



2011中国 水稻生态农业报告

——西南稻作区篇

GREENPEACE 绿色和平

greenpeace.cn

编写组成员

闵庆文 刘某承 白艳莹 曹智
何露 袁正 伦飞 徐远涛

中国科学院地理科学与资源研究所

目 录

1 中国西南稻作区（云南、贵州、四川）概况·····	1
2 西南稻作区近年来主要病虫草害发生情况·····	3
2.1 主要病害·····	5
2.2 主要虫害·····	7
2.3 主要草害·····	10
3 西南稻作区农药施用现状及其影响·····	11
3.1 西南稻作区农药施用现状·····	12
3.2 西南稻作区农药施用的影响·····	13
4 西南地区“绿色防控”措施及效果评价·····	14
4.1 “绿色防控”的背景与意义·····	14
4.2 西南稻作区“绿色防控”措施·····	15
4.3 西南稻作区“绿色防控”措施的综合效益与问题·····	16
4.4 西南稻作区“绿色防控”推广规划·····	20
5 基于生态学原理的西南主要水稻病虫草害防治方法推荐·····	21
5.1 基于生态学原理的防治方法·····	21
5.2 西南稻区典型生态防控模式·····	26
5.3 小结·····	39
6 中国西南稻作区病虫草害综合防控存在的问题及对策·····	40
6.1 问题分析·····	40
6.2 对策建议·····	41
参考文献·····	45

中国水稻生态农业报告

——西南稻作区篇

1 中国西南稻作区（云南、贵州、四川）概况

西南稻作区位于东经97°21′至109°35′，北纬21°8′至34°19′，西至金沙江，南至中国与缅甸、老挝、越南国界，东与广西、湖南、重庆相邻，北与陕西、甘肃、青海接壤。行政区划上包括云南、贵州、四川3个省，涉及398个县、区、市。全区土地总面积为105.5万km²，占全国陆地总面积的11.0%，2009年总人口为16554万人。

西南稻作区人口地区分布差异较大，贵州的人口密度较高，云南的较低。2009年年底，西南人口密度为156.9人/km²，贵州人口密度是云南的约2倍，四川略高于平均水平。

表1 2009年底西南各省人口基本情况

	总人口 万人	乡村人口 万人	土地总面积 万km ²	人口密度 人/ km ²	乡村人口比例 %
贵州	3798	2662.78	17.6	216	70.1
四川	8185	5017	48.5	169	61.3
云南	4571	3016.9	39.4	116	66.0
西南区	16554	10696.68	105.5	157	64.6

数据来源：《2010年云南统计年鉴》、《2010年贵州统计年鉴》、《2010年四川统计年鉴》

西南稻作区水资源丰富，2009年底地表水资源量4817.2亿m³，占全国地表水资源总量的20.83%，人均水资源量8714.9m³，是全国人均水资源量的4.80倍。区内河流有怒江、澜沧江、金沙江、雅砻江、元江、南盘江、北盘江等。

西南稻作区土地以高原、山地、丘陵为主，河谷、盆地面积较少，分布比较分散，机械化程度低；并且陡坡耕地所占比重较大，陡坡耕地普遍质量不高，土层浅薄，肥力低下，水土保持能力差，投入产出低。随

着经济的发展，农用地变更为建设用地的情况越来越多，耕地面积有减少的趋势。2009年末，该区常用耕地面积993.41万hm²（表2）。

表2 2009年西南各省耕地面积（khm²）

	云南	贵州	四川	西南稻作区
年末常用耕地面积	4200.2	1757.82	3976.09	9934.11

数据来源：《2010年云南统计年鉴》、《2010年贵州统计年鉴》、《2010年四川统计年鉴》

西南稻作区适于水稻生长的土壤环境有^{[1]. [2]. [3]}：

(1) 黄壤。形成于亚热带湿润季风气候和亚热带湿润常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林的山地生态环境。黄壤一般心土层显黄色、浅黄色、暗黄色，质地粘重，有机质含量少，代换性能低，盐基饱和度小，酸度大，适于喜酸性植物的生长。地势较平坦的地方，均已开垦为耕地，多为黄泥田、黄泥土和黄砂泥土，种植水稻、玉米、小麦、油菜等多种作物。未开垦地段，多为林牧用地，适宜于多种经济林木和牧草生长。

(2) 水稻土。水稻土是各类自然土壤在水耕熟化作用下形成的人工土壤。水稻土分淹育型水稻土、渗育型水稻土、潜育型水稻土、潜育型水稻土、脱潜型水稻土、漂洗型水稻土。

(3) 赤红壤（砖红壤性红壤）。赤红壤的发育程度次于砖红壤而高于红壤，一般土层深厚，有机质含量较高，质地多为重壤土，表土灰棕色，pH值4.5~6.0，心土棕红或棕黄色，底土多为红色，粘粒的硅铝铁率为1.7~2.0。赤红壤所处地区暖热多雨，无霜期长，可两年五熟。是双季稻、杂交稻、陆稻、玉米、甘蔗、棉花、花生、茶叶、紫胶、南药、柑桔、芭蕉、芒果等粮经作物、经济林木的发展基地。

(4) 红壤。一般红壤表土呈暗棕色和棕红色，心土层为红色或棕红色，底土红色、黄棕色或灰白色，多重粘壤至轻粘土，块状结构、通体酸性，pH值为5.0~6.0。

西南稻作区是野生稻的原产地之一，也是栽培稻起源地之一。解放后，稳定的社会环境及政府的重视，发展水利事业、扩大灌溉面积、筛选、推广水稻地方优良品种，实行育秧技术改革，水稻生产持续稳定发展。解放以来，发展较快的阶段有以下3个：第一阶段，1952—1956年。经过土地改革和实行农业合作化，激发了广大农民的生产积极性，稻谷种植面积、单产和总产都呈上升趋势。第二阶段，1966—1978年。国民经济经过三年（1963—1965年）调整以后，稻谷生产到1966年才恢复到1956年水平，并在此基础上重新起步，平缓发展。第三阶段，1979—1985年。农村进行了经济体制的改革，实行家庭联产承包责任制，生产关系适应生产力发展水平，极大地调动了农民群众的生产积极性。同时进行种植业结构调整，加快

科技推广，以及多年进行的基础设施建设发挥效益，稻谷生产发展很快。2009年，该区水稻播种面积达376.51万hm²，总产量2609.6万t，平均每公顷产量6702.7kg（表3）。

表3 2009年西南各省稻谷生产情况

稻谷	播种面积 (khm ²)	总产量/万t	每公顷产量/kg
贵州	1039.8	636.2	6119
四川	698.2	453.2	6490
云南	2027.1	1520.2	7499
西南区	3765.1	2609.6	6702.7

数据来源：《2010年云南统计年鉴》《2010年贵州统计年鉴》《2010年四川统计年鉴》

2 西南稻作区近年来主要病虫害发生情况

中国每年水稻种植面积约为3500万hm²，约占粮食作物播种面积的29%，占粮食总产量的42%。水稻病虫害是影响水稻高产、稳产、优质生产的重要因素之一，如果没有进行有效防治，水稻产量将受到严重损失。据报道，目前影响水稻种植的疾病有近百种，我国发生的有70多种，危害严重的有20多种。

近年来西南稻作区水稻病虫害发生较重：一是迁飞性害虫稻飞虱、稻纵卷叶螟大发生，迁入虫量大、降虫范围广、田间虫量高；二是一代二化螟在早栽田危害重，枯鞘率高；三是稻瘟病偏重发生，在老病区和感病品种种植区发生较重，发病品种较多，稻瘟病在海拔高稻区和晚栽晚熟的稻田蔓延速度较快，尤以优质稻、超级稻发病最重^[4]。2008年，西南地区三省农作物病虫害发生面积总计28086khm²（表）。

表4 西南地区三省农作物病虫害发生面积

单位：khm²

年份	四川	贵州	云南	总计
2005	14299	5096	6399	25795
2006	11733	5142	6357	23232
2007	14487	5385	7813	27685
2008	14590	6521	6975	28086

数据来源：《中国农业年鉴》

贵州省常年水稻病虫害发生面积3215万~3805万亩，其中稻飞虱常年发生1050万亩，稻纵卷叶螟发生690万~1135万亩，稻瘟病偏重发生，发生面积332万~445万亩，水稻螟虫偏重发生，以二化螟为主，发生面积316万~407万亩，纹枯病偏重发生，发生面积242万~285万亩，稻曲病中等发生，发生面积88万~123万亩，稻秆潜蝇中等发生，发生面积183万~296万亩¹。

云南省红河县2006—2010年水稻主要病虫害发生情况如图1，图2，图3所示²。

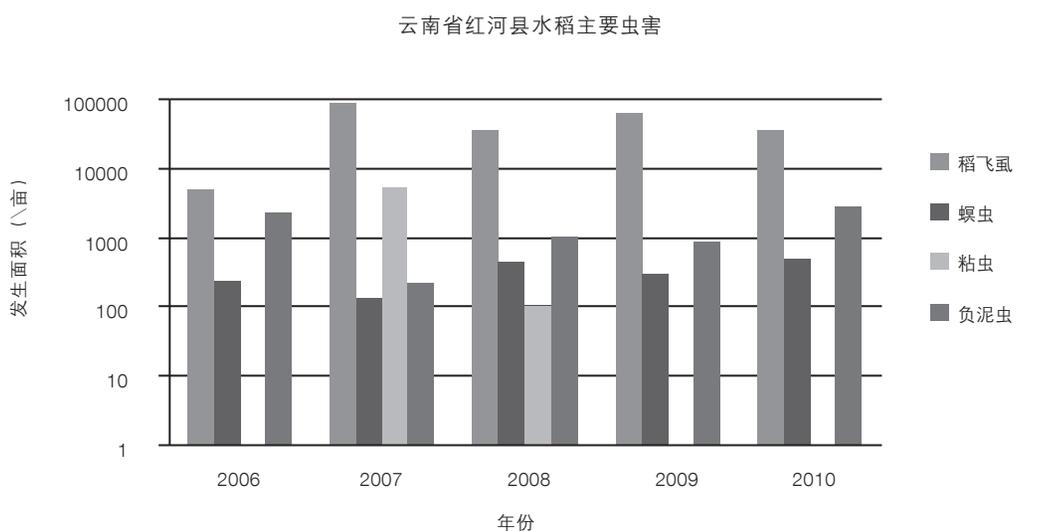


图1 云南省红河县2006—2010年水稻主要虫害发生情况

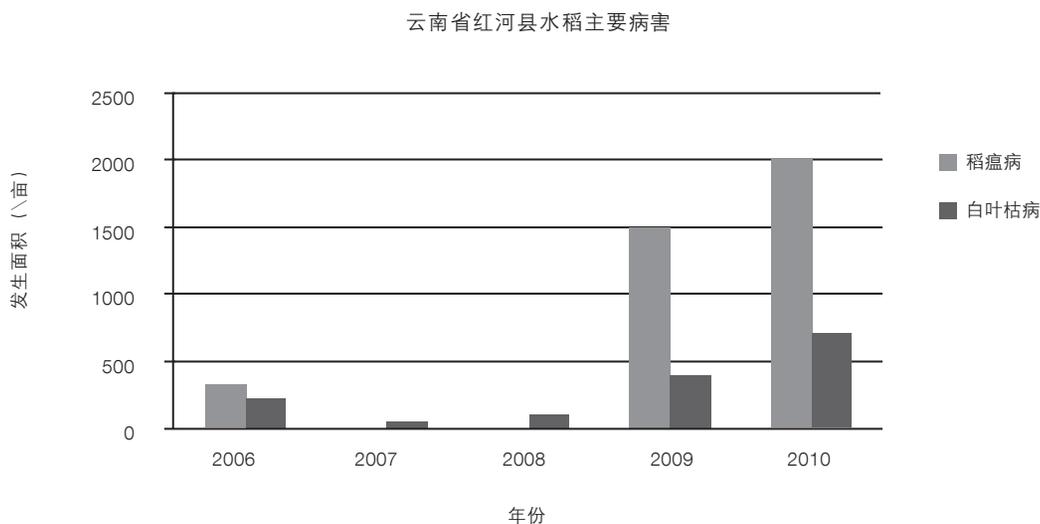


图2 云南省红河县2006—2010年水稻主要病害发生情况

¹注：数据来源于贵州省农委。

4 ²注：数据来源于红河县农业局。

云南省红河县水稻主要草害

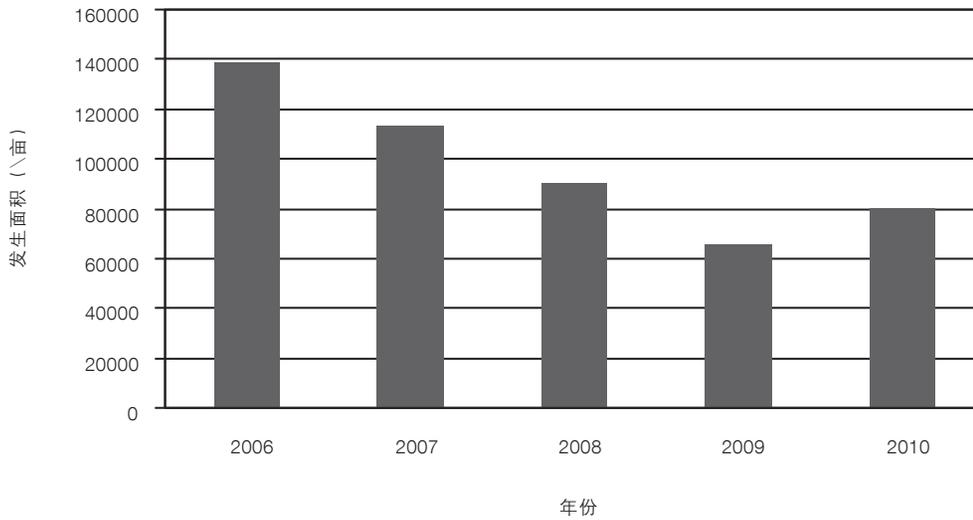


图3 云南省红河县2006—2010水稻主要草害发生情况

2.1 主要病害

西南稻区水稻的主要病害有稻瘟病 (*Pyricularia oryzae*)、纹枯病 (*Rhizoctonia solani*)、白叶枯病 (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*)、稻曲病 (*Ustilaginoidea oryzae*)、黑条矮缩病 (Rice black-streaked dwarf virus) 等^{[5],[6]}。

2.1.1 稻瘟病

稻瘟病是西南各稻区常见的最主要的病害，该病由稻梨孢菌 (*Pyricularia oryzae* Cav.) 引起，是真菌性病害，它对水稻各部分都有危害，包括秧苗枯死、叶片斑点、茎节病斑、穗茎病斑、谷粒病斑症状等，在整个生长期都有发生，严重的时候甚至导致绝收。病菌的发育最适温度为25~28℃；湿度高有利于分生孢子形成、飞散和萌发；长期灌深水或过分干旱，偏施、迟施氮肥等，均易诱发稻瘟病。年份不同，稻瘟病发病的情况差别很大。四川和贵州的常年受灾面积都在300万亩左右。

2.1.2 枯纹病

纹枯病也是西南稻区水稻生产的主要病害之一，该病也是真菌性病害，一般气温在22℃以上，相对湿度97%时开始发病，菌丝的发育与致病温度均以28℃最适宜，以25~31℃和饱和湿度为病害流行有利条

件。过量施氮肥，高度密植，灌水过深过多或偏迟均为诱发病害的主要因素。最初在近水面的叶鞘上出现水渍状椭圆形斑，以后病斑增多。叶片上的症状和叶鞘上基本相同。病害由下向上扩展，甚至造成穗部发病，大片倒伏，使水稻不能抽穗，或者有较多秕谷，粒重下降。云南、贵州、四川各省的常年受灾面积都有几百万亩。

2.1.3 白叶枯病

白叶枯病目前已是西南稻区水稻生产的一大主要病害，为细菌性病害，传播速度快。白叶枯病主要危害水稻叶片和叶鞘，病斑通常从稻叶叶尖或叶缘开始，先形成黄绿色或暗绿色斑点，沿叶脉或中脉发展，形成灰黄（绿）色长条病斑，病健组织交界明显，呈波浪状，病组织枯死后呈灰白色，早晨或雨后湿度大时，还可在病叶上发现蜜黄色球状菌脓。另外，在稻叶幼嫩和特别有利的发病条件下，常出现类似开水烫过的不透明暗绿色水渍状病斑，叶片随即萎蔫，这是白叶枯病的急性型病斑。水稻感病后，稻叶被破坏，使其枯死，有效光合作用的叶面积减少，导致穗数减少，伪实粒增多，千粒重下降。发病越早，影响越大。全田发病严重的剑叶早枯，一般减产10%~30%，严重的减产50%以上。

2.1.4 稻曲病

稻曲病是西南稻区水稻生产比较重要的真菌性病害之一，在开花后至乳熟期发生，主要发生于水稻穗部，只为害谷粒，引起结实率、千粒重下降。病菌在气温24~32℃时发育良好，26-28℃最适，低于12℃或高于36℃不能生长。稻曲病侵染的时期有的学者认为在水稻孕穗至开花期侵染为主，有的认为厚垣孢子萌发侵入幼芽，随植株生长侵入花器为害，造成谷粒发病形成稻曲。抽穗早的品种发病较轻，抽穗扬花期遇雨及低温则发病重。施氮过量或穗肥过重加重病害发生。稻曲病不仅影响水稻产量，对人、畜、禽也有一定的危害。近年来稻曲病有上升的趋势，2010年四川省的受灾面积预计大约有400万亩，贵州省的受灾面积有150~200万亩。

2.1.5 黑条矮缩病

黑条矮缩病是近年来我国南方稻区为害极为严重的一种新水稻病毒病，它是由传媒昆虫传播的^[7]。黑条矮缩病的主要症状表现为分蘖增加，叶片短阔、僵直，叶色深绿，叶背的叶脉和茎秆上现初蜡白色，后变褐色的短条瘤状隆起，不抽穗或穗小，结实不良。不同生育期染病后的症状略有差异。苗期发病心叶生长缓慢，叶片短宽、僵直、浓绿，叶脉有不规则蜡白色瘤状突起，后变黑褐色。根短小，植株矮小，不抽穗，常提早枯死。分蘖期发病，新生分蘖先显症，主茎和早期分蘖尚能抽出短小病穗，但病穗缩藏于叶鞘内。拔节期发病剑叶短阔，穗颈短缩，结实率低。叶背和茎秆上有短条状瘤突。

2001年黑条矮缩病首次在广东省阳江市阳西县发现，之后该病在我国发生态势呈突发加重之势，2009年开始传入贵州，在贵州的南部地区发生比较快。截至2010年，西南片区明确发生南方水稻黑条矮缩病的

只有贵州、云南两省，四川未发现。其中，贵州主要发生在黔南州、黔东南州，发生面积11.72万亩。云南在9个州的20个县发生，发生面积在22万亩左右，主要集中在南部文山、红河、版纳、玉溪一线。一般感病田块失收率在2%~5%，重病田块可能完全绝收^[6]。由于南方水稻黑条矮缩病是一种新发病害，发生流行规律尚不明确，检测防控技术还不成熟，加之广大农民对其为害性认识不够、主动防治意识不强，该病害发生形势将日趋严峻。同时，由于目前生产上缺乏有效治疗药剂，作物发病后治愈很难，对水稻生产的威胁继续加大。预计水稻上南方水稻黑条矮缩病发生区域继续扩大，2011年该病害为害水稻的发生趋势如图4所示。



图4 2011年水稻上南方水稻黑条矮缩病发生趋势

数据来源：于全国农业技术推广服务中心

2.2 主要虫害

水稻害虫种类很多，有记载的在300种以上，但较常见的仅30余种。水稻害虫严重地影响着水稻的丰产与丰收。在不同地区、不同年份以及水稻的不同种植时期，主要发生的害虫类型各不相同。西南稻区的主要虫害有稻飞虱、二化螟 (*Chilo suppressalis* (Walker))、稻纵卷叶螟 (*Cnaphalocrocis medinalis* Guenee)、稻秆潜蝇 (*Chlorops oryzae* Matsumura)等，最近两年稻水象甲 (*Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel)开始传入，此外，福寿螺 (*Ampullaria gigas* Spix) 的传入也是一个大问题。

2.2.1 稻飞虱

稻飞虱属迁飞性害虫，常见种类有褐飞虱 (*Nilaparvata lugens*)、白背飞虱 (*Sogatella furcifera*) 和灰飞虱 (*Laodelphax striatellus*)。稻飞虱成、若虫群集于稻丛下部刺吸汁液，使稻株失水或感染菌核病。排泄物常遭致霉菌滋生，影响水稻光合作用和呼吸作用，严重的稻株干枯。西南稻作区30年前最主要的虫害是螟虫，但现在稻飞虱是最严重的虫害。稻飞虱年年都有，有时候重有时候轻，一般每隔一年有一次大发生，局部地区重，2008年最严重，达到5000头/100株以上，昆明最严重的时候达到10000多头/100株。



图5 2010年7月底以前稻飞虱日单灯诱虫过万头的站点分布

数据来源: 于全国农业技术推广服务中心

2.2.2 二化螟

二化螟是西南稻区水稻上危害最为严重的常发性害虫之一，国内各稻区均有分布。二化螟以幼虫钻蛀稻株，取食叶鞘、稻苞、茎秆等。分蘖期受害，出现枯心苗和枯鞘；孕穗期、抽穗期受害，出现枯孕穗和白穗；灌浆期、乳熟期受害，出现半枯穗和虫伤株，秕粒增多，易倒折。幼虫蛀入稻茎后剑叶尖端变黄，严重的心叶枯黄而死，受害茎上有蛀孔，孔外虫粪很少，茎内虫粪多，黄色，稻秆易折断。近年来二化螟的为害仍然严重，发生比较普遍（图6）。其防治主要用化学农药，少数地区用性诱剂，一般是用来做示范的，稻鱼鸭模式也有。



图6 二化螟越冬虫量示意

数据来源: 于全国农业技术推广服务中心

2.2.3 稻纵卷叶螟

稻纵卷叶螟也是西南稻区常发性的主要水稻害虫之一，但并不是特别严重（图7）。稻纵卷叶螟以幼虫缀丝纵卷水稻叶片成虫苞，形成白色条斑，造成白叶，致水稻千粒重下降，秕粒增加，造成减产。

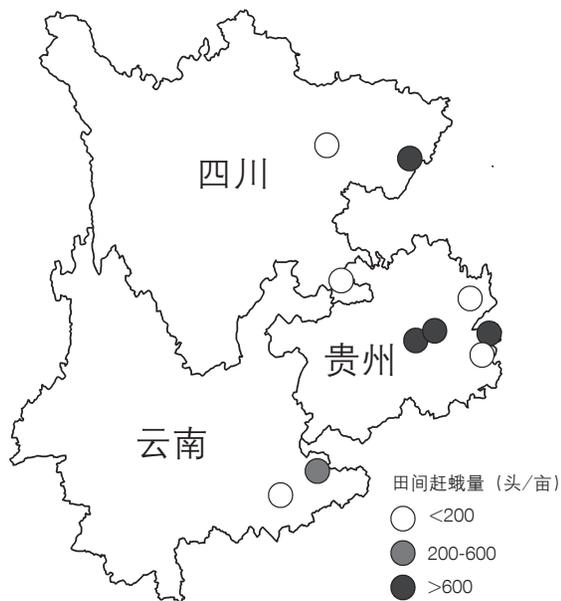


图7 2010年9月上旬稻纵卷叶螟田间赶蛾量示意

数据来源: 于全国农业技术推广服务中心

2.2.4 稻水象甲

稻水象甲是几年前由国外传入我国的检疫性害虫，也是我国危害较大的外来入侵物种之一。其成虫锉食水稻叶片、幼虫蛀食稻根，严重影响水稻生长发育及稻谷产量。据昆明市植保站工作人员介绍，稻水象甲是一种十分顽固的害虫，它可以通过水陆空三种方式进行传播，可以300多天不吃不喝，可以闷在水里24天，越冬的时候稻水象甲躲在土层下面，用剧毒农药熏蒸，死亡率是零，用火烧也没有用。西南稻区稻水象甲的发生是空降式的，始发点在昆明的嵩明县。

由于稻水象甲是在西南稻区最近一两年刚刚发生的虫害，没有什么天敌，管理者也没有太多技术和经验能够来控制，很多地方控制方法还在探索当中，不同地方条件不一样，需要因地制宜。稻水象甲防控最成功的案例在昆明市寻甸示范区，这里通过生物防治及合理的农田管理，很好地将虫害发生地点控制在最开始的3个县，发病量也控制住了，并且去年有所减少。预防最重要最关键的是水稻移栽后半个月的时间内从取食斑来监控稻水象甲发生的情况。

2.2.5 福寿螺

福寿螺是一种通过食品引进的外来生物，由于没有有效天敌，很快就泛滥起来了，危害势不可挡，该螺适应性强、食性杂、个体大、繁殖能力强、危害大。从幼螺到成螺危害多根稻株，水稻从苗期到大田成株期都可受害，苗期福寿螺能把苗吃光。福寿螺孵化后稍长即开始啮食水稻等水生植物，尤喜幼嫩部分。咬剪水稻主蘖及有效分蘖，致有效穗减少而造成减产。福寿螺远距离传播主要是人为因素，附着在土壤中或水生植物的根部、茎基部随运输而扩散，近距离则主要是随水流传播，可随水田灌溉而扩散。

2.3 主要草害

我国所有稻作区的稻田，历来都有大量杂草发生，杂草会导致农作物减产、降低农产品的品质、增加收获加工的难度和降低土地的利用价值，此外，还能够传播农作物病虫害。因此，防除农田杂草在农业生产中十分重要。据统计，全国农田杂草580多种，稻田杂草有200余种，其中发生普遍、为害严重、最常见的杂草约有40种。据调查，全国稻田草害在中等以上(2~5级)的面积达1546.7万hm²，其中严重为害(4~5级)面积为380万hm²，分别占水稻种植面积的46.8%和11.5%，损失粮食超过200亿kg。在这些主要杂草之中，尤以稗草发生与为害的面积最大，多达1400万hm²，约占稻田总面积的43%，稗草不仅发生与为害的面积最大，而且造成稻谷减产也最显著；异型莎草、鸭舌草、扁秆蔗草、千金子、眼子菜等发生与为害面积次之^[9]。

我国幅员辽阔，不同地区气候、土壤、耕作等条件各异，各地稻田杂草的种类、发生情况不同，稻田草害可以划分成5个区：热带和南亚热带2~3季稻田草害区，中北部亚热带1~2季稻田草害区，暖温带单季稻田草害区，温带稻田草害区，云贵高原稻田草害区。其中云贵高原稻田草害区年平均气温14~16℃，

年降雨量1000mm左右，地形地势复杂，杂草多达近百种^[10]。主要有稗草 (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.)、眼子菜 (*Potamogeton distinctus* A. Benn.)、陌上菜 (*Lindernia procumbens* (Krock) Philcox)、水苋菜 (*Ammannia baccifera* L.)、野慈姑 (*Sagittaria trifolia* L.)、矮慈姑 (*Sagittaria pygmaea* Miq.)、碎米莎草 (*Cyperus iria* L.)、异型莎草 (*Cyperus difformis* L.)、四叶萍 (*Marsilea quadrifolia* L.)、鸭舌草 (*Monochoria vaginalis* (Burm. F.) Presl.)、野荸荠 (*Eleocharis plantagineformis* Tang et Wang)、节节菜 (*Rotala indica* (Willd.) Koehne)、水莎草 (*Cyperus serotinus* Rottb.)、萤蔺 (*Scirpus juncoides* Roxb.)、空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.)、长瓣慈姑 (*Sagittaria sagittifolia* L. var. *Longiloba* Turcz.)、桑穗雀稗 (*Paspalum distichum* L.)、水竹叶 (*Millettia trigueta* (Walp.) Brijckn.)、牛毛毡 (*Eleocharis yokoscensis* (Franch. Et Sav.) Tang et Wang)、日照飘拂草 (*Fimbristylis miliacea* (L.) Vahl.)、水绵 (*Spirogyra communis* (Hass.) Kutz.)、泽泻 (*Alisma plantago-aquatica*)、扁秆蔗草 (*Scirpus planiculmis* Fr. Schmidt) 等。这几年随着免耕加强推广之后，桑穗雀稗和水竹叶这类杂草在上升，相反以前常见的牛毛毡、日照飘拂草之类的现在很少见。

稻田杂草发生高峰期，受温度、湿度、栽培措施的影响较大，多于播种后或水稻移栽后开始大量发生。就时间上划分，一般稻田杂草发生高峰期大致可以分为3次，第一次高峰在5月末至6月初，主要以稗草、千金子等禾本科杂草和异型莎草等一年生莎草科杂草为主，占总发生量的45%~75%；由于第一高峰杂草数量大、发生早、为害性大，是杂草防治主攻目标。第二次发生高峰在6月下旬，为扁秆蔗草、慈姑、泽泻发生期；第3次高峰期在6月下旬至7月，为眼子菜、鸭舌草、水绵等杂草的发生期。

西南稻区的稻田草害问题相对来说并不严重。由于除草剂的使用方法简单，价格便宜，约80%~90%水稻田是化学除草为主，通常在秧苗移栽之后施药一次，结合人工拔草防治，跟其他作物相比稻田化学除草的使用面积比率要高一些。

3 西南稻作区农药施用现状及其影响

我国是世界上农药生产和消费的大国之一，农药污染已经成为影响范围最广的一种有机污染。我国1983年开始禁止生产使用有机氯农药，经过数年的产品结构调整及生产能力建设，1995年农药生产开始步入新的发展阶段。目前，我国生产的农药达到200余种，各种制剂800多种，覆盖了杀虫剂、杀菌剂、除草剂和植物生长调节剂的主要类型。

目前，我国农药生产中杀虫剂比重逐步下降，杀虫剂中甲胺磷等高毒有机磷产量已明显下降，品种以有机磷、有机氯、氨基甲酸酯、拟除虫菊酯、杀螨剂类为主，1995年起杂环类杀虫剂增长比较迅速，生物杀虫剂及生物工程技术日益受到重视并得到广泛应用^[11]。

3.1 西南稻作区农药施用现状

农药是防治农药病虫害的重要物资，农药投入量与当地农产品生产状况和经济发展水平密切相关。农药的施用主要集中在农业发达的地方，与农业生产、经济发展水平的分布基本一致。到2008年，西南稻作区三省农药的年产量已达到7.5wt左右（表5）。农药施用量为11.66wt（表6），各类农药需求均呈现上升态势。比较三个省份的农药施用情况（表6）可看出，四川省的使用量显著大于贵州与云南省。

表5 西南各省的农药产量

单位：t/a

年份	四川	贵州	云南	总计
2000	32102	361	2352	34815
2001	18125	307	971	19403
2002	22752	653	891	24296
2003	19900	1333	1156	223889
2004	26168	1808	650	28626
2005	38779	890	1077	40746
2006	45416	1276	230	46922
2007	64984	736	588	66308
2008	73301	1533	613	75447

数据来源：《四川统计年鉴》、《贵州统计年鉴》、《云南统计年鉴》

表6 西南各省的农药施用量

单位：t/a

年份	四川	贵州	云南	总计
2000	60661	8400	24646	93707
2001	54841	8329	25000	88170
2002	54351	8819	25738	88908
2003	53852	9024	26873	89749
2004	55373	9533	29096	94002
2005	56336	9764	30576	96676
2006	58329	10637	32891	101857
2007	60322	10722	35206	106250
2008	60800	12900	42900	116600

数据来源：《中国农业年鉴》

由于长期以来对农药环境危害的认识滞后，对农药施用的管理及施用后的环境监管不到位，农业生产者超量、超次，甚至乱用、滥用农药现象普遍。洪崇高等^[12]的研究表明，57.7%的水稻主产区的农药用量超出规定范围。22.3%的成都受访农户表示，通常会在药瓶标签说明用量的基础上再加配1倍的用量以保证产量。以上种种造成多年来农药施用面广量大。以四川省绵阳地区的调查为例^[13]，随着农业生产的发展，该地区化学农药使用量不断上升。1952年全区化学农药销售量不过11t，平均每亩施药量只有0.0014斤（成药），1981年总销售量增加到10472t，平均每亩施药量达1.6斤，施药量增长了1140余倍。在全区化学农药总销售量中，有机氯农药所占的比重最大，一般保持在80%左右。

目前，西南稻作区三省主要施用的农药品种如下：

杀虫剂主要是敌敌畏、辛硫磷、杀虫双、敌百虫、氧乐果、乐果、杀虫单、氟啶脲、速杀硫磷、甲基毒死蜱、杀螟硫磷、阿维菌素、混灭威、涕灭威、速灭威、高效氯氟氰菊酯、硫双威、杀扑磷、毒死蜱、乙虫氰、乙酰甲胺磷、四聚乙醛、氟虫脲、甲拌磷、啶硫磷、辛硫磷、对硫磷、硫丹、吡虫啉、抗蚜威、甲基异柳磷等。

杀菌剂主要品种有硫酸铜、多菌灵、代森类、甲基硫菌灵、井冈霉素、百菌清、三环唑、敌磺钠、三唑酮、氢氧化铜、甲霜灵类、福美类、稻瘟灵、退菌特、吗啉胍·乙铜（病毒A）、异稻瘟净、三乙膦酸铝（乙磷铝）、腐霉利（速克灵）、叶枯唑、噁霜·锰锌等。

除草剂主要品种有乙草胺、甲草胺、草甘膦、丁草胺、2,4-D丁酯、莠去津、百草枯、灭草松、精稳杀得、氟乐灵等。

3.2 西南稻作区农药施用的影响

在避免作物损失、保证粮食安全的同时，农药的不合理施用也通过各种途径危害着西南地区的环境安全，损害人体健康。由于农药品种单一、制造和施用技术落后，高毒、剧毒农药比重大、种类多，施用极其不规范，西南地区农药的有效利用率很低，对环境造成了极其严重的污染。目前，农药在各类食用农产品中的残留量大大超出相应的国家标准，且有继续增加的趋势，对居民健康和农产品出口均构成了严重的不利影响。

贵州农药施用已有多年历史，1975年以来年施用农药均在4400t以上，1983年达到8522t，其中有机氯农药占80%以上，主要有六六六、滴滴涕、敌敌畏、敌百虫等含氯成分较高的农药。80年代初贵州有150万亩农田受到有机氯污染，这些农田主要分布在铜仁、遵义地区和黔东南自治州，其农药销售量占全省的71.7%。由于有机氯农药化学性质稳定，残留期长，既污染土壤，又易蓄积于作物和动物体内，危害人体健康。据贵州省环保科研所调查，1980年贵阳蔬菜土壤样品中，“六六六”检出率高达99%，检出范围在

0~3.74ppm之间；滴滴涕检出率为93%，检出范围为0~1.77ppm。1981年对贵州茶叶土壤监测，“六六六”检出率高达100%，检出范围0.003~6.09ppm；滴滴涕检出率为83.3%，检出范围0~48ppm。由于土壤普遍受到农药污染，1980年全省有大米20万t、玉米60万t有机氯含量超标；1983年有机氯含量超标的粮食达到78.5万t。据省防疫站对人体脂肪和人乳有机氯抽样分析，检出率高达100%。

施用的农药还可以随地表径流和土壤水的渗透作用进入地表水和地下水，污染水环境，可促进慢性中毒，造成致癌、致畸、致突变等生理毒害。郭建阳^[14]等对贵阳市红枫湖（E106°19′~106°28′，N26°26′~26°35′）沉积物中DDT残留量进行了检测。红枫湖是贵州省最大的人工湖之一，是贵阳市最重要的三大饮用水源地之一，在贵阳市的城市供水系统中发挥着重要的作用。红枫湖沉积物中DDTs（包括：p,p'-DDT、p,p'-DDE、p,p'-DDD、o,p'-DDT、o,p'-DDE和o,p'-DDD）均有检出，其干重含量介于7.6~23.7ng/g之间。此外，成都市环境监测中心站^[15]对岷江成都段7个断面608个水样的33种有机物（环芳烃17种，多氯联苯，有机氯农药6种，可挥发性卤代烃2种以及苯系物7种）进行定量分析。在检出的33种有机物中，β-666检出率最高，达到100%；α-666、γ-666、δ-666检出率均大于76%。检测出滴滴涕的浓度为12.0mg/L，而根据我国《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）集中式生活饮用水地表水源地特定项目标准限值对滴滴涕浓度规定为≤0.001mg/L。

随着管理水平的提高，西南地区水稻中农药残留状况已经有了大幅度的下降。尽管水稻产品质量安全合格率在不断提高，但是仍应继续加大对农业环境保护力度，严禁滥用有机农药，合理使用低毒低残留农药。

4 西南地区“绿色防控”措施及效果评价

农作物病虫害绿色防控，是指采取生态调控、生物防治、物理防治和科学用药等环境友好型措施控制农作物病虫害的植物保护措施，是针对目前我国农作物病虫害主要依赖化学防治措施带来的病虫抗药性上升和病虫暴发几率增加以及农产品质量安全隐患等问题而提出的。推进绿色防控是贯彻“公共植保”和“绿色植保”理念和“预防为主、综合防治”植保方针，促进农业生产安全、农产品质量安全、农业生态安全和农业贸易安全的有效途径。

4.1 “绿色防控”的背景与意义

（1）绿色防控是持续控制病虫害，保障农业生产安全的重要手段

目前，我国防治农作物病虫害主要依赖化学防治措施，在控制病虫害危害损失的同时，也带来了病虫抗药性上升和病虫暴发几率增加等问题。通过推广应用生态调控、生物防治、物理防治、科学用药等绿色防控技术，不仅有助于保护生物多样性，降低病虫害暴发几率，实现病虫害的可持续控制，而且有利于减轻病虫害危害损失，保障粮食丰收和主要农产品的有效供给。

(2) 绿色防控是促进标准化生产，提升农产品质量安全水平的必然要求

传统的农作物病虫害防治措施既不符合现代农业的发展要求，也不能满足农业标准化生产的需要。大规模推广农作物病虫害绿色防控技术，可以有效解决农作物标准化生产过程中的病虫害防治难题，显著降低化学农药的使用量，避免农产品中的农药残留超标，提升农产品质量安全水平，增加市场竞争力，促进农民增产增收。

(3) 绿色防控是降低农药使用风险，保护生态环境的有效途径

病虫害绿色防控技术属于资源节约型和环境友好型技术，推广应用生物防治、物理防治等绿色防控技术，不仅能有效替代高毒、高残留农药的使用，还能降低生产过程中的病虫害防控作业风险，避免人畜中毒事故。同时，还显著减少农药及其废弃物造成的面源污染，有助于保护农业生态环境。

4.2 西南稻作区“绿色防控”措施

(1) 生态调控技术

推广抗病虫品种、优化作物布局、培育健康种苗、改善水肥管理等健康栽培措施，并结合农田生态工程、作物间套种、天敌诱集带等生物多样性调控与自然天敌保护利用等技术，改造病虫害发生源头及孳生环境，人为增强自然控害能力和作物抗病虫能力。

(2) 生物防治技术

应用以虫治虫、以螨治螨、以菌治虫、以菌治菌等生物防治关键措施，加大赤眼蜂、捕食螨、绿僵菌、白僵菌、微孢子虫、苏云金杆菌（BT）、蜡质芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌、核型多角体病毒（NPV）、牧鸡牧鸭、稻鸭共育等成熟产品和技术的示范推广力度，积极开发植物源农药、农用抗生素、植物诱抗剂等生物生化制剂应用技术。

(3) 理化诱控技术

昆虫信息素（性引诱剂、聚集素等）、杀虫灯、诱虫板（黄板、蓝板）防治农作物害虫，积极开发和推广应用植物诱控、食饵诱杀、防虫网阻隔和银灰膜驱避害虫等理化诱控技术。

(4) 科学用药技术

推广高效、低毒、低残留、环境友好型农药，优化集成农药的轮换使用、交替使用、精准使用和安全使用等配套技术，加强农药抗药性监测与治理，普及规范使用农药的知识，严格遵守农药安全使用间隔期。通过合理使用农药，最大限度降低农药使用造成的负面影响。

4.3 西南稻作区“绿色防控”措施的综合效益与问题

4.3.1 西南稻作区绿色防控技术

从技术发展上看，目前西南稻作区绿色防控主要技术包括：

● 理化诱控技术

利用昆虫趋光、趋化性等原理，发展了频振式诱虫灯、投射式诱虫灯等“光诱”产品；性诱剂诱捕和昆虫信息素迷向等“性诱”产品，黄板、蓝板及色板与性诱剂组合的“色诱”产品；诱食剂诱集害虫的“食诱”产品。

● 生物防治技术

发展了捕食螨、赤眼蜂平腹小蜂等天敌繁育和释放技术，稻鸭共育技术，蜘蛛、青蛙、益鸟等天敌保护利用技术，以及真菌、细菌、昆虫病毒等微生物制剂防治病虫害技术。完善了天然除虫菊素、苦参碱、小檗碱、苦皮藤、等植物源农药防治病虫害技术，以及宁南霉素、春雷霉素、申嗪霉素、等抗生素防治农作物病虫害技术。

● 生态工程技术

主要包括以农业防治技术为主的稻田深耕灌水灭蛹技术；以改造蝗虫孳生地环境为主、组装配套种植香花槐、冬枣、苜蓿等植物的生态控蝗技术。同时利用品种间抗病性的遗传多样性和植株的物理性状，发展了水稻稻瘟病生物多样性控制技术。

从技术应用上看，2006年以来，各级各地农业植保部门积极开展农作物病虫害绿色防控技术推广，绿色防控技术应用范围不断扩大，从2006年不足10个省，扩大到2010年31个省（自治区、直辖市）的600多个县市。就西南地区而言，截止到2010年底，在多种作物上建立不同类型的绿色防控技术展示示范区215个，示范面积15.6万hm²。

4.3.2 西南稻作区绿色防控综合效益

(1) 综合效益

从综合效益上看，主要包括下面几个方面。

● 生态效益显现

推广应用绿色防控技术，农药使用量减少，农药残留期缩短，农产品质量提高，有利于保护自然天敌和农业生态环境。以频振式诱虫灯控制害虫效果为例，胡德辉等人^[16]的控制试验表明，频振式诱虫灯可以有效控制二化螟、稻飞虱和稻纵卷叶螟的发生，尤其是对稻纵卷叶螟的防效好于农药的防效（表7）。据对绿色防控示范区调查，实施绿色防控减少化学农药使用15%以上，辐射带动区减少化学农药使用10%以上，自然天敌数量呈明显上升趋势。

表7 频振式诱虫灯控制害虫效果分析

处理	二化螟		稻飞虱		稻纵卷叶螟			
	枯心率	相对防效 /%	百丛虫量 /头	相对防效 /%	蛾量 /(头/亩)	防效 /%	卷叶率 /%	相对防效 /%
灯控区	1.77	70.15	235.0	81.7	173.3	95.0	0.5	98.7
非灯控区	0.55	90.73	97.9	97.9	885.0	74.3	5.54	85.9
不防治区	5.93		1285.0		3450.0		39.5	

注：灯控区不施药，非灯控区施药。

● 经济效益显著

在以农作物为主线的绿色防控模式中，水稻上采用性诱剂+天敌、性诱剂+生物农药等，节本增效220~300元/hm²，减少施药1~2次；蔬菜上用性诱剂+色板、性诱剂+微生物农药等，节约成本75~225元/hm²，减少施药50%以上。在以靶标为主线的绿色防控模式中，应用“诱虫灯+赤眼蜂+白僵菌”控制玉米螟绿色防控技术，防治效果70%以上，增收玉米10%~30%，增加经济收入1500元/hm²，部分地区实现了全程绿色化防控。在以基地、设施农业为主线的绿色防控技术模式中，经济效益更为可观。

● 社会效益良好

采用绿色防控技术，有效减少了化学防治的人力和化学品的投入，减轻了劳动强度，农产品质量明显提高。据部分绿色防控技术示范区的调查分析，实施绿色防控较化学防控成本平均降低10%，并能有效促进农村劳动力转移，社会效益良好。

(2) 案例分析

以西南山地普遍推广的稻田养鱼模式为例，可以分析其综合效益。

● 生态效益显现

1997年美国生态经济学家Costanza提出生态系统服务的价值评估以来，国内开始逐渐重视农业生产的生态效益。与常规稻作方式相比，稻田养鱼方式在大气调节、营养物质保持、病虫害防治、水量调节、水质调节乃至旅游发展等方面都有其独特的优势，每公顷稻田的生态效益要高7447元（表8）。

稻田养鱼模式可以减少稻田CH₄的排放量，使得经济损失减少493元/hm²（表8）。由于鱼类的觅食等活动搅动了土壤，加强了土壤通气，减少了CH₄的产生量；减弱了因杂草和浮游生物的呼吸作用对水体溶解氧的消耗，使水体溶解氧增加，促使土壤产生的CH₄被较快地氧化。中国农业活动产生的甲烷占全国甲烷排放量的50.15%^[17]，推广稻田养鱼可减少单位面积甲烷排放31.42%^[18]，从而对我国甲烷排放产生重大影响。

稻田养鱼模式减少了化肥农药的使用，从而可以有效控制农业生产造成的面源污染问题，缩减治理费用4200元/hm²（表8）。稻田里鱼的排泄物中含有N、P等营养元素，成为水稻的肥料，调查显示平均每公顷稻田鱼粪中含有的N元素7.32kg，P元素2.19kg，因此减少了氮肥和磷肥的使用；另外，稻田养鱼可以对病虫害得到较好的防治，在减少2次用药的条件下，三化螟、纵卷虫、稻飞虱、稻叶蝉等主要害虫的平均量仅为常规稻作的29.17%、50%、56%和50%，减少了农药的使用^[19]。

稻田养鱼模式增大了稻田的蓄水容量（表8）。调查显示通过加高田埂、挖深天沟和田里的鱼洼，青田县的稻田田埂高度约为40~50cm，可以使每公顷稻田增加约1500m³的储水量，从而达到防洪的作用。

表8 常规稻作与稻鱼共作生态效益比较

单位：元/hm²

	调节大气		营养物质 保持	病虫害 防治	水量 调节	旅游 发展	水质 污染	合计		
	固碳释氧	排放CH ₄						正效益	负效益	净效益
常规稻作	10417	-1569	1660	0	4530	0	-6440	16607	-8009	8598
稻田养鱼	8789	-1076	1624	1007	6795	1146	-2240	19361	-3316	16045

● 经济效益显著

稻田养鱼模式具有更高的净收入（表9），虽然实施稻田养鱼生产模式的田块，由于水稻秧苗的株距较大，水稻产量也没有株距较高的常规耕作方式多，但由于鱼类产品的获得并节省了种子、化肥农药的开支，其净收入增加了5144元/hm²。另一方面，稻田养鱼模式需要较高的经济投入（表9），虽然节省了一部分种子和化肥农药的开支，但其鱼苗和饲料的花费更高，因此与常规稻作方式比较增加了81.90%的现金支出。同时，与常规稻作相比，稻田养鱼模式的投入产出比和投资利润率都较差（表9）。这说明尽管稻田养鱼的净收入较高，但其经济投入要比常规稻作模式的投入更高，单位投资的回报率较低，不利于激励农户的行为。若考虑到平原地区大规模联合作业生产模式的规模效应，则常规稻作方式的投入会更低，而产出会更高。因此农户个人可以选择常规稻作的耕作方式，而将剩余的资金另作他用，以期获得更多的回报^[20]。

表9 常规稻作与稻鱼共作直接经济价值估算

单位：元/hm²

	收入			支出				净收入	投入 产出比	投资利润 率/%	
	稻	鱼	小计	种子	鱼苗	化肥农药	饲料				小计
常规稻作	12760	-	12760	210	-	1613	-	1823	10937	1:7.0	599.9
稻田养鱼	10198	6199	16397	197	1950	570	559	3316	13081	1:5.0	394.5

● 综合效益对比

就农户而言，往往多关注直接的经济收入（表10）。稻鱼共生模式与常规稻作模式各有利弊，稻鱼系统有较高的净收入，但相应的其投入也较高，单位投入的产出较少。对国家而言，整个社会往往多关注稻田生态系统的综合经济价值，除了农户的净收入以外，还要考虑稻田生态系统提供的生态效益。因此，从社会角度看，稻鱼共生系统比常规稻作模式有更大的贡献（表10），平均每公顷的综合价值要提高12591元。

表10 常规稻作与稻鱼共作综合价值估算表

单位：元/hm²

	现金		净收入	生态系统服务		净效益	总计
	收入	支出		正效益	负效益		
常规稻作	12760	-1823	10937	16607	-8009	8598	19535
稻田养鱼	19397	-3316	16081	19361	-3316	16045	32126

4.3.3 西南稻作区绿色防控存在的问题

西南稻作区大力推行绿色防控5年来，虽然取得了明显的成效，但与发展“高产、优质、高效、生态、安全”的现代农业，以及建设“资源节约、环境友好”两型农业的新要求还存在一定距离。

● 关键技术产品不够配套

绿色防控需要有物化的技术产品和相关的技术规程。但目前还存在“有技术缺产品、有产品缺技术、有技术产品而推广不够”等问题。例如以作物为主线的绿色防控技术，常常因没有适用的绿色植保产品而不能真正做到绿色防控。另一方面，许多绿色防控产品如诱虫灯、性诱剂等常常因缺乏相应的应用技术规程，而不能大面积推广应用。

● 技术体系不够完善

许多绿色防控技术或产品还处于试验研究阶段，有些技术集成不够，有些技术尚未形成规范的技术体系。此外，尚未建立起对绿色防控技术的有效的科学评价体系，还不能从经济、社会和生态等多方面综合评价。总体表现为有机整合不够，技术规范不够，科学评价不够。

● 推广方法不够实用

绿色防控技术的推广应用方法十分重要，需要全方位、多层次地开展展示示范、宣传培训、指导服务等。但目前还存在“网络化展示不够，个性化培训不够，产业化推广不够”等问题。

● 基础研究不够深入

随着全球气候变化和耕作制度的改变，靶标有害生物的消长规律也发生了较大变化。但目前从事这方面基础研究的力量不足，研究的深度也不够，特别是应用绿色防控技术对作物生态环境影响的系统评估不够。

● 支持政策不够有力

自2006年以来，虽然各级有关部门积极争取对绿色防控的政策和资金支持。但总体而言力度不大，杯水车薪，与发达国家相比差距甚远。

4.4 西南稻作区“绿色防控”推广规划

“十二五”全国植保工作努力实现“三大转变”：一是防控重点要由粮食作物向统筹抓好粮食作物和经济作物转变，特别是要注重园艺作物病虫害的防控工作；二是防控策略要由主要依赖化学防治向综合防治和绿色防控转变，特别是要注重生物防治和物理防治等非化学措施的应用；三是防控方式要由分散防治方式向专业化统防统治转变，特别是要注重提升防治工作的组织化程度和科学化水平。

“十二五”期间，率先在大中城市蔬菜基地、南菜北运蔬菜基地、北方反季节蔬菜基地和农业部园艺产品标准园区示范推广农作物病虫害绿色防控技术。力争到“十二五”末，全国蔬菜、水果、茶叶病虫害绿色防控覆盖面达到播种面积50%以上，其他农作物病虫害绿色防控覆盖面达到30%以上，绿色防控实施区域内化学农药使用量减少20%以上，确保农药安全使用和农产品质量安全。

2011年农作物重大病虫害绿色防控技术示范推广工作以服务农业部《园艺作物标准园建设规划》和主要粮食作物生产为重点，在全国建立病虫害绿色防控示范区106个。其中，西南地区建立病虫害绿色防控示范区17个（表11），其中水稻1个、蔬菜2个、果树2个、茶叶3个、小麦4个、玉米1个、马铃薯3个、蝗虫1个。每个园艺作物核心示范区面积不少于100亩，辐射面积不少于1000亩；粮食作物核心示范区面积不少于2000亩，辐射面积不少于2万亩。

示范区绿色防控技术到位率达到80%以上，防控效果达到80%以上，减少化学农药使用60%以上，亩防治成本平均降低10%，危害损失控制在10%以内。辐射推广区绿色防控技术到位率达到60%以上，防控效果达到80%以上，减少化学农药使用50%以上，亩防治成本平均降低5%，危害损失控制在10%以内。确保示范区农产品农药残留不超标，农产品质量进一步提高。

表11 2011年农作物病虫害绿色防控技术示范计划

省份	作物种类							蝗虫
	水稻	蔬菜	果树	茶叶	小麦	玉米	马铃薯	
重庆					万州		巫山	
四川		金堂	青神	夹江	梓潼	宣汉	凉山	甘孜
贵州	都匀				赫章			
云南		大理	宾川	景洪、宁洱	麒麟		会泽	
合计	1	2	2	3	4	1	3	1

5 基于生态学原理的西南主要水稻病虫害防治方法推荐

5.1 基于生态学原理的防治方法

5.1.1 病害综合防治技术

(1) 选用抗病品种

针对当地生态环境和病虫害发生情况，因地制宜地选择高光效、抗虫、抗病、抗逆能力强、优质高产稳产的品种，一县一品，规模种植。在水稻绿色防控示范区全部选用中稻再生稻两季兼顾，再生力较强、抗病性较好的高产优质良种。

近年来西南地区种植的水稻品种主要有楚粳系列（楚粳27、28）、合系系列（合系41、42、24、39、22-2），云粳优系列（云粳优15、20、13）、滇杂系列（滇杂31、32、86）。以上品种中合系39、合系22-2、沾粳12号、楚恢系列抗病性丧失，对叶瘟、穗瘟均较感病，合系41因近年大面积连续种植，部分地区抗病性也有所下降，其余品种对稻瘟病均具有不同程度的抗病性；云粳优系列品种上纹枯病的发生略重于其他品种。

(2) 以农业防治为基础，提高作物抗性

应用农业防治措施，合理栽培管理，可增强植株长势，提高水稻的抗病能力。主要包括：

- 推广塑盘育秧、旱育秧技术，培植壮秧，提高水稻秧苗的抗病能力；
- 减少田间侵染源，生长期及时拔除病株、病穗，并集中销毁，如恶苗病病株、稻瘟病病株病穗、稻曲病病果、田间纹枯病菌核等；避免病田留种；
- 合理施肥，施足基肥，避免偏施、过施氮肥，适当增施磷、钾肥，提高水稻的抗病能力；
- 合理密植，增加田间通风透光性；加强水肥管理，浅水勤灌，雨后要及时排水，尤其后期要做到见干见湿，促进稻叶老熟，增强抗病力。

(3) 水稻生物多样性优化种植技术，控制稻瘟病

利用不同水稻品种对不同稻瘟病致病生理小种抗病性不同原理，通过物种多样性控制病害的发生、发展。西南稻作区在生产上以常规稻与阿庐糯按6+1或8+1的规格混种，部分地区也可用武定大白糯做为间栽品种，可推迟叶瘟发病7~20天，控制稻瘟病达30%~50%，同时减少农药使用2~3次，并增加稻谷产量。

移栽后5~7天化学除草，按常规高产措施进行肥水管理，做好病虫害监测，叶瘟较轻时可不使用农药，用三环唑防治穗瘟1~2次。

(4) 水稻精确定量栽培技术，达到控病增产

水稻精确定量栽培技术是以水稻叶龄模式和作物群体质量为基础，通过精确定量播种量、移栽密度、氮肥的总量和前后施用比例，通过水肥的合理促控，使水稻的生长按照设计的“小群体、壮个体、高积累”模式生长，充分发挥个体的优势，通过栽培环境改善，控制水稻病虫害，达到优质、高产、高效、生态、安全的综合生产目标。据云南省昆明市植保所的调查，通过该技术可以有效控病10%左右。

(5) 物理措施

温汤浸种可防治水稻干尖线虫病。先将稻种预浸于冷水中24小时，然后放在45~47℃温水中5分钟提温，再放入52~54℃温水中浸10分钟，取出立即冷却，催芽播种，一般可达到5%~8%的控病率。

(6) 大田期于病害防治关键时期合理选用药剂进行防治

● 稻瘟病：遵循“挑治叶瘟，预防穗瘟”的策略，在叶瘟发病初期选用40%异稻瘟净150~200ml/亩（可兼治水稻纹枯病）等药剂进行防治；防治穗瘟于孕穗至齐穗期选用75%三环唑20-25克/亩进行喷雾处理，连防2~3次。

● 稻曲病：可用43%好力克、30%爱苗或20%三唑酮EC进行防治。据刘铁桥等人的控制试验表明，每亩施用30g43%好力克可以达到93.69%的防效，其次是每亩施用24g43%好力克或施用30g30%爱苗（表12）。

● 水稻纹枯病：在纹枯病初发生时，选择43%好力克15-30克/亩（兼防稻曲病），兑水50~75kg喷雾。间隔10天，视病情施1~2次。应尽量把药液喷洒在稻茎基部的发病部位（表12）。

● 水稻矮缩病：治虫防病，于黑尾叶蝉在稻田繁殖的第一代若虫期，选用25%噻嗪酮可湿性粉剂25g/亩，10%吡虫啉1000倍液防治，把虫源消灭在传毒之前。

表12 水稻穗期病害药剂防效统计^[16]

药剂	用量 /(ml/亩)	防治纹枯病		防治稻曲病	
		病指	校正防效/%	病粒率/%	校正防效/%
43%好力克SC	16	0.51	79.1	0.016	83.71
43%好力克SC	20	0.43	85.52	0.012	88.37
43%好力克SC	24	0.39	84.15	0.007	92.69
43%好力克SC	30	0.37	84.84	0.0063	93.69
30%爱苗EC	30	0.40	83.47	0.008	92.02
20%三唑酮EC	200	1.10	54.78	0.024	75.74

5.1.2 害虫综合防治技术

(1) 农业防治措施

- 合理施肥，加强田间水肥管理，促使水稻生长健壮，以减轻危害，同时防止后期贪青徒长，稻苗浓绿，利于飞虱、叶蝉繁殖。
- 及时春耕翻挖，集中烧毁稻茬，减少越冬虫量。
- 春耕灌水，淹没稻茬7~10天，可淹死越冬三化螟、二化螟幼虫和蛹。
- 除去田埂、地头杂草，杀灭蝗卵；清除田间杂草，减少叶蝉、水叶甲等的栖息、产卵环境。
- 人工摘除福寿螺、三化螟等害虫卵块。

(2) 物理防治

● 灯光诱杀

利用害虫对光的趋性，田间设置白炽灯、高压汞灯、黑光灯、频振式杀虫灯等，可诱杀二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、稻象甲等害虫的成虫，减少田间落卵量，降低虫口基数。

● 食饵诱杀

利用害虫对食物的趋性，配制糖醋液（酒、水、糖、醋按1:2:3:4的比例），放于田间，5~7天更换1次，可诱杀粘虫等成虫，减少虫口基数。

● 其他诱杀方法

利用粘虫产卵趋黄枯性，用枯黄的稻草制成小草把挂于田间，每亩100~260个，诱使粘虫产卵，5~7天更换一次，集中烧毁；用眼子菜、鸭舌草诱集水叶甲产卵，然后集中销毁。

(3) 生态防控

● 性诱剂

即性信息素，通过诱芯释放人工合成的性信息素化合物，缓释到田间，引诱雄蛾至诱捕器，杀死雄蛾，破坏其交配，最终达到防治的目的。当前西南稻区生产上已使用的有二化螟、三化螟、稻纵卷叶螟、大螟等性诱剂产品，每亩可使用1~2个，4~6周需更换诱芯，诱捕器放置在离作物表面20cm的高度，连片使用效果较好；

● 人工释放赤眼蜂

在稻纵卷叶螟产卵始盛期至高峰期，每亩每次放3~4万头，间隔3天1次，连续放蜂3次；

● 稻鸭共养

稻田中放养鸭子，鸭子可吃食螟虫、负泥虫、稻象甲等害虫，同时除去田间杂草，增施有机肥，促进水稻根系发育，减少农药的使用，达到增产增收。放鸭时的鸭龄最好是放入刚孵化5~7天的雏鸭，最大不宜超过孵化15天。放鸭时间最好是在插秧后5~7天，稻苗扎新根返青后及时放鸭每亩放入50只鸭子效果最

好，既减少饲料成本，又达到很好的害虫、杂草防除目的；

● 保护利用天敌

寄生蜂、赤眼蜂、黑肩绿盲蝽，蜘蛛、蜻蜓、螳螂、青蛙、鸟类等均是稻田害虫的天敌，要保护以上天敌，不施高毒农药，不人为捕捉，充分发挥天敌对害虫的控制作用。

(4) 化学药剂防治

● 水稻螟虫

于水稻分蘖期和破口吐穗期选用20%氯虫苯甲酰胺10ml/亩，或用4.75%阿维·茚虫威60ml/亩撒施，药后保持浅水。据刘铁桥等的大田试验表明，20%氯虫苯甲酰胺对二化螟有较好的防控效果，10ml/亩的用量在药后20天的保苗效果达96.31%；4.75%阿维·茚虫威对稻纵卷叶螟有较好的防效，60ml/亩的用量在药后15天的保叶效果达94.36%（表13）。

● 稻飞虱

根据当地虫情，于百丛虫量达500-1000头时进行防治，可选择70%吡虫啉（艾美乐）水分散粒剂30ml/亩、20%噻嗪酮60ml/亩、25%吡蚜酮32ml/亩等药剂进行喷施。70%艾美乐对稻飞虱有较好的防控效果，30ml/亩的用量在药后15天的防效达92.72%（表13）。

表13 水稻穗期虫害药剂防效统计^[21]

处理项目	防治对象	用药量 /(ml/亩)	药后7天 防效/%	防治效果		
				药后20天 保苗效果/%	药后15天 保叶效果/%	药后15天 防效/%
20%氯虫苯甲酰胺SC	二 化 螟	10	89.67	96.31		
1.8%虫螨杀星EC		100	90.67	95.07		
2%阿维菌素EC		100	88.11	94.94		
5%锐劲特SC		40	88.46	93.02		
30%水、三唑EC		140	86.67	87.50		
20%氯虫苯甲酰胺SC	稻 纵 卷 叶 螟	10	84.06		87.24	
5%大方甲维盐WG		10	94.63		91.70	
1.8%透皮阿维菌素EC		150	94.93		93.11	
4.75%阿维·茚虫威WP		60	94.86		94.36	
20%噻嗪酮WP	稻	60	91.10			92.70
70%艾美乐WG	飞	30	94.03			92.72
25%吡蚜酮	虱	32	94.10			91.83

- 稻水象甲

田间稻叶受害时，于傍晚时分，选用48%毒死蜱（乐斯本）乳油80~100ml/亩、90%晶体敌百虫600~800倍液喷施，防治成虫。

- 福寿螺

福寿螺集中发生期，在农田中施用6%四聚乙醛（密达）颗粒剂0.4~0.5kg/亩，施药时田间保持1寸左右深的浅水层，并尽量保持清澈水层7天左右，杀螺效果更佳。

5.1.3 杂草防治技术

(1) 人工除草

可于杂草发生期，人工拔除稻田杂草，经济、安全，但除草不彻底，且较费工。

(2) 稻鸭共育

稻鸭共育下，由于鸭子喜欢取食双子叶杂草和浮生杂草，有时也吃幼嫩的禾本科杂草，因此可以有效去除稻田杂草。

(3) 化学药剂除草

- 秧田除草

早育秧田用33%二甲戊灵（施田补）150~200ml/亩、12%恶草酮（农思它）250~300ml/亩、60%丁草胺200~250ml/亩等进行播前土壤处理，用35%苄嘧磺隆·二氯喹啉酸（秧草净）30~40g/亩进行茎叶处理。

薄膜秧田播种后盖上细粪土，用30%丙草胺（扫弗特）乳油100~116.7ml/亩，兑水均匀喷施，药后3天内保持湿润状态；杂草1~3叶期可用2.5%五氟磺草胺（稻杰）油悬浮剂进行茎叶处理，32~46ml/亩。

- 水稻本田除草

移栽后7~10天施用50%苯噻酰草胺·苄嘧磺隆（圣农乐）40~50g/亩、20%扑·乙粉剂（昆奇）16~20g/亩；中期可施用50%扑草净60~80g/亩、25%西草净60~80g/亩拌细沙土撒施，施药时保持3~5cm浅水层，保水7~10天；视田间草情用2.5%五氟磺草胺（稻杰）油悬浮剂进行茎叶处理，1~3叶期杂草用药40~80ml/亩。

5.2 西南稻区典型生态防控模式

5.2.1 云南昆明：IPM示范村

(1) 背景

昆明市下辖6个区、7个县、代管安宁一市，另管辖3个国家级开发区。水稻虫害主要以二化螟、三化螟和稻飞虱为主，2011年白背飞虱迁入发生期早于往年，至5月30日全市发生17724亩，较2010年同期减少60.9%，平均虫口密度为193.4头/百丛，最高达670头/百丛；而二化螟和三化螟发生期较2010年推迟6~12天左右，至5月30日田间水稻螟虫发生1640亩，发生面积较2010年同期减少72.9%，二化螟危害株率0.1%~0.4%，三化螟危害株率1.2%~2%。水稻病害主要以稻瘟病为主，至2011年5月30日稻瘟病在秧田期的发生较往年偏重，局部田块已出现稻瘟病病斑，发生期较往年偏早，病叶率达1%，病情指数0.78。同时，昆明市寻甸、嵩明2个县4个乡镇15个村委会秧田期共发生稻水象甲面积196亩，较2010年同期减少4个村，发生面积减少71亩。

(2) 防控模式及措施

2007年以来，昆明市各级政府一直致力于“IPM示范村”建设。“IPM”示范村是应用IPM（病虫害综合协调控制）理论，根据农作物生产实际和存在问题，创建的一种新型村级组织农业技术推广模式。模式包括：建立村级农民IPM协作组织；实行村级自律管理机制；开办以人为本的联合国粮农组织“IPM农民田间学校”；建立村级农药监管系统；集成组配并推广无公害IPM技术；生产高效安全IPM农产品；实现IPM优质农产品市场经济联动；达到村组和谐，农业环境生态良好，农民增收的目的。

2011年上半年在晋宁、嵩明、寻甸、宜良、石林县等初步建立5个“IPM示范村”，组配推广IPM技术，应用灭虫灯设施120台，示范应用水稻生物多样性和精确定量栽培技术2200亩、示范应用熏蒸器126亩、糖醋液诱虫瓶450亩、粘虫卡物理灭虫技术4800亩、稻鸭共养防治水稻害虫杂草2200亩、示范推广绿晶、凯润、阿克泰、博宇稷丰、阿米西达、绿浪等生物农药、无公害化学农药31000亩次。

● 开办“IPM农民田间学校”

2011年1月至5月31日，昆明市已在晋宁、嵩明等5个县开办6个“IPM农民田间学校”，共有230名学员参加培训。每期IPM农民田间学校历时55~130天，每期根据田间作物栽培情况开课8~20次，通过采取IPM开放参与式培训方法，让学员在田间实践中学习掌握水稻等20种作物的生态、高效栽培新技术，同时培养提高农民学员团结协作意识，引导建立村级社区协作组织。

● 建设植保专业化组织

2011年昆明市计划组织30个以上建设植保专业化组织，配备了1100台机动喷雾器，培训机防队员1500名，组建了12个县、37个乡镇病虫害防控机防队，在大春稻水象甲统一控制中出动3450人/台次，发挥了高效、专业的服务功能，对快速防控重大病虫起到关键重要作用。

● 完善植保网络，开展农药登记试验

以“农业部病虫区域测报站——昆明站”为中心，加强完善县级病虫预警控制网，组织发动乡、村级农民组织和农业种植企业参加病虫预警控制网，增强了病虫预警及时性和有效性，提升病虫预警控制水平。发挥“昆明市植保植检站网”的功能，发布互联网植保信息。

● 严控稻水象甲

为了做好稻水象甲防控工作，昆明市植保植检站组织制定并布置了《2011年昆明市稻水象甲封锁控制实施方案》，全力开展2011年稻水象甲监测、防治技术研究和大面积防控工作。从3月10日开始至今，全市发生稻水象甲的乡、村建立的36个监测点和未发生稻水象甲的乡建立的125个监测点按照《昆明市稻水象甲监测方法》完成稻水象甲的越冬监测、秧田期监测和水稻大田监测，准确完成了2010年稻水象甲越冬调查及2011年秧田期发生范围、面积和程度的调查工作。截止2011年6年已组织4565人次，出动机动、电动喷雾器905台次，手动喷雾器2560台次，实施水稻秧田期稻水象甲防治。

(3) 示范防控效果

各示范效果显示，黄板对白粉虱、斑潜蝇、蚜虫等害虫具有显著的防治效果，平均每季减少用药次数2~3次，减少农药使用量30%；性诱剂平均可减少用药2~3次，减少农药使用量30%；杀虫灯每年2~10月每盏灯诱虫量9000头左右，大约可减少农药用量的40%。毒饵站平均捕鼠率1.1%。

2011年1~6月稻水象甲防治面积24150亩次，防控效果80%~100%。其中寻甸县、宜良县的秧田防控达到了100%的覆盖率和防控效果，降低了秧田期稻水象甲虫量，为水稻移栽大田的防控打下了较好的基础。

综合经济效益统计分析见表14。

表14 昆明IPM试点综合经济效益统计

均产	增产	增值	用药	减少用药	用工	减少用工	增收节支	新增效益
588kg/亩	38kg/亩	74.48元/亩	52元/亩	15元/亩	1.0元/亩	9.0元/亩	62.0元/亩	6.82万元

5.2.2 哈尼梯田稻作区：杂糯间作

(1) 背景

哈尼族是云南第三大少数民族，分布在云南南部红河和澜沧江的中间地带，哀牢山和无量山的广阔山区。生活在红河南岸的哈尼族创造的哈尼梯田，是哈尼农业、也是云南山地农业的最高形式，主要集中在

元阳县、绿春县、红河县和金平县。糯米在日常生活中占十分重要的地位，但糯稻生产却相对落后。一是虽然品质较优，但秆高、抗性较差，二是栽培落后，易于倒状，特别是近10年来水稻稻瘟病危害呈加重发展趋势。每年因防治稻瘟病投入大量人力、物力和财力，还污染农业环境和产品，影响生态平衡。

(2) 防控模式及措施

从1997年开始，哈尼梯田地区开展了利用水稻遗传多样性控制稻瘟病的实践和推广，通过多年的试验和总结，建立了水稻遗传多样性混栽控制稻瘟病技术，及杂糯间作。该技术操作方法简单易行，防治稻瘟病效果和增产效果明显，已被越来越多的农民所接受，并得到了中央和地方各级农业部门的高度重视。

● 品种组合

2002年，选用了94个传统品种，与20个现代品种，形成173个品种组合进行示范推广。基本分为两类，一类是以高产、矮秆杂交籼稻为主栽品种，以高秆、优质本地传统品种作为间栽品种；另一类是以高产、矮秆的粳稻品种为主栽品种，以高秆、优质本地传统品种作为间栽品种。

● 调整播种时间，适时育秧

为了使不同品种成熟期一致，利于田间收割，按主栽品种和间栽品种的不同生育期调整播种日期，实行分段育秧。根据品种生育期的长短确定播种时间，早熟的品种迟播，迟熟的品种早播，做到同一田块中不同品种能够同时成熟和同期收获。一般间栽的地方高秆、优质传统品种如糯稻、香稻、紫稻和软质米等品种比主栽的现代高产、矮秆品种如杂交稻等提前10天左右播种，达到同时移栽和同时成熟。育苗时实行稀播、拱架式薄膜增温育秧技术。

● 栽培方法和田间管理

水稻秧苗在4~5月从苗床人工移栽到大田，净栽的传统移栽方式为双行宽窄条栽方式，即每两行秧苗为一组，行距为15cm，株距15cm；组与组之间的距离为30cm。移栽时，不同品种可同时移栽，也可在主栽品种移栽后1~3天，补套间栽品种（图8）。田间肥水管理按常规高产措施进行，叶瘟不施用农药，穗瘟在必要时用三环唑防治一次。

(3) 示范防控效果

哈尼梯田地区杂糯间栽技术的推广范围从海拔360~2640m。通过90个不同的代表性调查点的调查^[22]，结果表明：

现代品种净栽稻瘟病发病率为5%~100%，平均为30.21%，病情指数为0.004~0.674，平均为0.1605；现代品种混栽稻瘟病发病率为1.02%~31.8%，平均为12.85%，病情指数为0.002~0.424，平均为0.0565；现代品种混栽与净栽相比稻瘟病平均发病率和病情指数分别下降了57.46%和64.79%。

传统品种净栽稻瘟病发病率为3.2%~89.2%，平均为20.5%，病情指数为0.0013~0.396，平均为0.0914；传统品种混栽稻瘟病发病率为0.38%~76.5%，平均为11.73%，病情指数为0.0006~0.274，平均为0.0375；传统品种混栽与净栽相比稻瘟病平均发病率和病情指数分别下降了42.78%和58.97%。



图8 杂糯间作

5.2.3 黔东南从江县：稻鱼鸭复合稻作系统

(1) 背景

从江县辖21个乡镇，其中，7个正科级建制镇，11个正科级乡，3个正科级民族乡。总面积3244km²，其中山地面积2963km²。全县耕地面积为13546.67hm²，其中稻田面积占耕地面积的87.5%，梯田占稻田总面积的78.2%。2009年人均国内生产总值4375元。

近年来，由于受气候，种植制度，栽培方式、生态环境和品种多样化等因素的综合影响，水稻病虫害爆发频繁。虫害主要以白背飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟、三化螟为主；病害主要以稻瘟病、稻曲病、稻纹枯病为主。2010年由于气候影响，水稻病虫害大发生，全县累计发生面积达25.57万亩，完成累计防治面积41.39万亩，完成任务指标的165%，防治效果达86%以上。根据近年来病虫害发生实况和品种布局及气象情况分析，预计2011年水稻重大病虫害中等至偏重发生，重大病虫主要有稻瘟病（叶瘟）、稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟、稻秆潜蝇等，水稻病毒病、稻水象甲等将在部分地区发生危害。

(2) 防控模式及措施

2009年以来，从江县政府一直在积极进行全球重要农业文化遗产的申报工作，并于2011年6月份正式成为试点。全县一直高举生态农业，绿色农业的大旗，进行生态防控绿色防治，其中以传统稻鱼或者稻鱼

鸭的稻作模式为主导，不同作物间作（图9）。通过田间不同作物的合理配置构成的农田复合系统，有效减轻虫害的发生。据统计从江县稻田养鱼的面积约为7000hm²，约占稻田总面积的60%。除此自然控制外，辅以人工调节的策略；突出重点，抓住关键，把握病虫害防治适期和重点区域。水稻中后期病虫害要以稻飞虱、稻纵卷叶螟和稻瘟病为防治重点，抓住防治关键时期进行防治。



图9 从江稻鱼鸭复合稻作系统

● 生物防治

稻田放养鱼鸭。鸭食虫，鱼食草，以鸭鱼粪便为水稻提供肥料；稻花可作为鱼的食料，禾苗则为鱼、鸭提供荫蔽；整个种植过程不施用农药和化肥。

使用自制生物农药苦楝树叶水、烟叶的茎秆，防治螟虫、稻苞虫、稻飞虱，用鱼藤水兑桐油，防治螟虫、卷叶虫等。

采用配置农田生物多样性的方式，使天敌自然形成，实现害虫的全生物防治，如田埂上种大豆；以稻虱缨小蜂和黑肩绿盲蝽防治迁飞性害虫稻飞虱；以螟卵啮小蜂防治水稻土著性害虫三化螟。

● 农业防治

精选种子，避免用有伤口的种子播种，要适期播种；做好种子处理，培育壮苗，提高播种和育苗技术；秧田水层过深，播种后发生“浮秧”、“翻根”、“倒苗”等造成烂秧的要立即排水，促进扎根搞好肥水管理。及时清除田间及田边的病稻草，并在播种前要处理完，不用病稻草盖棚窝。

把握病虫害防治时期和重点区域。水稻中后期病虫害要以稻飞虱、稻纵卷叶螟和稻瘟病为防治重点，抓住防治关键时期进行防治。稻纵卷叶螟的防治应抓住卵孵高峰期至低龄幼虫高峰期，集中连片统一防治。预防穗瘟的最佳施药时期是在水稻破口期，对品种感病，生育期偏晚、贪青，叶片发病或周围有叶瘟重的田块，要在破口期和齐穗期各进行一次施药防治。

合理用药，科学防治。根据防治适期的不同科学选用不同的药剂种类。选用病虫敏感的高效、低毒、低残留对口农药；防治稻飞虱等害虫时，轮换用药，如吡虫啉和扑虱灵交替使用，减缓抗性产生。用药时要注意不同病虫施药方法和部位，以提高防治效果，较少污染。

(3) 示范防控效果

稻鱼鸭复合稻作系统可明显控制纹枯病的发生，实践统计表明与非放鸭试验区相比，在中稻田和晚稻田中，放鸭区的病株率分别低27.29%（中稻）和8.21%（晚稻）。

对于虫害防控效果，鸭子的驱赶和捕杀使二代二化螟幼虫的发生量减少53.2%~76.8%，三代二化螟幼虫的发生量减少61.8%。中稻放鸭区二化螟为害株率降低13.4%~47.1%；晚稻二化螟为害株率降低62.2%。放鸭区第四代、第五代稻飞虱百莧虫量较非放鸭区分别下降70.2%和72.4%。在稻草还田免耕抛秧稻田中，鸭子在水稻生长的不同时期能有效地控制水稻三化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟的发生，控制率分别为：82.93%~91.50%、64.85%~94.97%、72.15%~86.60%。

5.2.4 黔南州都匀：水稻重大病虫害综合示范

(1) 背景

黔南州都匀市辖1个省级经济开发区、5个办事处、18个乡镇（其中有3个水族自治乡），截止2010年共有耕地面积45400万 hm^2 ，其中水田22600 hm^2 。都匀地处亚热带湿润季风气候区，适宜农作物生长，也有利于病虫害的发生。黔南州是稻飞虱、稻纵卷叶螟迁飞进入贵州的主要渠道之一，同时其他病虫害常年发生也较严重。2011年7月以来，都匀市稻田病虫害受灾面积达16500 hm^2 ，占水稻种植面积的73%；其中重灾面积达2034 hm^2 ，占水稻种植面积的9%。

(2) 防控模式及措施

2004年以来，都匀市致力于水稻重大病虫害综合防治体系，研究出稻鱼共生、稻鸭共育、杂糯间栽等生态控害技术。同时，通过大力推广应用频振式杀虫灯诱杀物理防治技术，并组建了“植保110”和植保合作组织。目前，都匀市已拥有机动性能高、能应急处理水稻病虫发生防治任务的植保机防队5个，共有受训

机手35名，机动喷雾器35台，日防治能力达1000~1500亩。

全区共实施面积12000亩。在河阳乡包阳村开展了“稻鸭共育”、“新农药防治展示区”、“灯控区不防治田”、“农民田间学校试验田”、“水稻病虫害群众自防区”等；在平浪镇文峰村建立“水稻病虫害综合防治技术示范区”，主要以生物防治和药物防治相结合，核心示范面积931亩。

● 翻耕深水灭蛹

核心示范面积667hm²，在平浪镇的5个村实施。2010年4月14~22日完成田土翻耕和灌水（深度以淹没稻桩为度），每丘田持续时间3~4天。据统计，深水灭蛹区螟虫基数较非项目区减少67.3%，枯鞘率减少59.6%。其辐射应用面积达3333hm²。

● 二化螟性诱剂诱杀

核心示范面积600hm²，在河阳乡实施，使用宁波纽康诱心9000支。在1代二化螟成虫发生期田间放置诱捕器4500个，4月15日~5月10日，放置时间25天，有蛾日12天，单诱捕器平均诱蛾量为3.24头/天，1代二化螟用药防治前调查平均枯鞘率为0.83%，能有效控制二化螟危害，不需用药防治。

● 灯光诱杀

核心示范面积133hm²，在平浪镇实施，新装频振式杀虫灯100台，于2010年4月30日完成安装。定点系统调查显示，灯光诱杀技术控制害虫的效果较好，能有效控制二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟的危害，节约农药成本，降低防治劳动强度。

● 稻鸭共育

稻鸭共育面积67hm²，养鸭1300只，其中新养稚鸭1000只，在河阳乡实施。2个养鸭专业户早稻全季仅用药1次防治稻纵卷叶螟，可节省用药2~3次，节约农药成本26.4元/亩。

● 水稻病虫害专业化统防统治

早稻在核心示范区有376hm²实行病虫害统防统治，该项技术由专业化的农业服务有限公司承担实施。评估显示，二化螟基本没有危害，稻纵卷叶螟卷叶率为0.42%，稻飞虱虫量280头/百蔸、无穿孔，纹枯病的病蔸率、病株率分别为32.4%、6.78%；而农民自防区二化螟白穗率为1.5%，稻纵卷叶螟卷叶率为1.81%，稻飞虱虫量达1697头/百丛、有穿孔，纹枯病的病蔸率、病株率分别为47.33%、10.19%。

(3) 示范防控效果

示范区和对照区、群众自防区比较，示范区病虫害发生危害较轻，天敌数量较多，防治次数较少，水稻产量较高，示范效果明显。综合防治技术示范区采用25%使百克乳油浸秧根移栽，对水稻叶瘟的防治效果达97%；对水稻病虫害的防控效果见表5-4；示范区比农民自防区用药次数减少1次，亩节约用工费10元，农药费10元；天敌数量示范区比农民自防区蜘蛛上升65.5头/百丛，黑肩绿盲蝽上升87头/百丛，稻纵卷叶螟绒茧上升36.4头/百丛；通过测产验收，示范区平均亩产614.71kg，对照区平均亩产529.8kg，农民自防区平均亩产552.5kg，示范区较对照区亩挽回稻谷损失84.91kg，较农民自防区亩挽回稻谷损失62.21kg。

表15 水稻病虫害危害定案分析

防治方式	病虫害	危害程度指标				
		病穗率/%	病情指数	枯心率/%	卷叶率/%	百蔸害虫/头
示 范	纹枯病	23.2	3.2			
	螟 虫			0.08		
	卷叶螟				0.68	
	飞 虱					63.2
自行决策	纹枯病	42.6	8.34			
	螟 虫			1.46		
	卷叶螟				4.28	
	飞 虱					268
不防治	纹枯病	65.4	13.5			
	螟 虫			5.93		
	卷叶螟				39.5	
	飞 虱					1285

5.2.5 泸州市龙马潭区：高产水稻绿色防控

(1) 背景

四川泸州龙马潭区辖9个乡镇、3个街道，截止2010年共有耕地面积9986hm²，其中水田8449hm²，粮食生产以水稻为主。由于土地集约化、农业组织化程度低，尤其是农资市场放开和大量中青年进城务工，农村留守人员使用农药知识欠缺，大量购买和使用高毒、剧毒农药，造成严重的农药残留和农药污染，致使新的病虫害不断出现且为害猖獗。

(2) 防控模式及措施

2007年以来，龙马潭区致力于构建高产水稻绿色防控体系。在水稻整个生育期，根据水稻稻瘟病、稻曲病、水稻螟虫、稻飞虱等重大病虫害的发生规律和为害特点，在良种良育的基础上，建立生态田园，以保护稻田生态平衡和释放病虫害天敌（稻田养鸭）；同时开展物理杀虫、生物农药、低毒杀菌增产药剂控制等技术，生产出合格的无公害水稻产品。

全区共实施面积10000亩，饲养稻鸭15万只。其中核心示范片面积达到3200亩，分别在长安乡石榴村、张咀村两个村12个社实施2300亩，涉及农户1127户，另外在金龙乡西坛村建立了500亩示范片和双加镇颜坪村、中伙铺村建立了400亩示范片。

● 选择优良抗性品种

水稻品种多，泸州市场上水稻种子300多种，以Ⅱ优、冈优、金优、协优、B优、D优、川香优、宜香优、中优等品种为宜。

水稻浸秧，预防稻瘟病。先将75%三环唑（丰登）可湿性粉剂5g兑水15kg配制成3000倍液，然后浸秧20分钟。旱育秧田可在移栽前2~3天用75%的丰登可湿性粉剂1000倍液进行喷秧。能有效防治稻瘟病发生。

● 稻鸭共育

根据试验，在田干水少虫害也少的情况下，1.8~2.8斤的活鸭在1~3小时中每只可吃稻苞虫、飞虱、叶蝉、螟虫等12-90头。

在水稻移栽前10天左右，每亩购回鸭苗15只，水稻移栽15天后放到稻田让其自然觅食生长，可每天每只鸭用50~100g稻谷、玉米、饲草等饲料补饲。提倡放养细绿萍，将频振式灭虫灯诱捕的害虫倒入田间喂养鸭，增加鸭的食物来源。

● 安装杀虫灯

在稻田中安装杀虫灯，主要是诱杀水稻螟虫、稻飞虱、稻纵卷叶螟等害虫成虫，降低害虫在田间产卵繁殖危害基数。

杀虫灯安装在离地面大约2米高的地方，问题是杀虫灯下的虫害发生要严重一些（图10）。



图10 杀虫灯捕杀稻田病害

● 生物农药

30%苯醚甲环唑·丙环唑乳油能有效防治水稻纹枯病、稻粒黑粉病、稻曲病等水稻中后期病害，破口

前5天和齐穗时各用1次，每次15ml/亩。比常规用药（井冈霉素）防治水稻纹枯病平均提高50.70%、稻曲病防效平均提高57.42%；同时促进稻穗灌浆均衡，提高结实率，根据四川省江油市农业局植保植检站2008年地试验表明能促进水稻增产到5%~10%。

(3) 示范防控效果

实施高产水稻绿色防控后的效益，根据2008年在双加颜坪的示范和四川省、泸州市的示范表明，示范区稻田病虫害防治次数减少0.78次，减少累计用工12.1个，每亩稻田防治成本降低17.11元（表16）；杂糯间栽增加收入100元；稻鸭共育，养鸭节约饲料投入60%，每亩投放15只鸭子，养鸭纯收入240元；使用生物农药，增产3%，增加27元。共计增收节支384元。

表16 水稻病虫害防治农药用量和稻谷产量分析

防治方式	面积 /hm ²	调查户数 /户	防治次数 /次	累计用工 /个	防治成本 /(元/亩)	单产 /(kg/亩)
示范区	134.6	30	2.32	46.5	31.64	324.65
自行决策	142.6	30	3.10	58.6	48.75	298.66
比较			-0.78	-12.1	-17.11	+298.66

5.2.6 德阳市绵竹：稻田病虫害综合防治

(1) 背景及病虫害发生特点

四川省绵竹市辖21个乡镇，截止2010年共有耕地面积51.6538万亩，其中水田50.0473万亩，水浇地0.6343万亩，旱地0.9722万亩，是一个以粮食（水稻）生产为主的农业大县（市）。近年来，由于受气候变化、作物布局的影响，水稻病虫害连年大发生，虫害主要以二化螟、稻飞虱、稻黑蝻、稻苞虫等为主，2010年共发生面积103.81万亩，防治101.19万亩，占应防面积的97.48%；病害主要以水稻纹枯病、稻瘟病、稻曲病为主，2010年共发生面积23万亩，防治22.1万亩，占发生（应防）面积的96.09%。预计2011年绵竹市农作物重大病虫害为偏重发生，发生面积将达到119万亩。其中稻飞虱偏重至大发生（4~5级）；水稻螟虫大发生（5级）；水稻纹枯病偏重发生（4级）；稻黑蝻、稻苞虫、稻瘟病、稻曲病中等发生（3级），局部偏重发生（4级）。

(2) 防控模式及措施

2008年以来，绵竹市致力于构建水稻重大病虫害统防统治体系，力争将水稻重大病虫害总体损失控制在5%以内，单个病虫害危害损失控制在3%以内。

以新市镇、土木镇和富新镇为主，开展了“纹曲灵”防治水稻稻曲病、纹枯病示范；“稻鸭共作”生物控制水稻病虫害新技术示范；农民自防田和不防治对照田示范；示范面积共3300亩。

● 农业防治措施

深水灭蛹技术。

对二化螟越冬代于化蛹高峰期（3月下旬至4月上旬）将稻田灌深水5~7天，在羽化高峰（4月20日左右）到来之前，及时犁翻板田，在二、三代二化螟化蛹前要求农户降低田间水层，化蛹高峰后及时灌深水处理，大田虫口基数减少80%以上。

选择优良抗性品种。

全县特别是老病区尽量减少1优402、新香优80、金优207等感病品种的种植；在超级稻示范区加强品种田间稻曲病抗性监测调查，同时要求农户加强两系杂交稻特别是超级稻天优998、金优299等高感稻曲病组合的稻曲病防治工作。

调整品种布局与保健栽培。

在品种布局上，早稻以中熟品种为主，使90%以上早稻避过第二代二化螟为害，晚稻也可在寒露风来到以前安全齐穗，并可避过第四代三化螟造成的白穗。在示范区统一播种，统一移栽，减少病虫害的桥梁田；在播种期的确定上首先考虑避开危险生育期与多雨天气或害虫盛发期相遇；在管水上，实行浅水分蘖，有水抽穗，干湿壮籽的科学管水方式，够苗排水晒田，可以减轻纹枯病为害。

及时处理稻桩和稻草，减少病虫害侵染源。

收割时齐泥割稻，及时将板田犁翻，或将稻草集中堆沤，将稻桩压入深泥，以减少稻草和稻桩内二化螟残虫，杀灭部分稻飞虱卵块。

● 灯光诱杀物理防治技术

利用频振式杀虫灯控制水稻螟虫与飞虱。

据统计，全县在水稻重大病虫害绿色防控区新装频振式杀虫灯200余盏，灯控区面积达6000余亩。调查结果表明，灯控区较常规防治区相比较，二化螟发生量减少51.3%~57.2%，稻纵卷叶螟发生量减少57.8%~69.4%，稻飞虱发生量减少31.9%~49.7%，稻田蜘蛛数量增加0.62~1.31倍，施药次数减少了0.84~1.07次。

● 生物防治措施

稻田养鸭控虫技术。

稻田灌水结合放养群鸭等控制飞虱、螟虫等害虫（图11）。早稻放鸭治虫一般在5月下旬至6月份，晚稻在7月下旬至8月上中旬开始放鸭治虫。鸭龄适宜（小鸭重0.2~0.6斤），放量适中（每亩5只小鸭）。经调查，放鸭后水稻田稻飞虱比对照田减少75.8%，螟虫减少54.9%~81.2%。



图11 绵竹稻田养鸭控虫技术

稻田蜘蛛等天敌保护利用技术。

积极保护利用天敌，通过田埂上种豆，双抢期间田埂上放置草把，创造有利于蜘蛛等天敌栖息、繁殖和越冬、越夏场所。通过大力推广高效、低毒无公害农药，适当放宽防治指标，最大限度地减轻农药对稻田蜘蛛等天敌的杀伤作用，控害护益。

(3) 示范防控效果

通过展示，“纹曲灵”用于防治水稻稻曲病防效达90%左右，尤其是在稻曲病发生严重的年份，水稻亩平增产3%左右；土门沿山示范区水稻因稻曲病平均损失率2.25%，较对照田平均6.25%降低4个百分点，其中早中熟水稻品种防治田病穗率0.5%~0.9%，病粒1~2粒/穗，未防治田分别为2%~3%和3~4粒/穗；中迟熟品种防治田病穗率3%~5%，病粒2~4粒/穗，未防治田分别为10%~12%和8~10粒/穗；“稻鸭共作”生物控制水稻病虫害技术，对控制除稻曲病外的水稻病虫害效果明显，起到了生物控制水稻病虫害的作用，明显减少了农药的使用，保护了环境，节约了生产成本，增产增收效果明显。

5.2.7 四川省水稻强化栽培体系（SRI）

(1) 背景

水稻强化栽培体系（System of rice intensification, SRI）是由Henri de laulanie神父在马达加斯加提出的一种新型的水稻高产栽培技术理念。2001年以来，我国不少单位开展了对该栽培技术的研究。SRI的显著特点是少水小苗移栽、超稀植，这与中国传统水稻栽培“精耕细作、合理稀植及用地与养地相结合”的精髓

不谋而合。尽管该技术的增产作用不是很大，但能大量节省劳动力和种子，经济效益十分显著，深受广大农民欢迎。

(2) 防控模式及措施

四川盆地现有冬水田（因灌溉条件差，冬季仅淹水而不种植作物以保证来年春插用水的稻田）126.7万hm²，该区虽然可推广应用SRI，但有些技术措施在当地生态条件下难以保证，如其核心技术要求2叶左右移栽且全生育期不建立水层，与该区早春寒潮频繁易死苗和以蓄水功能而存在的冬水田放干后无水源作保证的矛盾十分突出。

四川农业大学水稻研究所组织有关科技人员，在四川泸州大驿坝试验田、泸县永寿基地、泸县加明基地和泸县福集基地等地经过4年的试验研究和生产示范，提出了适用于四川稻作生态区及类似生态区的水稻超高产强化栽培技术体系。经过大量生产实践证明，该技术体系具有增产幅度大、省种、节水、减轻纹枯病严重度并提高稻米品质等优点。

● 培育适龄壮秧，适时嫩秧早栽

采用塑料软盘早育秧或湿润保温育秧，视秧龄长短确定播种量并精细播种，加强肥水管理，培育适龄壮秧。

冬水田移栽2~3叶龄的秧苗，两季田移栽2~5叶龄的秧苗。前作收获后稻田可实行免耕或翻耕。三角形种植以30cm×30cm~50cm×50cm的移栽密度、单丛3苗呈三角形栽培（苗距6~10cm），促进分蘖，提高有效穗数。正方形种植行、丛距相等呈正方形栽培，可以改善田间通风透光条件，促进单株生长。

● 合理稀植

肥力较低的稻田移栽规格为(25~30)cm×(25~30)cm；肥力中等的稻田移栽规格在30cm×30cm左右；肥力或施肥水平较高的稻田移栽规格可以采用(35~50)cm×(35~50)cm。

● 合理平衡施肥

有机肥和化肥配合施用的增产效果最佳，且兼有提高肥料利用率、培肥地力、改善稻米品质等作用，有机肥比例占总施肥量的20%~30%。施肥原则是“减前增后，增大穗、粒肥用量”。氮肥中底肥、分蘖肥、穗肥比例为5:3:2。底肥以有机肥为主，速效化肥为辅，每667m²施纯氮5~7kg、五氧化二磷5 kg，氧化钾10kg，优质农家粪800~1000kg。在移栽后5~25天内追施2~3次分蘖肥。在晒田复水后施用1次穗肥。抽穗后10~15天每667m²施尿素2~3 kg作粒肥。

● 节水高产技术

分蘖前期湿润或浅水干湿交替灌溉促进分蘖早生快发；分蘖后期“够苗晒田”，即当全田总苗数（主茎+分蘖）达到（15~18）万/亩时排水晒田，如长势很旺或排水困难的田块，应在全田总苗数达到（12~15）万/亩时开始排水晒田。穗分化至抽穗扬花期浅水（2cm左右）灌溉促大穗。灌浆结实期干干湿交替灌溉，养根保叶促灌浆。

● 除草，防治病虫害

根据杂草发生情况，在分蘖期进行2~3次人工除草。秧苗返青成活后排水，匀撒稻糠(100kg/亩)覆盖田面，栽秧20天后湿润灌溉，防止杂草生长。另外也可酌情施用化学除草剂防治杂草。

采用以高频灯诱杀、BT杀虫剂及其他生物农药或国家标准允许的低毒、低残留、安全、高效农药为主的稻田病虫害综合防治技术。

(3) 示范防控效果

四川省22个县示范面积共计520hm²，调查结果表明，示范点平均单产为645.6 kg/亩，每亩比常规栽培增产88.9kg，增幅达10%~30%。此外，该技术与水稻杂糯间栽技术结合，可收到杂交稻、糯稻双增产的效果，据试验，除杂交稻每亩可增产10%以上，还可增收50 kg以上的糯稻。

纹枯病病情指数显著降低(表17)。究其原因，稀植提高了植株透光率(移栽密度与透光率的相关系数为-0.8908)，透光率分别与病丛率、病苗率和病情指数呈极显著负相关关系(相关系数分别为-0.8639, -0.9060和-0.9139)。表明稀植可抑制水稻纹枯病的发生^[23]。

表17 SRI技术和常规技术纹枯病发病情况对比

处理	最高苗期透光率	孕穗期纹枯病		
	/%	病丛率/%	病苗率/%	病情指数
SRI (7.51万穴/hm ² , 单株)	23.48	25	45	11.25
常规 (22.87万穴/hm ² , 双株)	5.00	100	100	25.00

该技术适用于四川及类似生态区、水源基本有保证的冬闲田及麦-稻、油-稻、菜-稻两季田，四川省4月上旬以后播种水稻的稻麦两季田慎用。

5.3 小结

世界上12%的农药用于水稻生产上，但不幸的是，几十年来水稻病虫害危害的面积并没有因为化学稻作方式而减少，许多传统的和一些新的病虫害仍在不断爆发。20世纪80年代以来，人们开始对化工农业进行了反思，并逐渐认识到，发展生态农业和有机农业是实现农业生产可持续发展的必由之路。

近年来，西南稻作区通过挖掘传统稻作经验、开发新的病虫害防控技术等途径，根据不同地区的实际情况，发展出多种多样行之有效的环境友好型稻田病虫害防控技术，并取得显著成果。首先，许多水稻品种本身就具有一定的抗病抗虫特性；其次，一些科学的耕作制度也有显著的控病虫效果，例如多系品种和多品种合理比例、合理空间布局进行混栽比净栽可以降低稻瘟病的平均发病率42.78%，通过合理稀植、平衡施肥又可以降低孕穗期纹枯病病苗率55%，而通过深水灌田及时犁翻板田等措施可以降低二化螟虫口基数80%以上；第三，通过增加生物多样性、利用自然天敌等手段，例如稻田养鸭，对农田杂草的控制率可达到98.8%（450只鸭/hm²），同时可减轻二化螟、纹枯病的发生量和发病程度约50.0%；第四，一些物理手段，例如杀虫灯，可以减少二化螟发生量51.3%-57.2%，减少稻纵卷叶螟发生量57.8%~69.4%，减少稻飞虱发生量31.9%-49.7%；第五，通过生物农药，例如30%苯醚甲环唑·丙环唑乳油能有效防治水稻纹枯病、稻粒黑粉病、稻曲病等水稻中后期病害，比常规用药（井冈霉素）防治水稻纹枯病平均提高50.70%、稻曲病防效平均提高57.42%，等等。

当然，在各地的推广中，还应结合本地区的地理、气候、水文、生物乃至经济实力、农民接受能力等条件，合理、科学地选取、组合适宜于本地区的水稻病虫害防控措施，才能达到有效防控的目的。

6 中国西南稻作病虫草害综合防控存在的问题及对策

6.1 问题分析

6.1.1 农户缺乏科学施药的知识

近年来随着农村外出劳务人员的增加，有文化、懂技术的青壮年都外出务工，家中只剩老人和小孩；其文化知识水平较低，缺乏必要的农资常识，部分农户施药时随意加大浓度、增多农作物施药频次、盲目混配农药，同时长期使用单一农药品种^[24]。

绝大多数农户施药时不用标准量具，而是用瓶盖或其他器皿采取估计的办法，将农药直接倒入喷雾器中进行施药。遇到农药效果不好时，农户会选择多打几次药或加大用药量的办法，大多数群众认为浓度越高，防治效果越好。随意增加剂量的现象时有发生。

同时，许多农户一旦发现某种农药使用效果好，就长期单独使用该农药，有时会随意加大使用浓度，致使农作物病虫产生抗药性，导致农药使用量越来越大。

6.1.2 农村农药市场缺乏管理

农药是重要的农业生产资料。科学合理地使用农药，对于提高单位面积产量，促进农业生产具有重要作

用。而农村农药市场缺乏有效管理，农户在购买农药方面往往追新求异、人云亦云现象比较严重。

部分乡村两级农药经营人员业务素质较低，不能全面、准确的宣传和介绍农药产品的适用范围、使用方法和注意事项等内容。同时部分农药经营人员重利轻义现象比较严重。只为追求高利润，而不顾农药质量的优劣性、在当地的适应性好进货渠道的正规性，甚至隐蔽经营禁限用农药等等，只要利润大的产品就进，利润高的农药就卖；更严重的是个别经营人员，故意将利润高的产品盲目推荐给群众，导致药害事故平凡发生。

此外，随着市场经济的快速发展，一些农药生产企业为了谋求更高的利润，就钻法律法规和政策的空子，偷工减料，投机取巧，生产一些不合格农药和假劣农药，如标签印制不规范、农药临时登记证号过期、农药质量指标与实际质量不符，等等。

6.1.3 农村农药市场缺乏管理

20世纪90年代初以来，曾是世界上最大且最有效率的中国农业技术推广体系逐渐走向崩溃的边缘。根据中国环境与发展国际合作委员会农业与农村发展课题组的报告，在约100万的农业技术推广人员中，仅有很少一部分在从事全职的推广工作。许多乡镇的农业技术推广站已经名存实亡。而推广机构推广的技术与农民的技术需求不相符合。事实上，目前的国家农业技术推广体系已经难以承担起农业技术推广的重任，很难满足全国2.4亿农户的对新的和适用技术的需求。

除了缺乏培训、推广设备和推广方法落后外，政府对农业推广经费投入严重不足是最大的问题之一。自从20世纪80年代末以来，政府鼓励农技单位进行创收（如销售农药及其他农业生产资料等），试图通过允许推广部门创收来弥补其经费的不足并提高农技人员的福利待遇。最近的调查表明，推广人员仅花费很少一部分时间从事推广工作，77%的地方技术推广站没有推广项目。一些例子表明推广机构缺乏引进与推广新技术的积极性，其部分原因与推广单位商业活动和推广活动的利益冲突有关。例如，在一些地区，推广机构试图减缓抗病虫技术的推广，因为这样会减少对农药的需求。如果不改革现有的推广体系，仍然维持原有的人员臃肿、缺乏合格技术人员和推广单位同时承担公益性推广与商业性活动任务的推广体系，农技人员将缺乏农业技术推广的积极性。

6.2 对策建议

6.2.1 改革农业技术推广体制，加强对农户的培训

由于现有的公共推广体系十分脆弱，且缺乏有效的监督与考核机制，因此很有必要重建一个公共的农业技术推广体系，精干现有的技术推广队伍，并创造条件引进一些优秀人才。要建立现代高效的运行机制，尤其在人力资源管理和激励机制方面体现其优越性。然而，并非所有的投资都必须经过竞争，日常事

业费、基本建设费等研究所发展经费应由政府承担。

增加农业技术推广投资。农业科技的公共产品特性决定了政府仍然是中国未来几十年内农业科研和技术推广投资的主体。将部分技术推广部门商业化并非减少政府的公共投资，反而应有所增强。商业化的科技部门将会受商业利益的驱动而自然地向着在市场上能够得到投资回报的方向发展，但这些部门不会关心涉及食品安全、反贫困和环境可持续发展等公共研究领域的研究问题。

加强对农民及基层农药经销商的培训，建立培训的长效机制，培训内容做到由浅入深。具体培训的内容可以包括：向农民介绍病虫害的基本常识，使其在购药、用药时做到有的放矢；向农民宣传农药常识，比如哪些是高毒农药，哪些是国家已经禁止使用的农药，从而使抵制使用高毒、高残农药成为农民的自觉行动；向农民宣传农药的使用技术，如什么是农药的作用机理，用什么施药方法等。而对基层经销商的培训要更注重政策方面的宣传教育，使其对新政策，尤其高毒禁限用农药的规定以及监管的法律制度有深入了解。可以充分利用企业自有资源，在推广销售农药的同时就对经销商进行培训，并对推广生物型低毒农药的经销商给与一定的补助。

6.2.2 发展多功能生态农业，加快农业补偿试点

建立在以消耗大量资源和能源基础上的现代化农业也带来了一些严重弊端，并引发了一系列具有全球特点的生态与环境问题。造成这些问题的原因是多样的，其中农业的发展方向与道路成为思索的焦点。人们越来越认识到农业的目标不仅要提高产量，还须提高产品质量、确保食品安全；不仅要提高土地产出率、获得经济利益，还应发挥生态系统的多种环境服务功能并促进农村的可持续发展^[25]。

在自然植被一再缩减和环境问题日益严峻的今天，农田生态系统已经超越了其作为食物生产地和原材料提供地的功能，还具有许多其他的服务和功能，比如调节大气化学成分、调蓄洪水、净化环境等。1997年美国生态经济学家Costanza提出全球农田生态系统每年提供的服务价值约为1280亿美元。而采用生态耕作模式稻田的生态系统服务价值往往还要高，例如稻鱼共生系统在固碳释氧、营养物质保持、病虫害防治、水量调节乃至旅游发展等方面都有其独特的优势，其外部经济效益提高了2754元/hm²，同时稻鱼共生系统减少CH₄排放、控制化肥农药使用，使其外部负效益损失降低了4693元/hm²。

但外部效益无法在市场中得到体现，从而错误地低估了生态农业耕作方式的综合效益，使得农户无法得到激励采取有利于生态环境保护的生产方式，反而为了单纯地追求粮食产量而大量施用化肥和农药，造成生态破坏、环境污染和食品安全问题。因此，需要大力发展多功能生态农业，加快建立生态系统服务购买或生态补偿机制。通过计算，政府补偿1136元/hm²就会有效激励农户进行稻田养鱼的农业生产，同时这种耕作方式会产生16045元/hm²的生态系统服务价值，从而达到农户和政府的双赢以及生态和经济效益的双赢。

6.2.3 促进传统农业向高效生态农业的转型

中国农业发展拥有独特的自然条件和丰富的传统经验。独特的自然条件为发展特色农业模式提供了基础，丰富的传统经验中蕴涵着值得今天借鉴的生态保护与可持续发展意识。高效生态农业不仅要求继续和发扬传统农业技术的精华，更要注意吸收现代科学技术，而对整个农业技术体系进行生态优化，并通过一系列典型生态工程模式将技术集成，发挥技术综合优势，从而实现我国传统农业向高效生态农业的健康过渡^[26]。

发展高效生态农业要加大高科技含量。为完善与健全“植物性生产、动物转化与微生物还原”的良性循环的农业生态系统，开发、研究以微生物技术为主要内容的接口技术；运用系统工程方法科学合理地优化组装各种现代生产技术；通过规范农业生产行为，保证农业生产过程中不破坏农业生态环境，不断改善农产品质量，实现不同区域农业可持续发展目标。其中，在寻求生态经济协调发展且有市场竞争力主导产业的同时，建立新型生产及生态保育技术系统技术规范；环境与产品质量保证控制监测体系，建立与完善区域及宏观调控管理体系，形成农业可持续发展的网络型生态农业产业是当前生态农业建设的热点。

发展高效生态农业要重视规模化和产业化经营。随着市场经济的发展，由于生产规模小、分散化程度高，生产方式和技术不能适应市场多样化的要求等，小农经济与大市场之间的矛盾越来越突出，产业化成为生态农业发展的重要内容和发展趋势。生态农业产业化应以人与自然和谐发展为目标，以市场需求为导向，依托本地生态资源，实行区域化布局、专业化生产、规模化建设、系列化加工、一体化经营、社会化服务、企业化管理，寻求农业生产、经济发展与环境保护相协调的道路。突破的基本思路是放眼国际市场、明晰产品标准、立足区域特色、发挥品牌效应、规范基地生产、拓展增值加工、提升竞争能力^[27]。

6.2.4 加强科学研究，不断开发新技术

抗性品种的选育。水稻是六十多种病原微生物和一百多种害虫的寄主，病虫害是造成稻米减产和不稳产的主要原因之一。品种抗性是稻作保护上较为经济而又合理的办法，国内外水稻育种家都十分重视品种对病虫害的抗性，并育成了一批单抗或多抗品种在生产上应用。近年来，随着化学农药成本的提高，化学残毒的蓄积，环境污染和生态破坏，病虫对杀虫（菌）剂抗药性的增强，水稻病虫害防治工作的复杂性日益增加，需要加强对抗性品种选育技术的不断研究。

低毒无害农药以及科学施药技术研发。大力研发低毒无害农药，如：植物源农药，动物源农药，微生物农药以及与环境相容的高效、低毒、广谱、低残留农药等。同时还应根据不同的作物、生长期、地理情况、气象条件、所用的机具和农药等外部条件研发有针对性的科学施药技术，如：开发低量喷雾技术，提高农药的有效利用率；加强对施药机具的研发；防治病虫害的同时有效保护天敌等。在施药过程中，不应片面追求防治效果，因为若要把防治效果从80%提高到95%，农药的用量会大大提高。应允许有一定的虫

口残余量，以此来换取“环境效益”和食品安全。

挖掘和推广基于物种间生态关系的种养植技术模式。我国农业生产的长期实践积累了丰富的经验并创造了多样的类型，如间作、轮作、农林复合经营、桑基鱼塘、稻田养鱼等模式。通过在生态关系调整、系统结构功能整合等“软”关系方面的微妙处理，有效控制稻田害虫、减少病害、增加水稻抗倒性以及农药化肥的使用等，需要深入研究加以挖掘和提高。同时，随着现代生态和生物技术的发展，通过对生态系统的“食物链”和“食物网”、植物他感作用、生物捕食与共生关系等的认识和提高，构建并推广新的基于物种间生态关系的生态种养植技术模式。

参考文献

- [1] 云南省志编纂委员会. 云南省志·农业志. 昆明: 云南人民出版社, 1998.
- [2] 贵州省地方志编纂委员会. 贵州省志·农业志. 贵阳: 贵州人民出版社, 2001.
- [3] 四川省地方志编纂委员会. 四川省志·农业志. 成都: 四川人民出版社, 1999.
- [4] 全国农业技术推广服务中心. 农作物重大病虫害监测预警工作年报. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [5] 黄世文. 水稻主要病虫害防控关键技术解析. 北京: 金盾出版社, 2010.
- [6] 张学哲. 作物病虫害防治. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [7] 陈卓, 宋宝安. 南方水稻黑条矮缩病防控技术. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [8] 周国辉, 张曙光, 邹寿发等. 水稻新病害南方水稻黑条矮缩病发生特变及危害趋势分析. 植物保护, 2010, 6(1): 144-146.
- [9] 陈树文, 苏少范. 农田杂草识别与防除新技术. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
- [10] 周小刚, 张辉. 四川农田常见杂草原色图谱. 成都: 四川出版集团·四川科学技术出版社, 2006
- [11] 钱易, 陈吉宁. 农业环境污染的系统分析和综合治理. 中国农业出版社, 2008.
- [12] 洪崇高, 丁晓宇, 林伟等. 我国水稻主产区农药使用调查及安全生产的建议与对策. 亚热带农业研究, 2008(4): 136-140.
- [13] 韩德政, 米养民, 肖华才. 绵阳地区土壤及主要粮油产品中有机氯农药(六六六、DDT)残留量的调查研究. 四川环境, 1986, 5(1): 19-27.
- [14] 郭建阳, 吴丰昌, 廖海清等. 红枫湖钻孔沉积物中滴滴涕的沉积记录. 环境科学, 2010, 31(6): 1589-1593.
- [15] 文峰, 范莉, 尹辉, 等. 岷江成都段有机物污染调查. 环境监测管理与技术, 2005, 17(3): 22-25
- [16] 胡德辉, 吴易雄, 李族成等. 水稻病虫绿色防控技术的实践与探讨. 湖南农业科学, 35-36.
- [17] 董红敏, 李玉娥, 陶秀萍, 等. 中国农业源温室气体排放与减排技术对策[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 269-273.
- [18] 向平安, 黄璜, 黄梅, 等. 稻-鸭生态种养技术减排甲烷的研究及经济评价[J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 968-975.
- [19] 刘某承, 张丹, 李文华. 稻田养鱼与常规稻田耕作模式的综合效益比较研究——以浙江省青田县为例. 中国生态农业学报, 2010, 18(1): 1-6.
- [20] 李文华, 刘某承, 张丹. 用生态价值观权衡传统农业与常规农业的效益——以稻鱼共作模式为例. 资源科学, 2009, 31(6): 899-904.

- [21] 刘铁桥,唐春生.水稻重大病虫害绿色防控技术的探讨和实践.农友之家,2009,(2):33-36.
- [22] 朱有勇.生物多样性持续控制作物病害理论与技术.云南科技出版社,2004.
- [23] 徐富贤,郑家奎,朱永川,等.冬水田杂交中稻小苗超稀栽培对水稻生长的影响.杂交水稻,2003,18(3):40-43.
- [24] 李明川,李晓辉,傅小鲁,等.成都地区农民农药使用知识、态度和行为调查.预防医学情报杂志,2008,24(7):521-525.
- [25] 李文华,闵庆文,吴文良.农业生态问题与综合治理.北京:中国农业出版社,2008.
- [26] 李文华,刘某承,闵庆文.中国生态农业的发展与展望.资源科学,2010,32(6):1015-1021.
- [27] 李文华.生态农业——中国可持续农业的理论与实践.北京:化学工业出版社,2003.

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

