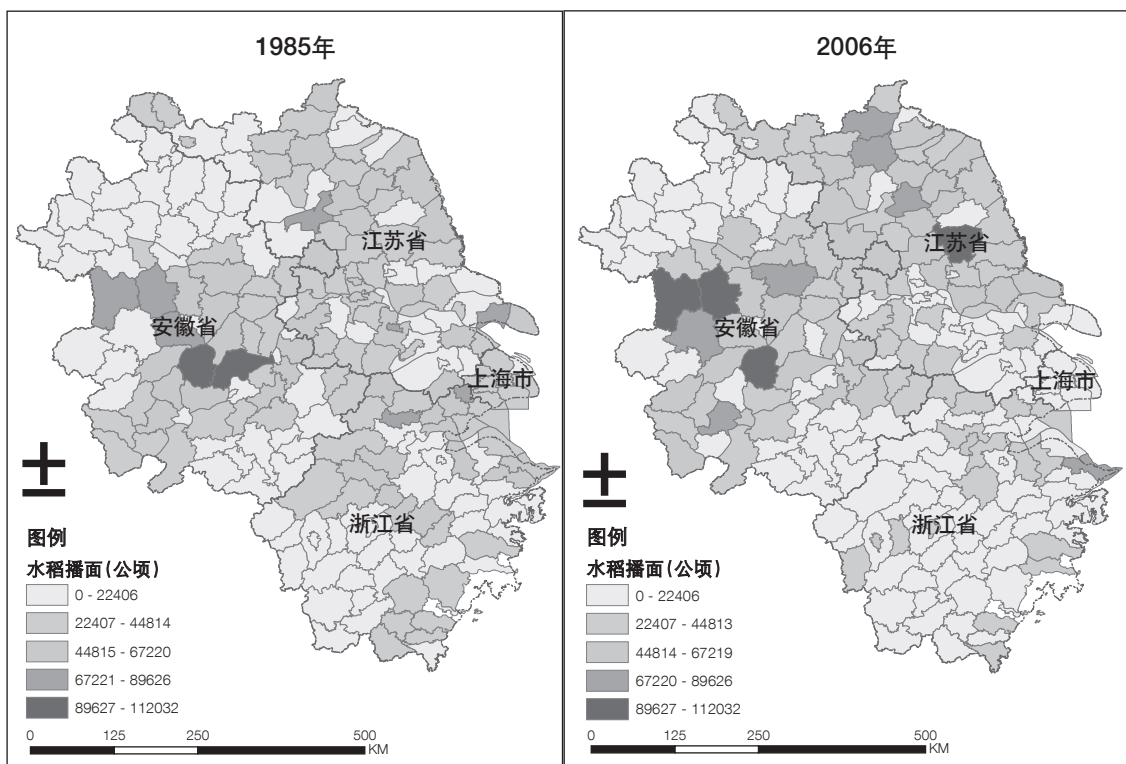


图2 1985年和2006年华东三省一市水稻生产的空间分布图

在水稻生产技术上，近三十年来华东稻作随着当地农村经济的快速发展，经历了以“省工节本”为核心的从人工手插、抛秧到直播稻、机插秧的演变历程。20世纪90年代以前，华东地区水稻种植以传统的人工移栽技术为主。从20世纪90年代开始，水稻抛秧技术由于能够大幅度地减轻劳动强度、降低劳动成本，在华东地区被大范围推广。进入21世纪，更加省工节本的直播稻顺应农村需求在江苏、浙江等地发展迅速。与此同时，华东机械化稻作技术得到了地方政府的大力支持，机插秧面积快速扩大。目前，华东地区水稻种植基本呈现“三三三”制的局面，1/3为人工插秧或抛秧、1/3为直播、1/3为机插秧。在稻作模式上，华东稻作则是围绕“单季稻或双季稻”的抉择问题，在近30年的发展中经历了单季稻改双季稻、然后再改单季稻的曲折变迁过程。种植制度也由一年两熟向一年三熟转变，再向一年两熟变迁，并呈现向一年一熟的方向发展。

1.2 华东水稻虫害发生的历史概况

华东水稻稻区的主要虫害有：螟虫（三化螟、二化螟、大螟）、稻纵卷叶螟、褐飞虱、白背飞虱、灰飞虱等。由于水稻种植制度的调整以及防控技术的提高，近年来华东地区水稻虫害发生有下降趋势，但稻纵卷叶螟和褐飞虱仍非常严重（图3）。其中，螟虫危害与耕作制度、水稻品种、气候因素等有很大关系，其中水稻耕作制度的变更是影响螟虫种群消长的主导因素。20世纪50年代到60年代早期，华东区以单季中、晚稻为主，三化螟发生较重。60年代后期到70年代初，逐步实行单、双季稻混栽，二化螟和三化螟中等发生。70年代到80年代早期，以双季稻为主，螟虫生存的桥梁田被切断，三种螟虫发生均很轻。80年代中后

期，以单季稻混栽为主，二化螟中等发生，单、双季稻混栽的少数地区三化螟大发生。90年代前期，水稻为纯单季晚稻栽培，二化螟和三化螟发生很轻。90年代后期至今，水稻螟害有逐年上升趋势。近年来，高效农药“锐劲特”在大田使用后，二化螟、三化螟得到了有效控制，但大螟危害呈上升趋势。稻纵卷叶螟原为华东稻区局部地区间歇性发生的次要害虫，但从1964年以来其成为华东稻区主要害虫之一，相继四次大暴发，目前是华东稻区的主要防治对象。稻飞虱是迁飞性害虫，自20世纪60年代以来，褐飞虱在华东大范围严重发生。70年代有5年大发生，80年代至90年代初的12年中，有8年大发生。白背飞虱为害程度小于褐飞虱，一般为中等程度发生，2006—2008年在华东局部地区危害严重。灰飞虱自身为害并不严重，但其传播水稻病毒病条纹叶枯病等会导致水稻大幅度减产。近几年来，灰飞虱的虫量和带毒率明显增高、条纹叶枯病发生面积广、部份水稻品种发生严重，自然发生均达到中等偏重程度。

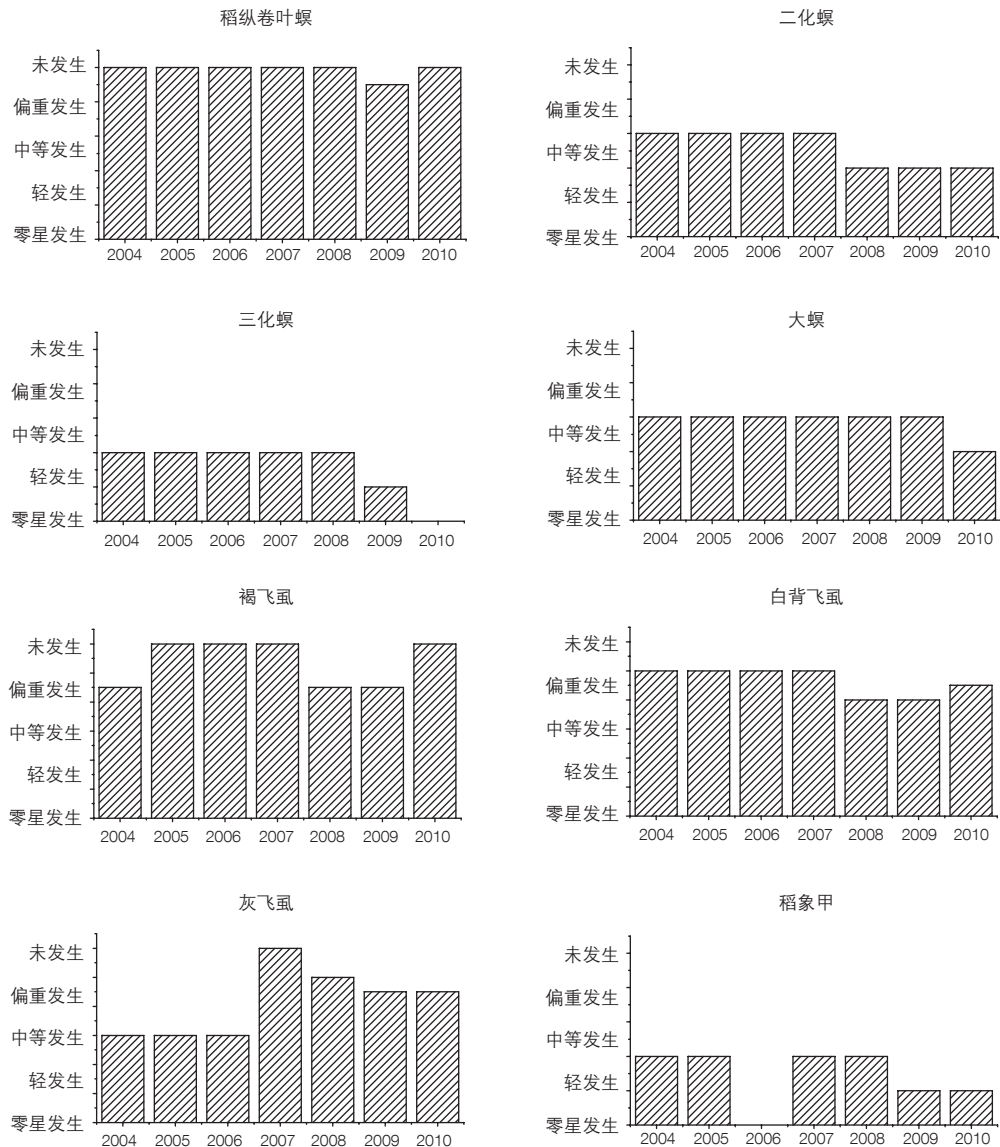


图3 华东地区主要虫害发生程度的变化趋势

1.3 华东水稻病害发生的历史概况

水稻主要病害有稻瘟病、白叶枯病、纹枯病、稻曲病、条纹叶枯病，水稻黑条矮缩病等。近年来华东地区水稻主要病害的发生也呈现下降趋势，局部地区出现大发生，但一些新的病害出现恶化趋势（图4）。条纹叶枯病是灰飞虱传播的水稻病毒病，一般为突发性病害，与灰飞虱的发生量、带毒率等密切相关。例如，上海市2003年为轻度发生，但在2004年突然跃升为大发生，之后2005年、2006年、2007年和2008年均为大发生，分析认为与水稻品种感病性、灰飞虱的大发生和带毒率有关。江苏省2009年全省发生面积达3200万亩，是近年来发生最严重的年份之一。水稻纹枯病的发生主要受雨水量、播种时间及穗肥等因素的影响。其发生特点是前期上升慢，后期上升速快，田块之间差异大。在华东稻区一般为中等发生，个别年份大发生。以上海为例，2004年为轻发生，2005年为偏重发生，之后一直为中等发生。稻瘟病和稻曲病虽然每年均有发生，但一般比较轻，在个别年份可能达到中等偏上水平。在上海市，这两种病害均为轻发生，2007年后为害有所上升但仍为轻发生程度。在江苏省，此两种病害均为中等发生程度。南方水稻黑条矮缩病由飞虱等传播，在华东稻区的为害并不严重，偶发于安徽、浙江省境内，但目前有恶化趋势。

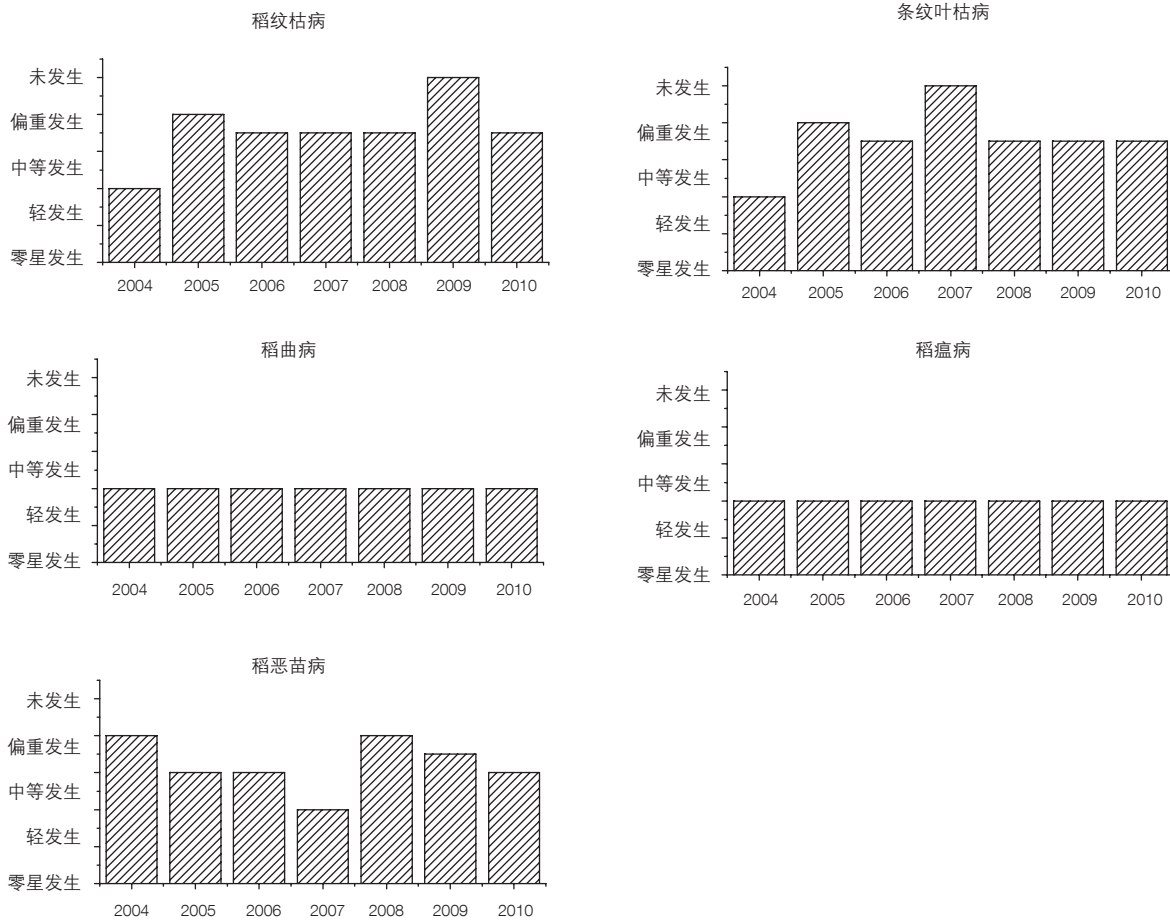


图4 华东地区水稻主要病害发生程度的变化趋势

1.4 华东稻田草害发生的历史概况

华东地区稻田杂草主要有禾本科杂草、莎草科杂草、阔叶杂草和藻类杂草四类。包括稗草、鸭舌草、节节菜、牛毛毡、水苋菜、千金子、矮慈姑、水莎草、异型莎草、眼子菜、四叶萍等。近30年来，随着耕作栽培制度的变化、特别是除草剂单一品种长期使用，华东地区稻田主要草害也发生了较大变化。江苏、浙江、上海等地的田间调查显示，稻田草害的主要变化趋势是一年生杂草如稗草、异型莎草等得到了有效控制，而多年生恶性杂草如空心莲子草（水花生）、矮慈姑、鸭舌草等在部分地区发生频率和危害均有增加。以上海为例^[1]（图5），从1982年到2002年，稻田稗草、异型莎草、扁秆蔗草以及水莎草2级危害出现频率分别下降了34.3%、7.4%、13.0%和11.7%。而鸭舌草、矮慈姑、醴肠以及空心莲子草2级危害的出现频率分别增加了16.5%、9.4%、5.0%和12.7%。

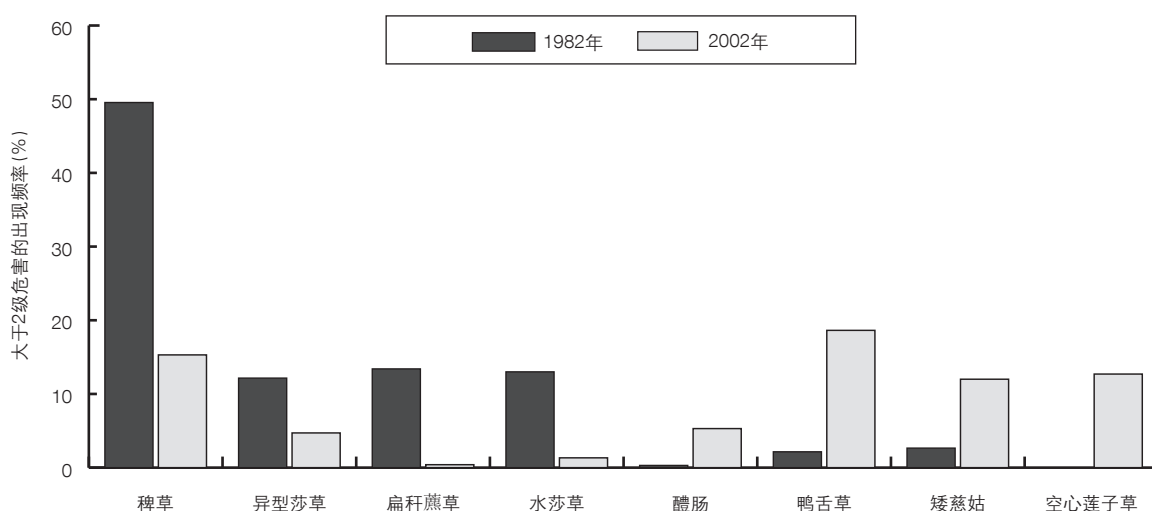


图5 1982年和2002年上海地区稻田杂草种群大于2级危害的出现频率

2 中国华东水稻主要病虫草害及其发生特征

2.1 华东水稻主要虫害及其发生特征

生产调研发现，目前华东稻区的主要虫害为螟虫、稻飞虱、稻象甲等。其中，稻飞虱和稻纵卷叶螟为迁飞性害虫，本地不能越冬，需迁飞到南方地区甚至越南等国家越冬，次年从南方向北迁飞，为害各区域水稻。螟虫和稻象甲等均为本地越冬害虫，其发生和为害程度主要受越冬基数、耕作制度、水稻品种、化学农药使用等影响。目前发生较为严重的主要有稻纵卷叶螟和褐飞虱，而二化螟、大螟和白背飞虱为中等发生程度的害虫，三化螟和灰飞虱的发生较轻，稻象甲为零星发生。

(1) **稻纵卷叶螟**。稻纵卷叶螟的为害特征是初孵幼虫取食心叶，高龄虫将叶片卷成圆筒状虫苞，幼虫在虫苞中啃食叶肉，水稻叶片表皮呈白色条斑，孕、抽穗期受害损失最大。在华东稻区一般发生在5月到9月，各省市的发生程度差异较大（图6）。

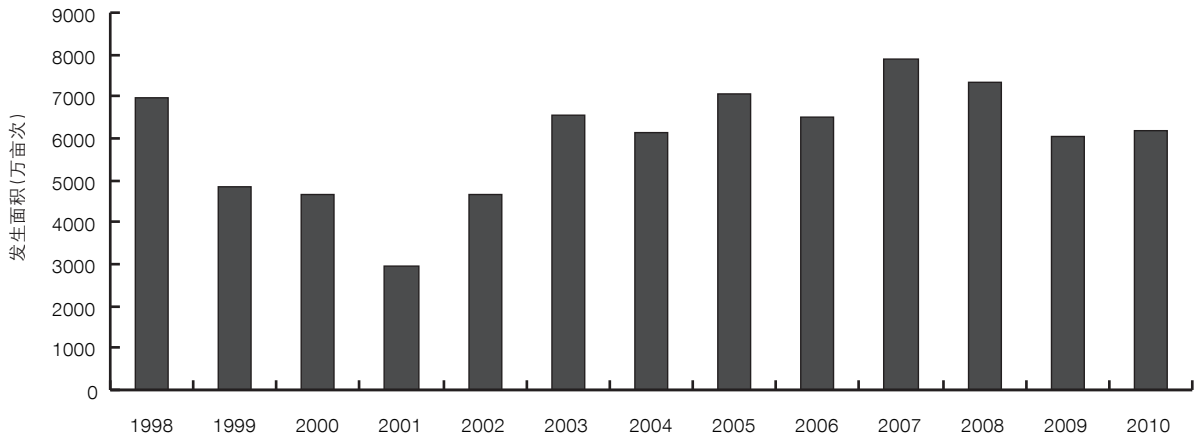


图6 江苏省稻纵卷叶螟发生面积变化图 (1998-2010)

(2) **褐飞虱**。褐飞虱的为害特征主要为吸食导致“冒穿”，导致严重减产甚至颗粒无收。褐飞虱在产卵时也会刺伤稻株茎叶组织，破坏疏导组织，加重水稻的受害程度。此外，褐飞虱传播水稻草状丛矮病和齿叶矮缩病。在华东稻区发生期为5月到9月，发生程度均为中等偏重以上（图7）。

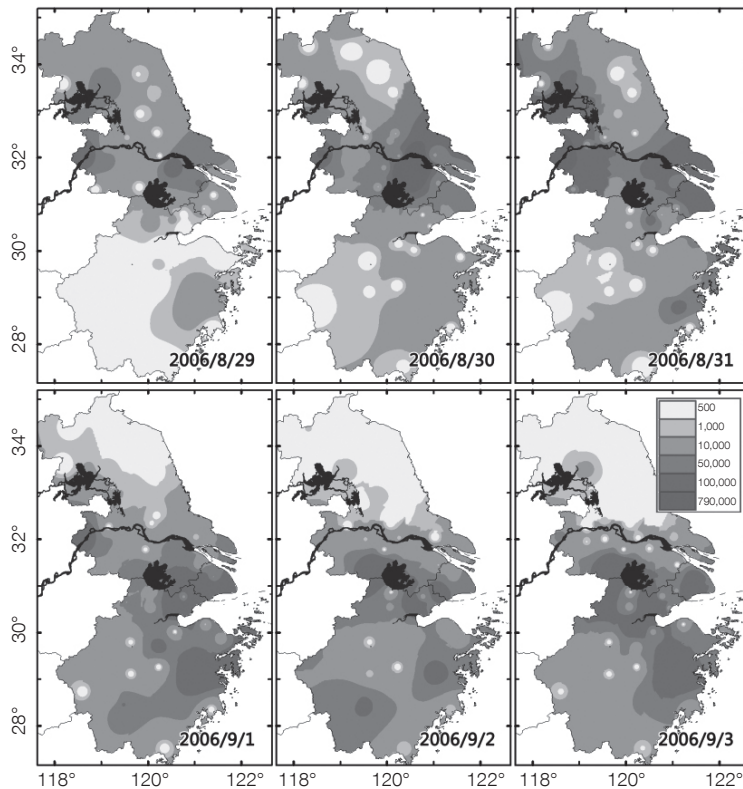


图7 华东地区褐飞虱田间虫量监测图 (2006年)

(2) **二化螟**。二化螟是水稻危害最为严重的常发性害虫之一，在分蘖期受害造成枯鞘、枯心苗，在穗期受害造成虫伤株和白穗。华东稻区均有分布，主要为丘陵山区发生较多。在华东稻区的发生期为4月到9月，目前发生较轻。

(4) **大螟**。大螟以幼虫蛀入稻茎为害，也可造成枯梢、枯心苗、枯孕穗、白穗及虫伤株。大螟为害造成的枯心苗，蛀孔大、虫粪多。大螟造成的枯心苗田边较多，田中间较少，别于二化螟、三化螟为害造成的枯心苗。在华东稻区，大螟发生期为4月到9月，主要发生在7~8月。

2.2 华东水稻主要病害及其发生特征

华东稻区的水稻主要病害为水稻纹枯病、条纹叶枯病、稻曲病、稻瘟病和水稻恶苗病等。其中，纹枯病、条纹叶枯病和水稻恶苗病的发生一般为中等偏重，部分年份为大发生，而稻曲病和稻瘟病的发生较轻。

(1) **水稻纹枯病**。稻纹枯病是由立枯丝核菌侵染引起的一种真菌病害。其为害特征是造成谷粒不饱满，空壳率增加，严重的可引起植株倒伏枯死。华东稻区均有分布，发生期为7月到9月，发生程度一般为中等偏重。

(2) **条纹叶枯病**。水稻条纹叶枯病是由灰飞虱为媒介传播的病毒病。其为害特征是导致水稻枯孕穗或穗小畸形不实。拔节后发病在剑叶下部出现黄绿色条纹，各类型稻均不枯心，但抽穗畸形，结实很少。华东稻区均有分布，发生期为7月到9月，发生程度一般为中等偏重（图8）。

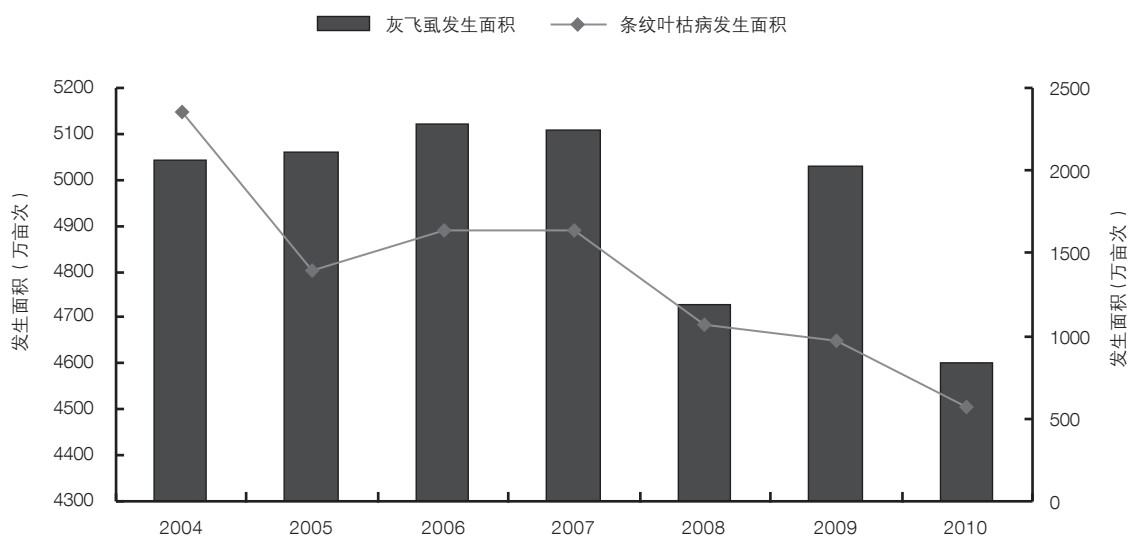


图8 华东地区褐飞虱田间虫量监测图 (2006年)

(3) 水稻恶苗病。水稻恶苗病是由半知菌亚门真菌串珠镰孢引发的水稻病害。其为害特征是苗期发病时表现为叶鞘细长，叶色淡黄，根系发育不良。发病较轻时，提早抽穗，穗形小而不实；发病较重时，会导致病苗死亡。抽穗期受害则导致谷粒变褐，不能结实。病轻时可能无症状，但已有菌丝侵染。从水稻苗期到成熟期，华东稻区均有发生，且发生程度一般为中等偏重。

(4) 稻曲病。又称伪黑穗病、青粉病。受害谷粒内形成菌丝块，内外颖裂开，露出淡黄色孢子座，孢子座包于内外颖两侧呈黑绿色。破裂后散生墨绿色粉末，风吹雨打易脱落。该病只发生于水稻穗部，为害谷粒。华东区均有发生，一般不严重，近来有大发生趋势。感病时期为水稻破口前5~7天。

2.3 华东水稻主要草害及其发生特征

调研发现，目前华东地区稻田杂草主要有稗草、鸭舌草、节节菜、牛毛毡、水苋菜、千金子、矮慈菇、水莎草、异型莎草等一年生和多年生杂草。在华东地区，稻田杂草的发生一般是在水稻播、栽、抛后10天（秧田一般5~7天）左右出现第一杂草出苗高峰，此批杂草主要以禾本科的稗草、千金子和莎草科的异型莎草等一年生杂草为主，且发生早、数量大、危害重。播、栽、抛后20天左右出现第二出草高峰，此批杂草主要是莎草科杂草和阔叶类杂草。

在华东各省市，由于生态条件的不同，稻田主要草害也有所差异。在江苏省^[12]，稗草、一年生莎草科杂草广泛分布：徐淮稻区稗草、一年生和多年生莎草普遍严重；里下河稻区一年生和多年生莎草科杂草十分突出；沿海、沿江稻区稗草和一年生莎草科杂草发生严重，其中沿海稻区稗草发生比沿江稻区严重，而沿江稻区鳢肠、鸭舌草等阔叶杂草发生则较沿海稻区严重；太湖稻区的节节菜、陌上菜、丁香蓼、矮慈菇、鳢肠等双子叶杂草较为严重。

在浙江省^[9]，通常单季稻田杂草发生重于连作晚稻田，连作晚稻又重于早稻田。在早稻田以稗草为主，其他草害较少。在单季稻田和晚稻田，除了稗草之外，鸭舌草、牛毛毡等其他杂草发生频率也较高。从各种草害的空间分布上来看，各种不同的稗草在浙江省范围内具有特定区域性的分布，浙南、浙北以普通稗为主，浙中以光头稗为主，孔雀稗从浙北到浙南呈零星到多的趋向。除了稗草之外，矮慈菇、节节菜、鸭舌草、丁香蓼、牛毛毡、陌上菜等杂草在某些局部区域亦能单独造成严重危害，如金华、温州的矮慈菇，温州的节节菜、牛毛毡、鸭舌草，杭州的眼子菜，嘉兴的水莎草，金华的莹蔺等均在个别地区造成严重危害。

在安徽省^[2]，黄山及皖南丘陵地区稻田主要杂草有稗草、牛毛毡、节节菜、鸭舌草、异型莎草、四叶葎、矮慈菇等；江淮丘陵和沿淮地区稻田主要杂草有稗草、牛毛毡、眼子菜、矮慈菇、空心莲子草等；沿江地区稻田主要草害有牛毛毡、稗草、水莎草、异型莎草等，其中在垦区，鸭舌草危害最为严重。

在上海市^[3]，西部地区以稗草危害最重，中东部地区则以鸭舌草危害最重，而江中沙洲地区以水苋

菜、矮慈姑危害最重。牛毛草和日照瓢拂草仅在西部地区发现，且眼子菜从西部至东部其相对频率依次降低，而在江中沙洲地区则未见，与之相反，扁秆薰鹿草在中、东部及江中沙洲地区的相对频率依次降低，而在西部地区则未见。

3 中国华东水稻主要病虫害草害的防控状况

生产调研和专家咨询发现，目前华东地区水稻病虫害草害的防控上，主要是在选用抗性品种和合理耕作的基础上，采用以化学药剂防治为主的“综合防控”模式来防治病虫害草害。同时调查也发现，在有机水稻生产企业（农户）以及生态稻作示范田块均采用了生态防控技术手段，比如防虫网、杀虫灯、生物农药等。

3.1 华东水稻病虫害的化学防控

病虫害的化学防控上，华东三省一市均坚持“预防为主、综合防治”的植保方针，通过“病虫监控预报”、“网络或技术推广人员发布病虫情况”、“技术指导农民用药”等措施，基本上有效地控制了各种病虫害的发生为害，确保粮食的丰产丰收。各地针对各种病虫的发生特点，制定了有针对性的防治措施。在虫害发生不严重的情况下，采用农业部门推广的“绿色防控”措施，可以起到很好的防控效果。在虫害大发生年份，化学农药的使用仍是最常用的保障手段。

化学防控的主要技术环节：（1）种子处理，通过药剂浸种，防治恶苗病、干尖线虫及苗期灰飞虱传毒；（2）秧苗期防治，主治灰飞虱，兼治二化螟，秧田平均需防治灰飞虱4~6次；（3）大田分蘖前期防治，主治二代灰飞虱，之后为主治稻纵卷叶螟、三代灰飞虱，兼治白背飞虱和螟虫；（4）水稻破口期防治，主要防治稻瘟病、纹枯病、稻曲病等。整个水稻生长时期，秧苗期用药5次左右，大田期防治4~6次。

3.2 华东水稻草害的化学防控

杂草的化学防控上，目前华东地区主要采用化学药剂防除，一季水稻杂草防治次数一般在1~3次。部分化学防控不好的田块或种植面积比较小的农户，则主要靠人工拔除。杂草化学防除的用药主要参照当地植保部门推荐的防治药剂，农户根据自己的理解施药。具体的技术模式如下，即“一封二杀三补”技术模式。“一封”，于播前或播后苗前采用丁苯、扫氟特、苄嘧磺隆等进行土壤表面封闭灭草；“二杀”，在杂草2~3叶期利用杀草丹、禾大壮、扫氟特、二氯喹啉酸或配以苄嘧磺隆、吡嘧磺隆等进行茎叶处理，杀除第二批杂草和第一批残余杂草；“三补”，在前两次防除后，根据田间草情，选用禾大壮、二氯喹啉酸、苯达松、百草敌、敌稗、2甲4氯等进行“补杀”，或进行人工辅助除草，以防治残余禾本科杂草和阔叶杂草。

在生产上，由于不同种植方式杂草发生规律不同，农户在移栽、抛栽和直播稻田的杂草防治时机和防治重点有所不同。

移栽稻田：移栽稻与杂草生育期差距较大，稻田除草剂在具有生理生化选择性的同时还具有位差选择性，利用这种生育期差距，可以取得较好的除草效果。移栽稻田常用的化除方法是前封后杀，即移栽前（后）土壤封闭处理，以治理稗草、一年生阔叶杂草和莎草科杂草为主。水稻分蘖盛期进行一次茎叶喷雾，以治理一年生和多年生莎草科杂草、眼子菜以及多种阔叶杂草为主。

抛栽稻田：因为水稻抛栽后需脱水4~7天使水稻扎根立苗，极利于稗草及其他湿生杂草的萌发。连续多年抛栽后，田间杂草群落也有变化，前期的湿生杂草如稗草、异型莎草、千金子、水莎草等高秆杂草形成竞争优势种。抛栽稻田不适宜人工除草，主要依赖化学防治。一般在抛栽后7~15天喷施丁草胺乳油、草克星等进行化学除草。

直播稻田：直播稻根据水分管理方式的不同可分为水直播稻和旱直播稻两类。水直播稻田杂草种类多，湿生、沼生、浅水生和水生杂草均有发生；且密度大、发生期长、危害重。水直播稻田杂草发生主高峰期通常为播后1周至25天左右。在药剂选用上要力求广谱、高效长效、安全。旱播稻田土壤湿润无积水、透气性良好，以旱生和湿生杂草为主。旱播水管田和旱稻田杂草的防治对策基本上与水播稻田相同，只是在用药品种和方法上应适应旱田的特点。如播后苗前可用噁草灵加丁草胺作土壤处理，但苗后则不宜使用，否则效果较差，在旱直播田进行化除尤其要注意施药质量，进行土壤封闭时应选用喷雾法。

3.3 华东水稻病虫草害防治药剂的使用概况

中国农药工业协会《“十二五”农药工业发展专项规划》数据显示，2010年，我国农药原药生产量为234万t，其中杀虫剂和除草剂所占比例高，分别占31.4%和45.0%，杀菌剂占7.1%。我国农药使用量约170万t，出口量在60万t左右^[15]。

在害虫农药防治上，螟虫的化学农药防治经历了从高毒农药到低毒农药的发展过程，20世纪50年代到70年代，有机氯农药“六六六”被大量用于防治螟虫。发现“六六六”对人畜有剧毒以及具有严重的环境残留问题后，有机磷和氨基酸酯类农药登上了历史舞台，如甲胺磷，敌百虫等，但由于有机磷农药的剧毒性，也相继被禁止使用，毒性较低的Bt乳剂、氟虫腈与三唑磷微乳剂、敌百虫、阿维菌素、杀虫单和杀虫双等开始大规模推广使用。近年来，一种新型的化学农药康宽成为田间螟虫防治的主要农药品种。飞虱防治用药同样经历了从高毒农药到低毒农药的发展过程。甲胺磷曾经一度是飞虱防治的主要农药，但由于剧毒、对人畜不安全等被禁止销售和使用。之后，非杀生性的化学农药扑虱灵、吡虫啉、啶虫脒、叶蝉散等用于飞虱的防治中，由于抗药性的发生，吡虫啉在田间的应用开始出现了问题，吡蚜酮、螺虫乙酯等开始大规模地使用。

在病害农药防治上，水稻纹枯病的防治，主要推广苯醚甲环唑·丙环唑、井冈·蜡芽菌、井冈霉素、噻呋酰胺等药剂。防治稻瘟病主要使用三环唑、咪鲜胺、稻瘟灵等药剂。稻曲病防治靠苯醚甲环唑·丙环唑、丙环唑、井冈·蜡芽菌、井冈霉素、碱式硫酸铜等。

自20世纪80年代，稻田除草剂在华东地区广泛推广以来，除草剂品种数量有了很大的增长，除草剂使用技术也有较快发展。归纳起来主要有以下五个方面^[11]：（1）除草剂品种数量不断增多。自1982年实行农药登记制度以来，我国已登记用于稻田防除禾草、莎草、阔草的共计18类、51个。其中，登记用于水稻田间除草的49个，用于田埂除草的2个。此外，登记用于水稻的除草剂混剂组合也超过了60个。（2）复配除草剂广泛使用。复配一次性除草剂具有杀草谱广、防效好、省工省药省农本等优点。20世纪90年代在华东地区才开始研发复配一次性除草剂，到2002年江苏省农药企业在水稻登记的复配一次性除草剂就达26种之多。到目前，已超过60个，复配一次性除草剂已成为稻田除草剂重要品种。（3）稻田除草剂品种与水稻栽培方式协同发展。最近十余年来，华东地区水稻栽培方式变化较大，传统手插秧逐渐被直播和机插秧代替。水稻栽培方式的变化，对除草剂品种的要求也在发生转变。手插秧对除草剂的选择性要求较低，即使选择性比较差的除草剂品种也可依靠位差和时差选择性应用，而直播则对除草剂品种的选择性要求比较严格，如在直播中广泛使用的敌稗、苄嘧磺隆、吡嘧磺隆等磺酰胺类除草剂品种均对水稻具有高度选择性。

（4）稻田除草剂使用技术创新。稻田除草剂使用技术的创新主要有三个方面。首先是旱地除草剂用于水田，如乙草胺、都尔、敌草胺、使它隆等都是旱田除草剂，现已在稻田广泛应用。由于施药后稻田有水层保护已施入田中的药剂，同时稻田杂草种子幼苗在淹水条件下组织柔嫩耐药能力差，因而用药量比在旱田低。其次，水田除草剂用于旱田，如苄嘧磺隆用于防除麦田阔叶草等。另外，使用毒土、毒肥等方法施药等。（5）高效低残留的除草剂使用增加。对环境、对作物安全性高的除草剂使用面积扩大，对环境和作物安全性差的除草剂使用面积缩小或被禁用。目前在稻田被禁用的除草剂有除草醚、五氯酚钠等，使用面积缩小的有甲磺隆、乙草胺、异丙甲草胺等。

3.4 华东水稻病虫草害的防控成本状况

生产调研发现，目前华东稻区病虫草害仍以化学防控模式为主。为此，本报告以江苏为重点区域，对水稻病虫草害防治成本进行了农户调研。结果显示，不同地区、不同种植规模农户一季水稻病虫草害的防治次数和防治成本存在较大差异。江苏省苏南、苏中、苏北水稻病虫草害的防治次数和防治成本随着水稻种植规模的提高而呈下降趋势（图13），水稻种植多的大户一般防治5~6次即可，防治成本平均为67.2元/亩；而小户则一般要防治7~10次，防治成本平均为100.8元/亩。

农户调查还显示，在不同地区之间，防治次数和防治成本也存在一定的差异（图9）。在不同地区调查的农户中，防治次数和防治成本均为苏中（约7次，82.9元/亩）>苏北（约6.6次，72.6元/亩）>苏南（约5次，53.4元/亩），其原因可能与不同区域水稻种植规模和植保服务体系相关。苏南稻区，水稻规模化经营比例较高，且植保服务体系健全，所以，防治次数少、防治成本低；苏中稻区户均水稻面积少于苏北稻

区，植保服务体系苏中与苏北差异不显著，因此，苏中水稻病虫草害防治次数最多、成本最高。

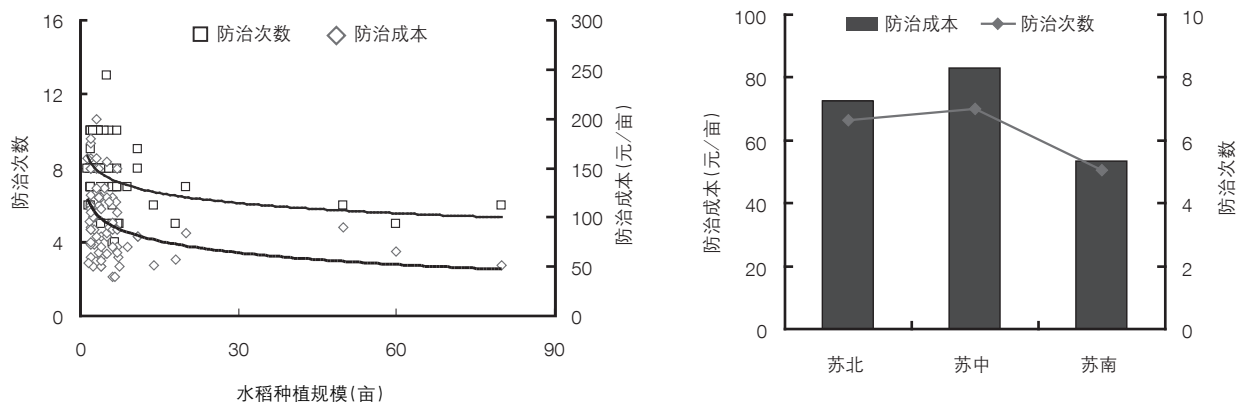


图9 水稻病虫草害防控的农户差异

3.5 华东水稻病虫草害化学防控的主要问题

近年来，由于稻作制度的优化调整、高抗品种选育、高效化学药剂应用、植保技术和服务体系的逐步完善，华东稻区水稻病虫草害得到了有效控制，发生程度呈现下降趋势，因病虫草害导致的大面积水稻减产现象日趋减少。但是，与理想的综合防治相比，仍存在一些亟待解决的技术问题。（1）防控模式仍以化学药剂防治为主，环境友好的生态防控模式推广应用仍不普遍，对稻农身体健康和稻田周边环境健康构成了较大威胁。（2）施药方式上仍以人工背负式喷药为主，一些先进喷药器械应用不普遍，防治效果不高，药剂用量偏多，农药残留问题仍比较严重。（3）药剂品种相对单一，用药量偏高，导致病虫草抗药性增强，防治难度加大，一些针对性强、高效、低毒、低残留的药剂仍亟待研制。（4）植保服务体系仍不够完善，对农户的直接技术指导减少，导致用药时机不准，乱用药现象仍比较突出。（5）农户对安全用药仍不够重视，环境保护意识仍需加强，自我保护意识薄弱，急需技术服务和安全宣传，消除病虫草害防治中的安全隐患。

病虫草害的化学防控效果显著，但化学农药的大量使用也对周边生态安全和环境健康构成严重威胁。虽然华东地区水稻种植已经严禁施用有机氯、有机磷、除草醚等毒性强、降解慢、广谱性的农药，但由于历史上的化学农药大量使用，华东稻区农田土壤中的农药残留问题仍比较严峻。以上海崇明农田土壤中9种有机磷农药残留检查结果为例^[10]，稻田土壤和蔬菜地土壤有机磷农药均有不同程度检出，其中水稻田土壤检测出的有机磷农药总量在0.23~0.69 $\mu\text{g}/\text{g}$ 之间，检出种类主要为甲拌磷、乐果、二嗪农、马拉硫磷、对硫磷，其来源主要是历史的农药施用残留。另据安徽巢湖表层水体15个样点的DDT农药残留检查发现^[5]，丰水期DDT含量范围为1.52~21.79ng/L，平均含量为9.98~4.73ng/L，这些DDT残留主要来自历史上工业DDT农药的残留和其他DDT值较高的农药(如三氯杀螨醇等)。近年来，随着生产上高效、低毒、选

择性强的新型农药大面积推广使用，水稻农药残留问题已经日趋消除。尽管生产上和市场上偶有稻米农药残留超标问题^[7]，但也主要是由于农户用药量过高、用药时间过迟所致。现有研究发现^[9]，水稻中后期的施药时期、农药种类、施药剂量与次数和稻米的农药残留显著正相关。农药剂量提高1倍，残留量提高30%~50%，有机磷类农药的残留明显较其他种类的农药高。因此，为了确保稻米食用安全，建议应适当降低农药施用次数，适度降低剂量，选用高效、安全、低残留农药。同时，应注意用药时期，稻田最后一次用药应该在收获前35天以上，并适当延长糙米贮存期，一般贮存90天后，农药残留量低于允许残留标准。

4 中国华东水稻病虫草害生态防控技术与模式

4.1 华东水稻病虫草害生态防控的关键技术

虽然目前华东稻区病虫草害防控仍以化学防治为主，但生产实践中，以耕作制度防治、物理防治、生物防治和生物农药防治为关键技术的生态防控正在示范推广中，将可能成为华东稻区主体防控技术。目前生产上示范推广的生态防控关键技术包括：

(1) **水稻病虫害的耕作制度防治技术**。该技术主要是通过不同耕作措施的优化组合，以形成不利于病虫草害生长发育的生境，以减少越冬病虫草基数，抑制病虫草群体增长，从而起到对病虫草害的控制效果。该技术包括作物品种的布局调整、种植方式的调整、土壤耕作方式和秸秆处理方式的调整等，其中以土壤耕翻和秸秆处理为主。比如冬季稻田土壤耕翻冻垡、晒垡，减少越冬病虫草数量；秸秆，尤其是感病秸秆和草害严重的田间焚烧和堆沤，以减少病虫草基数。这些措施对非迁飞性害虫和土传性病害及杂草的控制效果显著，在生产上应用比较广泛。

(2) **水稻病虫害的物理防治技术**。采用物理隔离，以及利用温度、光、电、声音、颜色等进行物理防治的措施。比如温汤浸种以杀死种传病害的病原微生物、利用颜色诱杀害虫等，其中在大田应用最为广泛的是防虫网、杀虫灯、黄板诱杀等。防虫网效果显著，但成本高。杀虫灯和黄板诱杀等方法有一定防控效果，但在大田中使用仍然存在一些问题。比如杀虫灯的使用寿命不长，容易损坏，在农村地区容易出现偷盗杀虫灯的情况。部分农民对使用杀虫灯防治害虫的效果表示怀疑，担心将周边农田中的病虫引到自己的稻田中。使用电的杀虫灯，存在用电的问题，农民不愿意支付电费。杀虫灯目前“诱”虫的功能较好，但“杀”虫效果不佳。另外，杀虫灯对具有趋光习性的非靶标生物同样具有杀伤作用，不利于稻田生物多样性保护。

(3) **水稻病虫草害的生物防治技术**。借助农田生态系统生物之间的相互关系，通过选用抗病虫草的品种、释放天敌、提高稻田生物多样性等措施，抑制稻田病虫草害的防治技术。目前生产上应用比较普遍的有抗病虫品种选用，以及正在示范推广中的释放天敌和提高生物多样性等技术。比如生产中通过释放寄生

蜂等天敌，可以对螟虫进行有效防治；稻鸭共作，可以对稻田病虫草害起到较好的综合防治效果。但是，这些防控技术也具有一定不足，尤其是病虫害大发生情况下，生物防治效果比较慢，对病虫害的防治效果欠佳，作物减产严重。

(4) **生物农药辅助防治技术**。生物农药防治是指利用害虫的病原生物如真菌，细菌，昆虫病毒及其代谢产物如信息素，生长素等对害虫进行控制。比如，生产中利用性信息素诱杀螟虫成虫，利用白僵菌进行害虫防治，利用苏云金杆菌进行螟虫等鳞翅目害虫的防治等。生物农药防治具有环境友好、无残留、保护天敌等优势，但其防治效果不如化学农药，目前还不能全面替代化学农药。

不同生态防控技术的主要防控对象以及防控效果存在一定差异，在生产上应各取所长，配合施用。如表1所示，耕作制度防治技术中的冬耕翻沷可以减少越冬虫卵和杂草基数，较好的防控下年螟虫和稻田杂草的发生。选择抗（耐）病品种可以有效的防止稻瘟病和稻曲病的发生。种子消毒则可以防控稻蓟马、稻飞虱、稻瘿蚊、稻瘟病以及恶苗病的发生。这三项技术易于操作、且成本较低，在生产上应用较为广泛。性引诱剂主要防治螟虫，但防治效果一般。稻鸭共作对稻田杂草防控效果最佳，同时也可以有效的防控稻飞虱，但对纹枯病防控效果一般。频振式杀虫灯可以防控螟虫、稻纵卷叶螟、稻飞虱和稻瘿蚊，但在生产上，杀虫灯往往诱虫效果好、而杀虫效果一般。采用生物农药对多种病虫害均具有较好的防治效果，例如井冈霉素或井冈霉素和蜡质芽孢杆菌的复配剂对纹枯病、稻曲病防治效果较好；枯草芽孢杆菌或春雷霉素可以防治稻瘟病；农用链霉素对细菌性条斑病防治效果较好；苏云金杆菌、阿维菌素对螟虫、稻纵卷叶螟具有较好的防治效果。保护利用天敌可以防治螟虫、稻纵卷叶螟和稻飞虱，但防治效果一般。采用防虫网隔离对稻纵卷叶螟和稻飞虱防治效果好。

表1 不同生态防控技术病虫草害防控效果

生态防控技术	病虫草害防控效果										
	螟虫	稻纵卷叶螟	稻蓟马	稻飞虱	稻瘿蚊	稻瘟病	纹枯病	稻曲病	细菌性条斑病	恶苗病	稻田草害
冬耕翻沷	☆☆										☆☆
品种选择						☆☆☆		☆☆☆			
种子消毒			☆☆	☆	☆	☆				☆☆☆	
性引诱剂	☆										
稻鸭共作				☆☆			☆				☆☆☆
频振式杀虫灯	☆	☆		☆	☆						
生物农药	☆☆	☆☆				☆	☆☆☆	☆☆	☆☆		
保护利用天敌	☆	☆		☆							
防虫网		☆☆☆		☆☆☆							

注：病虫防控效果分三级：☆表示一般，☆☆表示较好，☆☆☆表示好；

4.2 华东水稻病虫害生态防控的示范模式

区域生产调研和专家咨询发现，目前华东地区水稻病虫害生态防控比较成功的示范模式包括人工隔离的设施防控模式、稻鸭共作的生物防控模式和技术集成的综合防控模式。这些模式多被一些绿色稻米和有机稻米生产企业和种植大户所采用，部分技术模式已经开始在农户中应用。

4.2.1 人工隔离的设施防控模式

人工隔离的设施防控示范模式，主要是采用防虫网进行空间隔离，配套杀虫灯和诱虫板等器械，防止稻田系统外部病虫害侵入，起到控制稻田病虫害的一种物理防治模式。其中防虫网在育秧过程中，尤其是机插秧，已经得到大面积应用。大田生产中，由于其成本较高，防虫网技术主要用于有机稻米生产。

(1) 模式设计与技术关键

防虫网材料与规格：通常采用抗老化、耐腐蚀、无毒的高密度聚乙烯为原料拉丝精织而成。常用颜色为白色、银灰色和黑色。稻田常用白色或银灰色，如果强化遮光效果，可选用黑色防虫网。防虫网规格有20目、24目、32目、40目、50目等，常规幅宽1~2m。通常选用的目数为20~40目。目数越多防虫效果越好，但是通风、透光性也会降低。防虫网覆盖一般有三种棚架结构。第一种是以大型钢架拱棚为构架，外铺防虫网。可在水稻秧田和本田使用。第二种是以竹木结构为主的中、小型简易大棚。该类棚可以选用拱形或平顶结构，外面覆盖防虫网。该类棚比钢架棚小，一般高2m左右，结构功能与钢架大棚相似。适用于水稻秧田或本田。第三种是竹架小拱棚，外铺防虫网。此类棚结构简单，一般较矮，主要用于水稻秧田。在生产条件比较先进的地区，常采用较大规模的防虫网结构，防虫效果好。

诱虫色板材料与规格：为了提高设施隔离的防虫防病效果，减少网内原有虫源，在生产上常配套诱虫色板。诱虫色板一般选用特定颜色的专用塑料板或纸板，在表面（单面或双面）涂布无公害粘虫胶制成。有黄色、蓝色，以及红、粉、灰等颜色。稻田常用黄色或蓝色板。主要用于防治飞虱、稻蓟马、叶蝉等。诱虫色板规格一般有25cm×40cm、25cm×30cm、25cm×20cm、25cm×10cm等。稻田一般常用25cm×30cm，用竹（木）细棍支撑固定，下端高于作物顶部20cm为宜。田间均匀分布，一般每亩悬挂20片左右，并根据虫口密度酌情调整。

秧田期技术环节：水稻秧苗覆盖防虫网能有效阻隔灰飞虱在秧苗上传染病毒，减少秧田用药，减轻病虫害发生。通常在揭膜后立即覆盖20~40目防虫网，阻止灰飞虱等害虫迁入，秧苗期全程覆盖。栽插前2天左右揭开防虫网炼苗，并施用送嫁药。防虫网覆盖一般采用以下方法：在秧板上，沿秧板四周用锹切口，将防虫网边埋入土中5~10cm，将埋网缝口压实。多余部分防虫网抛在秧床面上，以使秧苗有一定的生长空间；有条件的可在网下每隔1.5~2m插一根弧形支架呈拱棚式，以支撑防虫网。然后，在防虫网上方每隔2~3m，与秧床横向交错拉一道塑料扎丝，并随秧苗生长逐渐放松扎丝，以防大风撕裂。在一些大型的工

厂化育秧单位，可建设大型的钢架结构，覆盖防虫网。

本田期技术环节：一般采用防虫网和诱虫色板相结合的防控模式。防虫网阻隔害虫迁入本田，诱虫色板诱杀本田发生的害虫。防虫网一般采用大型钢架拱棚或中型竹木结构大棚，移栽后立即覆盖20~40目防虫网。同时，在本田布置诱虫色板。色板用竹（木）细棍支撑固定，底部高于植株20cm，太高或太低效果均较差。田间棋盘式均匀分布。虫口密度较低时每亩悬挂25cm×30cm粘虫板10片；较高时每亩悬挂25cm×30cm粘虫板25片左右。当纸或板上粘虫面积占板表面积的60%以上时更换，板上胶不黏时要更换。悬挂方向以板面东西方向为宜。

(2) 主要病虫害的防控效果

防虫网可有效防控秧田稻飞虱和稻纵卷叶螟（图10）。大田试验示范发现^[13]，防虫网对秧田稻飞虱成虫、若虫、卵株、卵痕的防效分别为99.4%、99.1%、91.0%和99.2%，明显高于常规化学防治田87.8%、78.8%、0和40.2%的防治效果；防虫网对秧田稻纵卷叶螟成虫、卵、幼虫、卷叶防效均达100%；而常规化学防治田对稻纵卷叶螟成虫、卵、幼虫、卷叶防效分别为60.0%、39.9%、100%和100%。因此，在生产上采用防虫网隔离，可以减少秧田期防治稻飞虱用药约1~2次，减少本田期防治稻飞虱和稻纵卷叶螟用药约2~3次。

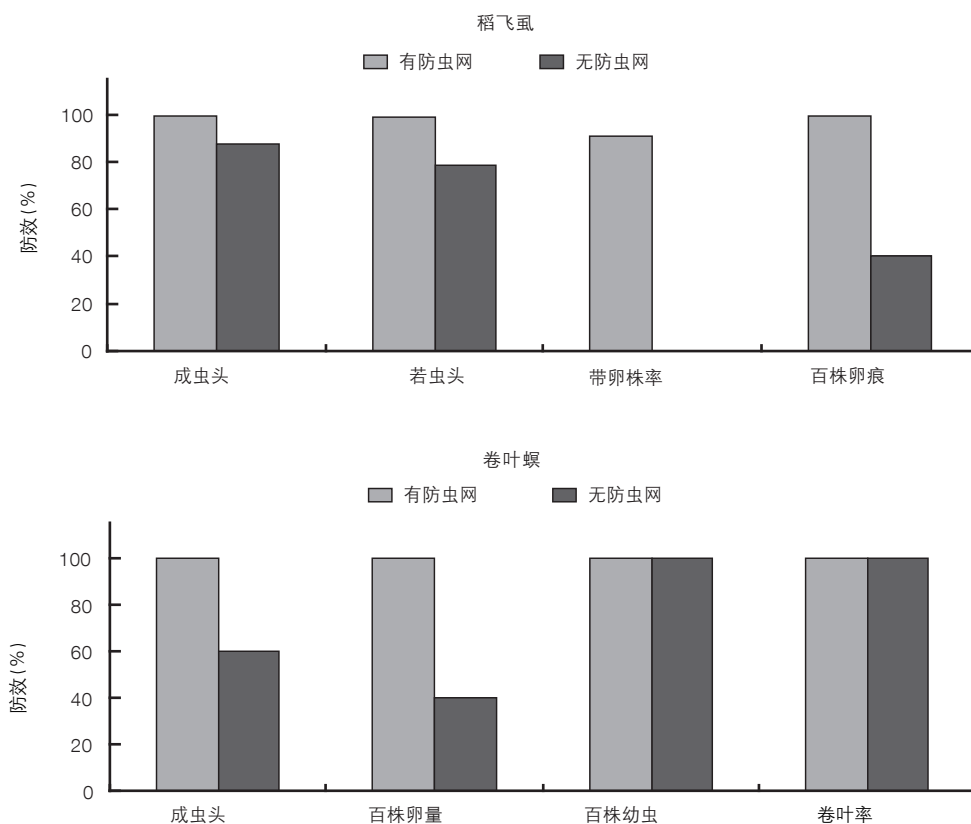


图10 防虫网对水稻秧田稻飞虱和卷叶螟的防虫效果

(3) 模式特点及推广应用问题

该模式采用防虫网、诱虫色板等设施来防止和控制稻田虫害的发生，可以有效的减少水稻秧田期以及本田期化学农药的使用，对于保护稻田环境、保障稻米安全具有重要意义。但是，在本田构建防虫网棚成本较高，并且在水稻全生育期覆盖防虫网，对稻田通风、透光均存在一定影响，对水稻高产有一定影响。目前，设施隔离的防治模式，尤其是水稻大田生长期，主要用于有机稻米生产。在大面积水稻种植中，主要在秧田部分采用了防虫网技术。另外，该模式主要对迁飞性害虫有很好的防治效果，对非迁飞性害虫、病害和草害的防治效果欠佳。在实际生产应用上，还要配套其他生态防治措施，甚至人工除草，才能实现病虫草害的有效防治。因该隔离模式的成本高，适宜于华东经济发达地区，尤其是适宜于从事有机稻米生产的企业或种植大户。

4.2.2 稻鸭共作的生物防控模式

(1) 模式设计与技术关键

稻鸭共作就是将水稻与肉鸭组合在一起，稻田为肉鸭提供栖息场所及草虫等饵料；肉鸭通过踩踏和捕食等活动控制稻田有害生物，并促进稻田养分循环。通常将雏鸭经过10天左右的训水，在水稻有效分蘖结束后全天候放养在稻田中，水稻抽穗扬花后收回成品鸭，稻鸭共生60~70天。在种养过程中应注意：选择符合稻鸭共作要求的基地；选用优质高效的水稻和役用鸭品种；适密促苗，科学肥水管理，注意对水稻中后期虫害防治；按照鸭子的生育进程进行分阶段饲养，提高鸭子成活率和商品价值，切实抓好鸭病防疫和天敌防备；因地制宜地简化防护设施，降低生产成本。

(2) 主要病虫草害防控效果

稻鸭共作模式示范农户的田间调查结果显示，稻鸭共作下稻田杂草、病虫害发生显著下降，农田有益生物数量明显增加，农户基本不用施用除草剂或杀菌剂。肉鸭能显著降低稻田阔叶和下层杂草的数量，防治效果达到95%以上，但对禾本科杂草的防效也达到85%以上。稻鸭共作对杂草的综合防效高于95%，而大量使用除草剂的化学稻作模式的综合防治效果为70%左右。稻鸭共作1年后，稻田杂草密度比常规化学除草稻作的低60.7%（图11）。连续4年稻鸭共作后，杂草密度平均比常规稻作模式低70%左右。生产调研也发现，稻鸭共作田块，基本上无需化学除草。

稻鸭共作下，水稻纹枯病发病率与大量施用农药的常规稻作化学防治模式的差异不显著（图19）。在不施用任何杀菌剂的情况下，稻鸭共作模式的水稻生育前期和后期的稻纹枯病发病率分别比施用杀菌剂的常规稻作低50.4%和45.2%，但生育中期高60.0%。田间考察发现，施用大量杀菌剂的常规稻田和稻鸭共作型稻田，均没有出现稻纹枯病的暴发。可见，在不施用任何杀菌剂的情况下，稻鸭共作表现出很好的水稻病害控制效应。因此，与常规生产方式相比，稻鸭共作可减少分蘖末期至孕穗期1~2次防治纹枯病化学用药。

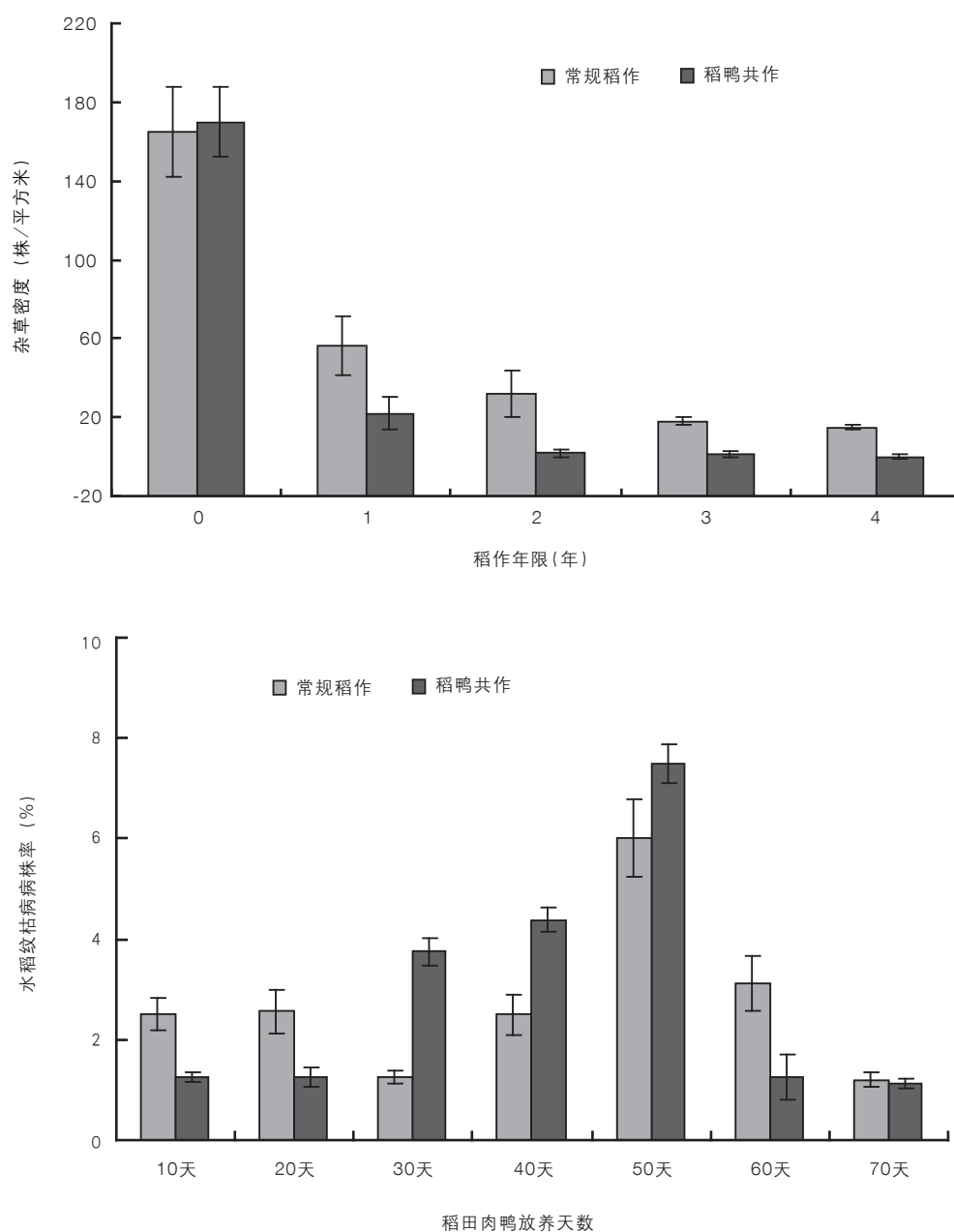


图11 稻鸭共作模式的杂草和水稻纹枯病发生情况

稻鸭共作下，稻田害虫，比如稻飞虱能得到比较好的控制。与施用杀虫剂的常规稻作相比，稻鸭共作的田块，稻飞虱的种群动态与常规稻作基本一致（图12）。稻鸭共作模式的种群数量略比常规稻作模式的高16.6%，但差异不显著。不过，两者的稻纵卷叶螟动态在水稻生育前期基本一致，到水稻灌浆成熟期稻鸭共作模式的显著高于常规稻作模式（图12）。这说明，稻鸭共作能很好地控制水稻基部的虫害，但对水稻冠层的虫害控制效果欠佳。与常规稻作相比，稻鸭共作能够减少水稻分蘖期至抽穗期1~3次防治稻飞虱化学用药。

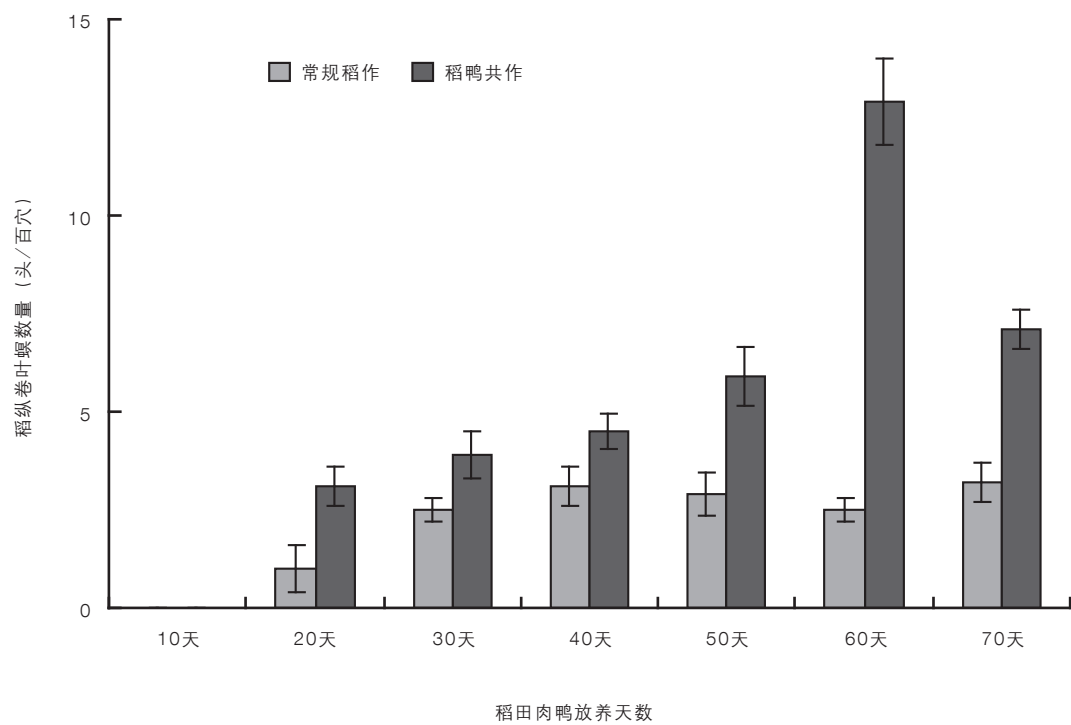
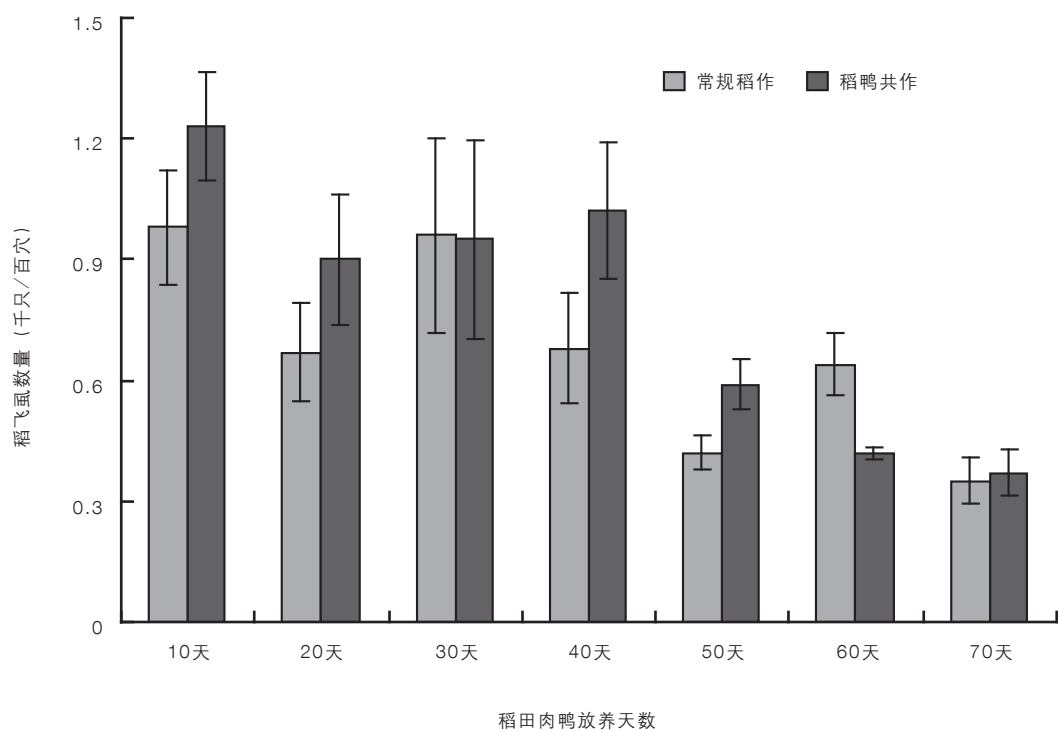


图12 稻鸭共作模式下稻飞虱和稻纵卷叶螟种群数量动态

(3) 模式特点及推广应用问题

稻鸭共作模式是目前生产上比较成熟的水稻病虫草害生态防控模式，在绿色稻米和有机稻米生产体系中被列为关键技术措施。该模式对水稻主要病虫草害均具有较好的防治效果，但对诸如稻纵卷叶螟等位于水稻植株冠层的病虫害防治效果欠佳，需要辅助生物药剂或化学药剂防治。稻鸭共作模式能明显改善稻米品质，提高稻米食用安全，但由于不施用化肥，水稻产量有所下降。但是，由于稻米质量提高，并收获一定数量的优质肉鸭，经济效益较高。不过该模式需要一定设施条件，且对农户种稻和养鸭技术水平具有一定要求，对生产环境也有较高的要求，大面积应用上仍存在问题。首先，稻鸭共作必须要大面积进行。因为稻鸭共作除了稻种、鸭种及人工成本外，还有围网成本。只有大面积进行，成本才能降下来。其次，稻鸭共作需要有稳定的稻米和鸭子销售渠道做保障。稻米的销售，必须要经营品牌，才能保证销量和效益；鸭子的销售则尤为集中，水稻在9月上旬灌浆，必须全部起鸭，大量鸭子集中上市，对销售渠道压力较大。华东地区普通农户一般只有几亩田，且分散不一致，生产上不易管理，且稻米和鸭子销售风险较大。因此，稻鸭共作模式并不适合华东地区的普通农户，仅适合从事无公害、有机稻米生产的种植大户或企业。

4.2.3 技术集成的综合防控模式

(1) 模式设计与技术关键

综合防控模式是耦合农业防治技术、物理防治技术、生物农药防治等技术对水稻病虫害进行生态防控的技术模式。该模式属于综合防控模式，已经开始较大面积的推广示范。但在病虫害高发期，目前仍需要采用化学防控进行辅助防治，以降低作物减产风险。综合防控模式的主要技术环节如下。

合理轮作：合理安排轮作制度，改变多年重茬及种植单一的格局，以利于改善土壤理化性状，改变有害生物栖息生活条件，减轻病虫害发生。

深耕灌水灭蛹控螟：利用螟虫化蛹期抗逆性弱的特点，在春季越冬代螟虫化蛹期统一翻耕冬闲田、绿肥田，灌深水浸沤，浸没稻桩7~10天，可杀死70%~80%的螟蛹，有效降低虫源基数。稻-麦、稻-油等冬种田在收获后及时耕沤，也有一定灭螟效果。双季稻连作田早稻收割后及时翻耕灌水淹没稻桩，可杀死90%以上的螟虫。

秸秆处理：播前彻底清除田间病虫残株，将上年带有病、虫秸秆搬离田间，或直接焚烧或堆沤，压低病虫源基数，减轻来年病虫的发生。

选用抗病品种：选用抗（耐）稻瘟病、稻曲病、条纹叶枯病的水稻品种，淘汰抗性差、易感病品种，及时轮换种植年限长的品种，是预防病害的根本措施。

科学栽培管理：合理安排播期，培育壮秧。肥料施用要节氮增磷钾，有机肥、无机肥配套平衡施肥；底

肥要足、追肥要早；以提高水稻抗病性。科学灌溉，秧苗期不淹苗，大田期不串灌、漫灌；适时适度搁田，后期间歇灌溉、干干湿湿，成熟期不宜过早断水。创造不利于病虫增殖的环境条件，以控制病虫害的危害。及时清除田间病稻及田埂杂草，减少菌源及害虫越冬虫卵量。

灯光诱杀害虫：每30~50亩稻田安装一盏频振式杀虫灯，杀虫灯底部距地面1.5m，于害虫成虫发生期天黑后开灯，天亮后关灯，可诱杀二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、稻黑蝽等多种害虫。

生物农药防治技术：用井冈霉素或井冈霉素与蜡质芽孢杆菌的复配剂，于水稻孕穗期破口抽穗前7~10天施用，可有效预防稻曲病，并兼治纹枯病。用枯草芽孢杆菌或春雷霉素，在叶（苗）瘟出现急性病斑或发病中心、破口抽穗期遇阴雨天气时，均匀喷雾，齐穗后再喷1次，对稻瘟病有良好的预防和防治效果。用苏云金杆菌、阿维菌素于二化螟、稻纵卷叶螟卵孵化盛期防治，有良好的防治效果，尤其是水稻生长前期，使用苏云金杆菌可有效保护稻田天敌，维持稻田生态平衡。但要注意苏云金杆菌对蚕高毒，临近桑园的稻田慎用，可以考虑投放寄生蜂卵。

昆虫性信息素诱杀二化螟技术：在二化螟越冬代和主害代始蛾期开始，田间设置二化螟性信息素，每亩放一个诱捕器，内置诱芯1个，每代更换一次诱芯，诱捕器高出水稻植株顶端30cm。集中连片使用，可诱杀二化螟成虫，降低田间落卵量和种群数量。

植物性驱虫剂：在稻飞虱和稻纵卷叶发生比较严重的时期，可以喷施一些纯植物制剂，对水稻害虫进行触杀和驱赶。生产上常用的有辣椒素、苦楝子素等，是植物的活性成份，对害虫有刺激性并可在口器中产生苦味或灼烧感，起到杀虫和拒食驱虫效用。

化学药剂辅助防治：在病虫害大发生的年份，如果生态防控技术难以有效控制病虫害发生，可以考虑进行化学药剂的辅助防治。在播种前用进行种子消毒，比如可用吡虫啉拌芽谷预防秧苗期稻蓟马、稻飞虱等；在秧苗期和移栽前，可用三唑磷或氟虫腈加吡虫啉预防稻蓟马、螟虫和稻飞虱等；在分蘖期，可用三唑磷、氟虫腈等防治螟虫，注意预防稻飞虱等；在拔节至成熟期，可用苯醚·甲环唑预防纹枯病、稻曲病，用三唑磷加噻嗪酮防治稻纵卷叶螟、稻飞虱。

(2) 主要病虫害防控效果

合理施肥，建立健康的水稻植株和群体，增强植株抗性，是生态综合防控的关键技术环节。氮肥施用量和施用方法对水稻病虫害发生程度影响显著。生产调研结果显示（图13），高氮处理下（纯氮25kg/亩），稻纵卷叶螟、稻飞虱和纹枯病的发生程度分别比低氮处理（纯氮10kg/亩）的高58.4%、60.9%和50.0%，比中氮处理的（纯氮15kg/亩）的高32.3%、35.1%和23.8%。主要原因是氮肥过多施用，导致植株氮含量提高，群体隐蔽通风透光性能差，对病虫害的抗性下降。

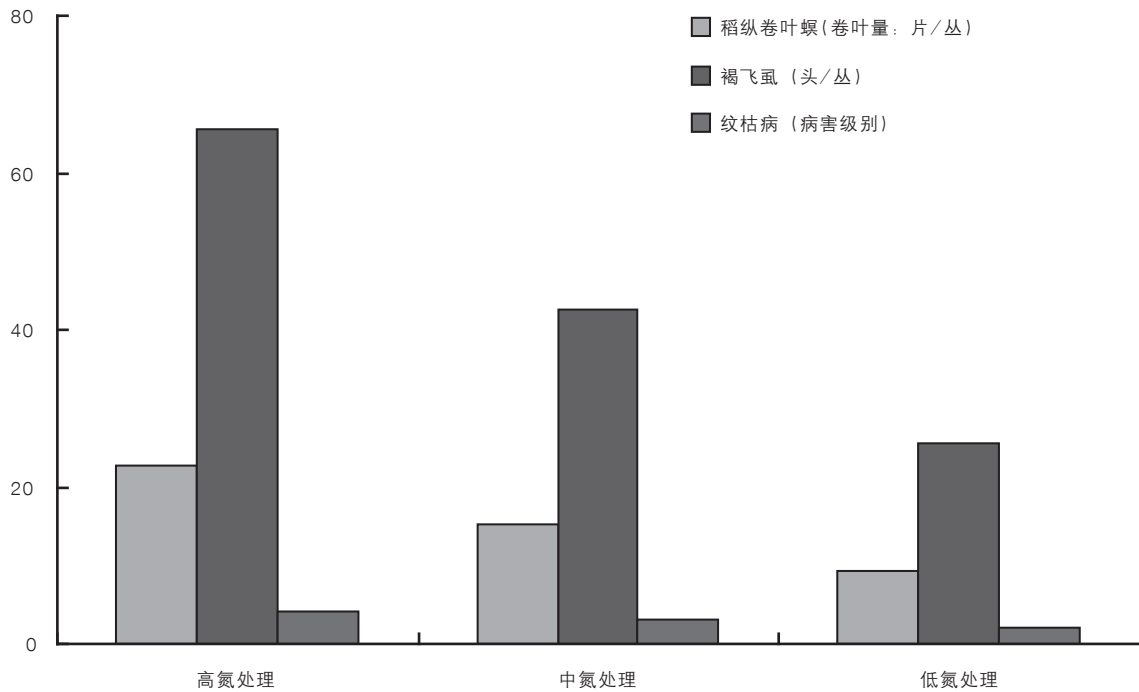


图13 不同氮肥处理下水稻病虫害发生情况

诱虫灯是综合防控模式的关键技术之一，对稻飞虱和稻纵卷叶螟有良好的诱杀作用，且诱虫效果明显好于白炽灯和黑光灯。有研究表明^[14]（图14），诱虫灯总诱虫量为普通白炽灯的1.4和4.8倍，为黑光灯的75.8和177.8倍。两种害虫相比，诱虫灯对稻飞虱的绝对诱集量高于稻纵卷叶螟，但相对效果以稻纵卷叶螟更好。

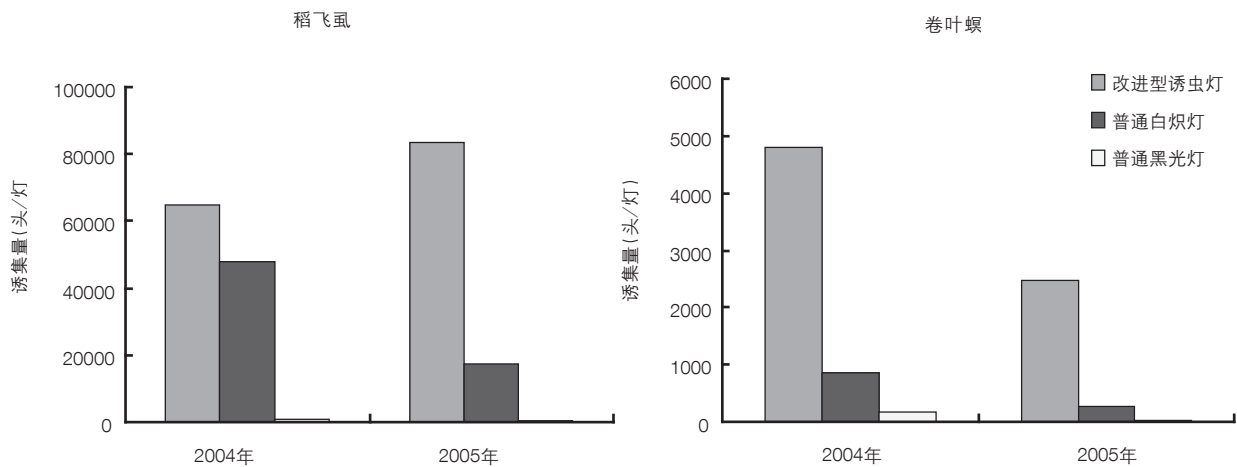


图14 诱虫灯对稻飞虱和稻纵卷叶螟诱集效果

施用生物农药是综合防控模式的辅助措施，对水稻卷叶螟和褐飞虱有明显的防治作用。大田研究结果表明^[4]（图15），药后不同天数下，三种生物农药（藜芦碱、鱼藤酮、阿维菌素）对水稻卷叶螟的虫口减退率均在60%以上，其中药后7天的防效最高，而对照处理（毒死蜱）的虫口减退率都为负值；三种生物农药对褐飞虱的虫口减退率为36.2%到78.6%，显著高于对照处理的-41.2%到-17.2%。

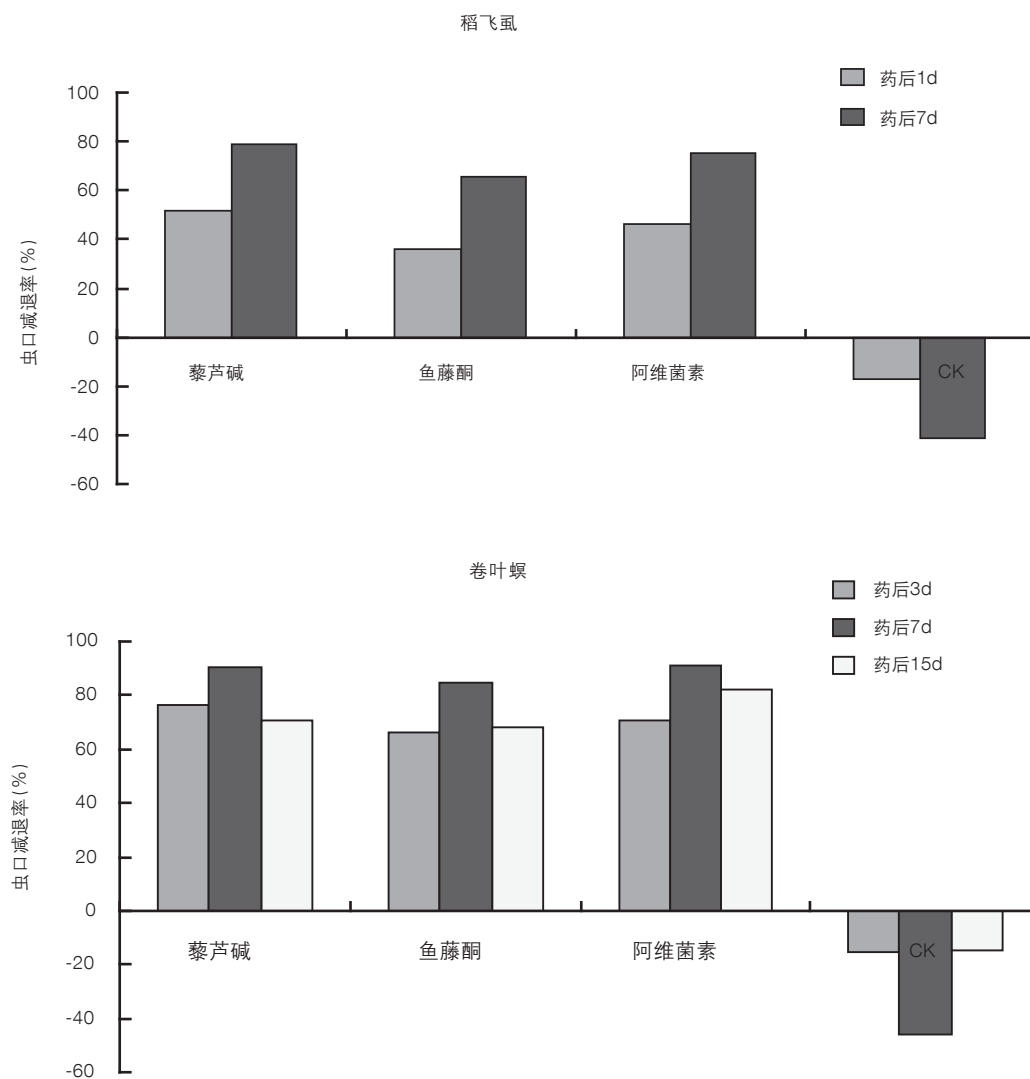
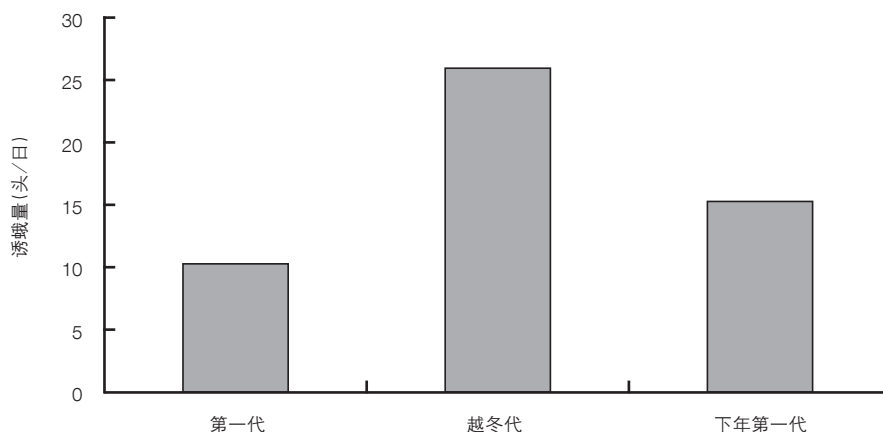


图15 三种生物农药对水稻卷叶螟和褐飞虱的田间防治效果

二化螟性诱剂是一种常见的昆虫性信息素。研究显示^[8]，装有二化螟性诱剂的诱捕器对第一代、越冬一代和下年第一代二化螟的诱捕量分别为10、26、15头/日，结果表明性诱剂对二化螟有较好的诱捕效果（图16左图）。不同诱捕器对二化螟诱杀效果差异较大（图16右图），水盆诱捕器诱杀效果最好，其次是筒形诱捕器，笼罩诱捕器较差。

性诱剂对不同世代蛾虫诱杀效果



不同诱捕器诱杀效果

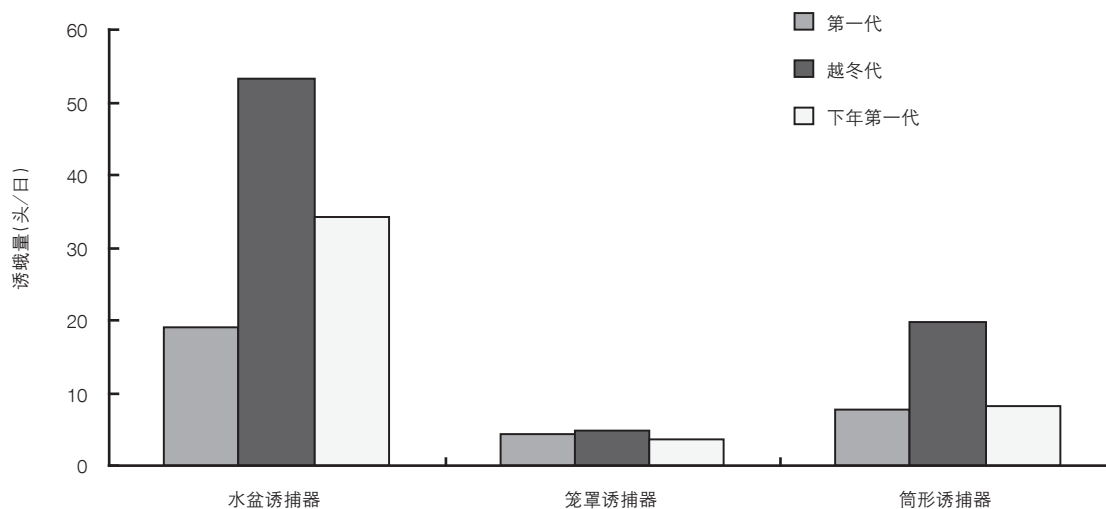


图16 装有二化螟性诱剂的捕虫器对二化螟的防治效果

(3) 模式的特点与推广应用问题

技术集成的综合防控模式将农业防治、生物防治、生物农药防治和物理防治于一体，病虫害防控效果较好；并且许多关键技术，例如合理轮作、翻耕深沤、水肥管理、井冈霉素等生物农药已经在生产中应用多年，具有广泛的生产应用实践基础，便于集成模式的大面积推广应用。但是，该模式关键技术较多，技术环节衔接复杂，并且要求各种技术措施能够科学合理的综合运用，及时落实，生产管理略显繁杂，农户很难全面掌握。生产中如果对各关键技术掌握不好，尤其是病虫害大发生的季节和年份，常出现防治效果下降现象，必须辅助化学农药防治。综合防控模式的合理轮作、翻耕深沤、选用抗（耐）病品种、水肥管

理、采用井冈霉素等生物农药已经在生产上应用多年，适合华东大部分地区水稻生产。而频振式杀虫灯成本较高，性信息素诱杀、植物源驱虫剂防控效果有限，适合作为华东地区有机稻米生产中病虫防控的辅助措施。

5 中国华东水稻病虫草害生态防控的技术展望及推广建议

5.1 华东水稻病虫草害生态防控技术展望与应用前景

随着水稻品种的逐渐改良和栽培技术的不断进步，华东地区水稻总产近年来稳中有增。水稻生产的目标也从以往的高产、优质拓展到高效、生态、安全，水稻生产对环境友好型种植技术的需求日益迫切。水稻病虫草害生态防控技术以“绿色植保”为目标，通过采用农业、生态、物理等非化学技术以及选择应用生物农药等技术措施来控制水稻病虫草害，是目前水稻生产中减少化学农药使用、减少农药面源污染、保障稻米品质的重要技术途径。但是现有的生态防控技术在生产应用中也存在着一些问题。例如，单项生态防控技术仅能在某一阶段，防治一项或几项病虫草害。在水稻全生育期，需要综合利用各项技术才能有效防控病虫草害。并且这些防控技术的效果与当年度的虫量和发生程度是有密切关系的。在虫口密度不大，发生不严重时，生态防控能够起到较好的防控效果。但在病虫草害发生严重时，仅依靠生态防控技术不能得到有效控制，仍需要采用化学农药进行辅助防治。此外，大多数生态防控技术成本较高、且生产管理费工费时，实施成本高。当前，华东地区水稻生产比较效益低下，普通农户不愿为此耗费物力和精力，有的农户甚至不防治害虫，进城打工。除了选用抗（耐）病品种、采用井冈霉素等生物农药这些成本较低、易于操作的技术在生产上大规模应用之外，其他生态防控技术很少为普通农户采用。因此，对于水稻病虫草害生态防控技术，还需以“生产成本低、农事操作易、防控效果好”为目标，加强生态防控的理论研究和技术研发工作。

华东地区水稻生产经营模式的转变也会推动和促进生态防控技术的推广应用。首先，水稻生产从普通农户小面积传统种植到大面积规模化高效生产的转变会推动生态防控技术的广泛应用。随着华东地区社会经济的迅速发展，农业劳动力逐渐向第二、三产业转移。普通农户小面积分散农田逐渐流转到种植大户手中，这在华东地区的江苏苏南、上海、浙江大部分地区非常普遍。与普通农户相比，种植大户更愿意在水稻生产管理上投入更多精力和物力以获取规模效益。尤其是生态防控模式中的合理轮耕、科学水肥管理等农业防治技术同时也是促进水稻高产的重要栽培技术。生产调研也发现，水稻种植大户的病虫草害防治次数和防治成本要明显少于普通农户。而且，规模化生产也可以降低采用生态防控技术的单位面积成本。随着华东地区水稻规模化生产的不断发展，将会逐步推动生态防控技术的推广应用。

其次，华东地区生态高效稻米种植产业的不断发展也会促进水稻病虫草害生态防控技术的推广应用。目前影响生态防控技术应用的重要原因之一就是生产成本太高，而常规水稻生产经济效益低下，仅仅依靠

政府的补贴是不够的。必须要靠推动发展经济效益较高的无公害、绿色、有机等生态优质稻米生产来激励小农户、种植大户或相关企业采用生态防控技术。从当前的生产现状来看，从事绿色、有机稻米生产的企业和种植大户是积极尝试生态防控技术的主力军。近年来，随着华东地区社会经济的迅速发展，人们对食品安全的日益关注，绿色、有机等生态安全的优质稻米市场需求也在日益递增。相应的绿色、有机等生态稻米的种植面积也在日益增加。目前江苏省扬州、金坛、句容、高淳等地获得有机水稻认证证书的种植面积已超过1万亩。江苏省自2000年在镇江市延陵镇率先开展稻鸭共作的研究与示范应用以来，全省推广应用面积已超过5万亩。浙江省稻鸭共作示范推广面积已超过45万亩。随着华东地区优质、生态稻米种植产业的不断发展，必然会对水稻病虫害生态防控技术的广泛应用起到引领和激励作用。

5.2 华东水稻病虫害生态防控推广建议

生态防控是未来植保的发展方向，是继害虫综合治理之后被植保技术人员广泛接受的新的植保方针和理念，倡导“公共植保，绿色植保，和谐植保”，尽量少用或不用化学农药。在将来的植保技术发展中，生态防控技术越来越发挥重要的作用。为了进一步完善生态防控技术体系，促进生态防控的推广应用，可采取以下相关措施：

(1) 继续加强生态防控技术的研究，提高防控技术的有效性和可操作性。调查发现，各项生态防控技术均有一定程度的技术缺陷或应用困难。比如，杀虫灯被盗，用电量，太阳能不稳定等；稻鸭共作对农田环境要求较高，对水稻冠层病虫害防治效果差，对水稻产量具有一定影响等；防虫网一次性投入高，对杂草控制效果不佳；生物农药效应慢，对爆发性病虫害防治效果不高等。这些问题均需要在关键技术层面和系统集成层面进一步研究克服，以提高生态防控的防治效果。

(2) 加强对农民的生态防治技术知识的普及教育，提高农户的生态环境保护意识。环境污染是涉及的社会问题，但对于不理解这一问题的农民而言，他们不会放弃农药带给他们的利益而转向于防治略差的生态防控技术。甚至于产生“杀虫灯将其他人田中的害虫引到自己田中”这样的误解。同时，要加强对稻农的生态保护意识宣传教育，使稻农不但重视病虫害防治对自身健康的影响，而且重视对生态安全和环境健康的影响，自觉采取环境友好的生态防控技术。

(3) 客观对待生态防控技术，防止生态防治技术的环境健康隐患。有些生态防控是对环境及人畜没有任何危害的，是“纯绿色”的。但有些并不是，比如辣椒水、苦楝子素和杀虫灯也能够杀死非靶标生物。而且，辣椒水对大田土壤微生态环境，杀虫灯造成的灯光污染也需要被慎重考虑。防虫网回收处理不当，也会引起环境污染。因此，在采纳生态防治技术时，要注意后续服务和材料处理问题。

(4) 建立农户激励机制，促进生态防控技术的推广应用。农户在采纳生态防控技术时，不仅可以保障

自身的身体健康，而且也改善环境质量。生态防控的外部环境效应，没有直接在农户生产收益中所体现，应该给予补贴。因此，政府应该科学评估生态防控的生态环境效应，通过行政优惠政策或财政直接补贴等方式，建立激励机制，对采纳生态防控技术的农户生态补贴，形成生态防控推广应用的长效机制。

(5) 扶持和引导生态高效水稻种植产业的发展，充分发挥其引领和示范作用。目前，绿色、有机水稻种植大户和企业是积极尝试和应用病虫草害生态防控的主力军。地方政府应在土地流转扩大生产规模、绿色和有机产品销售渠道保障、生态农产品品牌宣传等方面给予适当的政策和资金扶持，以保障生态高效水稻种植产业的健康、有序发展，充分发挥这些绿色产业在生态防控技术推广中的引领和示范作用。

附件：

中国华东地区 水稻重大病虫害生态防治的技术方案

水稻病虫害是影响我国水稻产量和质量的重要因素，有效地控制水稻病虫害的发生，是保障我国粮食安全的关键环节。根据植保部门的生产实践，利用生态防治手段能够在一定程度有效地控制水稻病虫害，减少甚至避免对化学农药的依赖。本方案是依据华东地区的地域特点，为了更好地在华东地区推广生态防治技术而制定。

一、防控目标

重大病虫害防治处置率达到90%以上，采用生态防治技术的应用面积达到80%以上，总体防治效果达到70%以上，病虫害危害损失率控制在10%以内，尽量避免或减少稻田化学农药使用。

二、防控策略

从生态防治的角度出发，利用稻田生态系统的自我调控能力，针对华东地区水稻生产中的重大病虫害，分别采用农业防治、物理防治、害虫天敌、抗性品种、合理施肥和调整耕作制度等生态防控手段为主，化学控制手段为辅，压低害虫越冬基数，控制害虫主害代的发生量，压制害虫种群的扩大，降低病虫害对水稻生产的危害。

三、生态防控技术措施

（一）重点防治对象

根据华东地区的水稻生长发育情况，前期重点防治灰飞虱、条纹叶枯病、二化螟、三化螟和大螟等，中期重点防治白背飞虱、螟虫、稻纵卷叶螟等，后期重点防治稻纵卷叶螟、螟虫、褐飞虱、纹枯病、稻曲病、蚜虫、叶蝉等。

(二) 生态防控关键节点及技术措施

(1) 轮作制度规划

合理安排水旱轮作，改变多年重茬及种植单一的格局，可有效减轻草害及土传病害的发生。

(2) 耕地

实时采用深耕灌水灭蛹技术，控制水稻螟虫。对于冬闲田和绿肥田，在春季时统一翻耕、灌深水浸沤，浸没稻桩7~10天，杀死螟蛹，降低虫源基数。对于稻-麦、稻-油等冬种田，在冬作收获后及时耕沤。对于双季稻连作田，则在早稻收割后及时翻耕灌水淹没稻桩，杀死螟虫。

(3) 秸秆处理

播前彻底清除田间病虫残株，将上年带有病、虫的秸秆搬离田间，或直接焚烧和堆沤，及时处理，压低病虫源基数，减轻来年病虫的发生。

(4) 品种选择

选择高抗良种，主要针对稻瘟病、白叶枯病和纹枯病，这是预防病害的最有效途径。品种要常更新，防止长期种植某一品种使该品种抗性降低而导致病害流行。

(5) 秧田期

首先，以培育壮秧为主要目的，推荐采用早育秧及塑盘育秧技术，培育健壮秧苗，提高秧苗抗病能力。其次，加强秧苗期肥水管理，严防氮肥过头，严控秧苗过嫩过绿；注意苗期水分管理，防止淹苗。最后，及时拔除病株，控制病害蔓延。第四，有条件的地区可采用防虫网育秧。

(6) 大田期

栽插时期的调整：华东地区的单季稻区，可根据地方植保病虫害预测信息，适当调整栽插期，使水稻感病敏感期避开白背飞虱迁入期，预防水稻黑条矮缩病。

水肥管理：加强肥水管理，适施氮肥，增施磷肥、钾肥，增强水稻的抗病性。一般要求底肥要足、追肥要早，以减轻稻瘟病、纹枯病、稻飞虱等病虫害危害。配施适量硅元素，增强稻株的抗性。大田期不串灌、漫灌是预防白叶枯病传播蔓延的主要措施。要适时适度烤田，可抑制纹枯病病情垂直扩展。成熟期不宜过早断水，可减轻穗瘟、稻飞虱等病虫害危害。

生物农药防治：尽量使用生物农药以减少化学农药的使用量。用井冈霉素或井冈霉素和蜡质芽孢杆菌的复配剂，于水稻孕穗期破口抽穗前7~10天施用，可有效预防稻曲病，并兼治纹枯病。用枯草芽孢杆菌或春雷霉素，在叶（苗）瘟出现急性病斑或发病中心、破口抽穗期遇阴雨天气时，均匀喷雾，齐穗后再喷1

次，对稻瘟病有良好的预防和防治效果，不污染环境，对水稻安全。用苏云金杆菌、阿维菌素于二化螟、稻纵卷叶螟卵孵化盛期防治，有良好的防治效果，尤其是水稻生长前期，使用苏云金杆菌可有效保护稻田天敌，维持稻田生态平衡。但要注意苏云金杆菌对蚕高毒，临近桑园的稻田慎用。

稻鸭共育生物防治：在有条件的地区，可以采用稻鸭共育技术进行稻田病虫草害的生物防治。水稻移栽后7~10天扎根返青、开始分蘖时放养雏鸭，一般以每亩放养10~20只。田面要有浅水层，使鸭脚能踩到表土的水层，以利于鸭脚踩混田水，起到中耕松土，促进根、蘖生长发育的作用。通过鸭取食活动，捕食稻田内的各种害虫，吃、踩杂草等有害生物，减轻纹枯病、稻飞虱和杂草等病虫草的发生危害。稻间害虫主要靠鸭捕食，如果病虫草害较重，可辅以高效的生物农药进行防治。

杀虫灯及昆虫信息素诱杀防治：在华东地区的经济发达地区，可采用杀虫灯及昆虫信息素诱杀技术配合进行水稻病虫害生态防控。在水稻中后期，田间设置频振式杀虫灯或二化螟性信息素，可诱杀二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、稻黑蝽等多种害虫。

高效低毒化学农药防治：如果病虫害高发，病虫害基数难以控制的情况下，可以选用高效低毒化学农药进行辅助防治。吡蚜酮、噻嗪酮、异丙威、醚菊酯防治褐飞虱，噻虫嗪、烯啶虫胺防治白背飞虱和灰飞虱，丙溴磷、氯虫苯甲酰胺、甲氨基阿维菌素防治稻纵卷叶螟，三环唑、咪鲜胺、稻瘟灵防治稻瘟病，宁南霉素等抗病毒剂与杀虫剂协调使用预防条纹叶枯病、南方水稻黑条矮缩病等病毒病，苯醚甲环唑·丙环唑、戊唑醇防治稻曲病。

四、生态防控重点推荐技术

（一）农艺综合生态防控技术

（1）合理轮作

合理安排轮作制度，改变多年重茬及种植单一的格局；以利于改善土壤理化性状，影响有害生物栖息生活条件，减轻病虫草害发生。

（2）深耕灌水灭蛹控螟

利用螟虫化蛹期抗逆性弱的特点，在春季越冬代螟虫化蛹期统一翻耕冬闲田、绿肥田，灌深水浸沤，浸没稻桩7~10天，可杀死70%~80%的螟蛹，有效降低虫源基数。稻-麦、稻-油等冬种田在收获后及时耕沤，也有一定灭螟效果。双季稻连作田早稻收割后及时翻耕灌水淹没稻桩，可杀死90%以上的螟虫。

（3）选用抗病品种防病

选用抗（耐）稻瘟病、稻曲病、条纹叶枯病的水稻品种，淘汰抗性差、易感病品种，及时轮换种植年限长的品种，是预防病害的根本措施。

(4) 科学栽培管理

合理安排播期，培育壮秧。肥料施用要节氮增磷钾，有机肥、无机肥配套平衡施肥；底肥要足、追肥要早；以提高水稻抗病性。科学灌溉，秧苗期不淹苗，大田期不串灌、漫灌；适时适度搁田，后期间歇灌溉，成熟期不宜过早断水。创造不利于病虫增殖的环境条件，以控制病虫害的危害。及时清除田间病稻及田埂杂草，减少菌源及害虫越冬虫卵量，达到控制病虫草害发生目的。

(二) 防虫网育秧技术

通常在揭膜后立即覆盖20~40目白色或银灰色防虫网，阻止灰飞虱等害虫迁入，秧苗期全程覆盖。抛栽前2天左右揭开防虫网炼苗，并施用送嫁药。

(三) 生物农药防治病虫害技术

(1) 苏云金杆菌（Bt）防治二化螟和稻纵卷叶螟

于二化螟、稻纵卷叶螟卵孵化盛期采用Bt防治，有良好的防治效果，尤其是水稻生长前期，使用Bt可有效保护稻田天敌，维持稻田生态平衡。

(2) 井冈·蜡质芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌防治稻瘟病

在叶（苗）瘟出现急性病斑或发病中心、破口抽穗期遇阴雨天气时，采用井冈·蜡质芽孢杆菌或枯草芽孢杆菌均匀喷雾，齐穗后再喷1次，对稻瘟病有良好的预防和防治效果，不污染环境，对水稻安全。

(3) 井冈·蜡质芽孢杆菌防治稻曲病

于水稻孕穗期破口抽穗前7~10天，施用井冈·蜡质芽孢杆菌，可有效预防稻曲病，并兼治纹枯病。

(4) 科学栽培管理

合理安排播期，培育壮秧。肥料施用要节氮增磷钾，有机肥、无机肥配套平衡施肥；底肥要足、追肥要早；以提高水稻抗病性。科学灌溉，秧苗期不淹苗，大田期不串灌、漫灌；适时适度搁田，后期间歇灌溉，成熟期不宜过早断水。创造不利于病虫增殖的环境条件，以控制病虫害的危害。及时清除田间病稻及田埂杂草，减少菌源及害虫越冬虫卵量，达到控制病虫草害发生目的。

(四) 稻鸭共养生物防控技术

水稻移栽后7~10天扎根返青、开始分蘖时，将雏鸭放入稻田饲养，每亩稻田放鸭10~20只，破口抽穗前收鸭。通过鸭子的取食活动，减轻纹枯病、稻飞虱和杂草等病虫草的发生危害。

(五) 灯光诱杀害虫技术

每30~50亩稻田安装一盏频振式杀虫灯，杀虫灯底部距地面1.5m，于害虫成虫发生期天黑后开灯，天亮后关灯，可诱杀二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、稻飞虱、稻黑蝻等多种害虫。

(六) 昆虫性信息素诱杀二化螟技术

在二化螟越冬代和主害代始蛾期开始，田间设置二化螟性信息素，每亩放一个诱捕器，内置诱芯1个，每代更换一次诱芯，诱捕器高出水稻植株顶端30cm。集中连片使用，可诱杀二化螟成虫，降低田间落卵量和种群数量。

主要参考文献

- [1] 陆峥嵘, 沈建英, 陆貽通. 上海稻田杂草群落变化趋势及其因子分析. 上海农业学报. 2005, 21(1): 82-86.
- [2] 陈勇奎, 张永华. 安徽省稻田杂草及防除. 第六次全国杂草科学学术研讨会. 1999: 465-468.
- [3] 沈建英, 唐国来, 何翠娟. 上海稻田杂草的分布和危害. 上海农业学报. 2004, 20(2): 85-88.
- [4] 李世广, 花日茂, 林华峰, 操海群, 胡娟, 胡鹏. 几种生物农药对水稻纵卷叶螟的田间药效试验. 农药. 2009, 48(11): 833-835.
- [5] 何伟, 秦宁, 王雁, 何珂霜, 孔祥臻, 欧阳慧灵, 徐福留. 巢湖表层水体中DDTs农药的残留特征、来源解析与风险评价. 湖泊科学, 2011, 23(3): 325-333.
- [6] 钱允辉, 王志强, 张夕林, 陆自强. 水稻中后期相关农药使用次数与农药残留量动态关系的研究. 中国农业科学. 2008, 41(9): 2678-2685.
- [7] 陈余平, 马丽萍, 汪少敏, 付晓陆. 农药残留超标稻谷在大米中残留状况的探讨. 浙江农业科学. 2008, 3: 344-346.
- [8] 苏建伟, 胜承发, 夏友保, 李千和. 二化螟性信息素应用技术: 笼罩诱捕器和筒形诱捕器. 昆虫知识. 2001, 38(2): 145-148.
- [9] 王强, 何锦豪, 李妙寿, 戴余有, 施德, 叶贵标. 浙江省水稻田杂草发生种类及危害. 浙江农业学报. 2000, 12(6): 317-324.
- [10] 周婕成, 陈振楼, 毕春娟, 史贵涛, 许世远. 上海崇明农田土壤中有机磷农药的残留特征. 土壤通报. 2010, 41(6): 1456-1459.
- [11] 苏少泉, 腾春红. 稻田除草剂的新发展. 世界农药. 2010, 32(3): 1-6.
- [12] 吴竞仑, 李秀梅, 李永丰, 周益民, 张剑玲, 周传金, 陈惠详. 江苏省稻田杂草群落演替趋势及防除对策. 杂草科学. 1995, 1: 17-21.
- [13] 曾义玲, 向占群, 李玉顺, 杨秀平, 潘应忠, 夏忠敏. 防虫网控制水稻“两迁”害虫实验初报. 耕作与栽培. 2010, 4: 29-30.
- [14] 陈仕高. 佳多虫情测报灯对水稻迁飞性害虫的诱集效应及其改进技术的探讨. 中国植保导刊. 2006, 5: 41-43.
- [15] 中国农药工业协会. “十二五”农药工业发展专项规划. 2011.

GREENPEACE 绿色和平

联络我们：

北京市东城区新中街68号聚龙花园7号楼聚龙商务楼3层 100027

电话：86-10-65546931 传真：86-10-65546932

www.greenpeace.cn

