

农业面源污染控制 关键技术成果及其评价

朱昌雄 等 / 编著



中国农业科学技术出版社

农业面源污染控制 关键技术成果及其评价

朱昌雄 等 / 编著



图书在版编目 (CIP) 数据

农业面源污染控制关键技术成果及其评价 / 朱昌雄等编著. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2924 - 1

I. ①农… II. ①朱… III. ①农业污染源 - 面源污染 - 污染控制 -
中国 IV. ①X501

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 312742 号

责任编辑 徐定娜

责任校对 李向荣

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106626 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82109707

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经销者 各地新华书店

印刷者 北京科信印刷有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 8

字 数 190 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

— 版权所有 · 翻印必究 —

《农业面源污染控制关键技术成果及其评价》

编 著 人 员

主 编 著：朱昌雄 李红娜 耿 兵 韩 巍 梅旭荣

陈荷生

参加编著：（按姓氏拼音排序）

陈荷生 段昌群 高翔宇 耿 兵 郭 萍

韩 巍 孔 明 李曹乐 李 峰 李红娜

李莲芳 廖志民 刘宏斌 吕锡武 梅旭荣

钱 玲 施卫明 田云龙 王志平 吴根义

谢德体 徐向阳 杨林章 杨正礼 叶 婧

朱昌雄

前 言

以技术就绪度和层次分析法技术评估模型为基础,本报告对“十一五”“十二五”水体污染控制与治理科技重大专项(简称“水专项”)中农业面源污染控制的相关技术88项进行定级及评分。其中,种植业控氮减磷关键技术共43项,养殖业污染减排与废弃物利用关键技术共22项,农村生活污染控制关键技术共19项,农业面源污染控制管理及平台的关键技术共4项。经过就绪度分析,按照污染控制技术就绪度定级达到7,政策管理技术达到6的标准,共筛选出种植业控氮减磷关键技术8项,养殖业污染减排与废弃物利用关键技术8项,农村生活污染控制关键技术5项及农业面源污染控制管理及平台的关键技术3项。在此基础上利用层次分析法进一步分析,将污染控制技术中打分最低的2项技术去除,管理技术打分最低的1项技术去除;再根据“十三五”水专项要发展污染控制系统系统集成技术的战略目标和规划原则,将单项技术去除,最终筛选出11项技术,其中种植业污染控制技术3项,养殖业污染控制技术4项,农村生活污染控制技术3项,政策管理技术1项。

通过技术就绪度和层次分析法技术评估模型筛选出来的关键技术可以因地制宜的规模推广,同时也为国家有关决策机构或研究组织在农业环境污染问题治理中合理地引进和推广相关污染控制优选技术提供技术依据和参考。

目 录

第1章 农业面源污染控制关键技术分析方法	(1)
1.1 技术就绪度的概念	(1)
1.2 技术就绪度的定级	(1)
1.3 层次分析法技术评估的框架体系	(4)
1.4 指标体系建立与权重打分	(4)
第2章 种植业控氮减磷关键技术分析	(7)
2.1 种植业控氮减磷关键技术就绪度分析	(7)
2.2 种植业控氮减磷技术打分	(60)
第3章 养殖业污染减排与废弃物利用关键技术分析	(62)
3.1 养殖业污染减排与废弃物利用关键技术就绪度分析	(62)
3.2 养殖业污染减排与废弃物利用关键技术打分	(83)
第4章 农村生活污染控制关键技术分析	(85)
4.1 农村生活污染控制技术就绪度分析	(85)
4.2 农村生活污染控制技术打分	(104)
第5章 农业面源污染控制管理及平台关键技术	(105)
5.1 农业面源污染控制管理及平台的关键技术就绪度分析	(105)
5.2 农业面源污染综合控制管理及平台的关键技术打分	(113)
第6章 总 结	(114)
6.1 技术筛选结果	(114)
6.2 存在问题与建议	(118)

第 1 章 农业面源污染控制关键技术分析方法

1.1 技术就绪度的概念

技术就绪度也可称为技术就绪指数 (Technology Readiness Level, TRL) 也称为技术准备水平, 是一种衡量技术发展 (包括材料、零件、设备等) 成熟度的指标。它由美国首先提出。

在应用相关技术前, 先衡量技术的成熟度。一般而言, 当一个新的技术被发明或概念化时, 不适合立刻应用在实际的系统或子系统中。新的技术需要经过许多的实验、改良及实际的测试。在充分证明新的技术可行性后, 才会整合到系统或子系统中。

技术就绪度应用基本的分级原理, 把一类技术或项目, 按一定的原则制定分级标准, 使此类技术或项目都可以按照所处阶段的不同, 对应到各级别, 量化的区分每一个技术或项目的成熟程度。技术就绪水平的应用, 从低级别到高级别, 每升高一级标志着技术项目的日趋成熟。技术就绪水平的量表制定需要根据不同类别的科研项目的具体情况具体编制, 具有普遍适用性和个案特殊性。技术就绪水平最初被一些美国国防采办机构和世界的许多大公司 (科研相关) 不断发展的对项目交付物 (硬件、软件、标准等) 成熟情况评估的一种方法, 该方法将贯穿于技术项目的整个系统。

在我国, 技术就绪水平作为科研项目的基本指标之一被纳入 GB/T 22900—2009《科学技术研究项目评价通则》。该国家标准将工作分解结构和技术就绪水平联合应用, 用于改良我国的科研项目管理方法。

1.2 技术就绪度的定级

一项技术必须能够编制出技术就绪水平 (TRL) 量表, 并且能够在量表中表达开始状态和目标状态。只有技术就绪水平量表, 才能反映出来科研项目的技术增加值。根据技术就绪度的定义, 将其分为如下 9 个级别 (表 1-1), 主要包括了资料研究、可行性研究、实验研究、性能研究、工艺及装备研究、试验研究、工程研究、成本研究、产业研究 9 个层次。

表 1-1 技术就绪度的级别划分

分类	级别	名称	分级内容
基础技术研究	1	资料研究	收集与技术内容相关的基础资料、文献和已有数据的分析等
	2	可行性研究	应用该技术的软硬件条件是否具备
实验性能确定	3	实验研究	实验室规模的小试研究
	4	性能研究	应用该技术小试研究的效果评价
技术示范	5	工艺及装备研究	应用该技术的基础设备、工艺流程等条件
	6	试验研究	应用该技术较大范围研究的效果评价
技术规模扩大	7	工程研究	实际应用该技术的效果评价
规模化投入与运行	8	成本研究	实际应用该技术的成本核算及效果评价
	9	产业研究	技术应用的规模化运行

根据技术就绪度的定级标准，我们编制出了农业面源污染控制相关技术中，种植业污染控制技术就绪度定级标准、养殖业污染控制技术就绪度的级别划分、农村生活污染控制技术就绪度的级别划分以及农业面源污染控制管理及平台的技术就绪度的级别划分标准，分别如表 1-2 至表 1-5 所示。

表 1-2 种植业污染控制技术就绪度的级别划分

分类	级别	分级标准	
基础技术研究	1	已收集与技术内容相关的基础资料、文献和已有数据的分析等	
	2	应用该技术的软硬件条件已经具备	
实验性能确定	3	已完成实验室规模的小试研究	
	4	已完成应用该技术小试研究的效果评价	
技术示范	5	示范面积 500 亩 ^① 及以下	化肥用量减少 20% 左右；总氮、总磷径流污染负荷削减不低于 20%
	6	示范面积 500 ~ 10 000 亩	化肥用量减少 30% 左右；总氮、总磷径流污染负荷削减不低于 30%
技术规模扩大	7	示范面积 1 万 ~ 10 万亩	化肥用量减少 30% 左右；总氮、总磷径流污染负荷削减不低于 30%
规模化投入与运行	8	形成标准规范，并进行 10 万亩以上百万亩以下的推广示范	
	9	开展百万亩以上的规模化推广应用	

① 1 亩约等于 667m²，1hm² = 15 亩，全书同

表 1-3 养殖业污染控制技术就绪度的级别划分

分类	级别	分级标准		
基础技术研究	1	已收集与技术内容相关的基础资料、文献和已有数据的分析等		
	2	应用该技术的软硬件条件已经具备		
实验性能确定	3	已完成实验室规模的小试研究		
	4	已完成应用该技术小试研究的效果评价		
技术示范	5	养殖规模 500 头以下当量猪（年出栏数）	资源化产品总量 2 000t 左右/年	污染负荷削减 70% ~ 80%
	6	养殖规模 500 ~ 5 000 头当量猪（年出栏数）	资源化产品总量 5 000t 左右/年	污染负荷削减 80% ~ 90%
技术规模扩大	7	养殖规模 5 000 ~ 30 000 头当量猪（年出栏数）	资源化产品总量 1 万 t 左右/年，并取得相关产品证书	污染负荷削减不低于 90%
	8	养殖规模 3 万 ~ 10 万头当量猪（年出栏数）	资源化产品总量 3 万 t 左右/年	污染负荷削减不低于 95%
规模化投入与运行	9	养殖规模 10 万头以上当量猪（年出栏数）	资源化产品总量 3 万 t 左右/年	污染负荷削减不低于 95%

表 1-4 农村生活污染控制技术就绪度的级别划分

分类	级别	分级标准		
基础技术研究	1	已收集与技术内容相关的基础资料、文献和已有数据的分析等		
	2	应用该技术的软硬件条件已经具备		
实验性能确定	3	已完成实验室规模的小试研究		
	4	已完成应用该技术小试研究的效果评价		
技术示范	5	累计农村人口规模不少于 200 人	处理生活污水量不低于 30m ³ /d，处理生活垃圾量不低于 0.1t/d	出水水质不低于一级 B 要求
	6	累计农村人口规模不少于 1 000 人	处理生活污水量不低于 50m ³ /d，处理生活垃圾量 0.1t ~ 1.0t/d	出水水质不低于一级 B 要求
技术规模扩大	7	累计农村人口规模不少于 10 000 人	处理生活污水量不低于 100m ³ /d，处理生活垃圾量不低于 1.0t/d	出水水质不低于一级 B 要求
	8	累计农村人口规模不少于 50 000 人	处理生活污水量不低于 100m ³ /d，处理生活垃圾量不低于 1.0t/d	出水水质不低于一级 B 要求
规模化投入与运行	9	县域流域大规模推广应用，不少于 10 万人规模	出水水质不低于一级 B 要求	

表 1-5 农业面源污染控制管理及平台的技术就绪度的级别划分

分类	级别	分级标准
基础技术研究	1	已收集与技术内容相关的基础资料、文献和已有数据的分析等
	2	对该技术用到的模型和软件的可行性分析
实验性能确定	3	已完成相关软件的应用及报告
	4	已完成应用该软件或平台的小试研究的效果评价
技术示范	5	在示范工程中应用该软件或平台的效果验证
	6	形成产品，并获取相关著作权
技术规模扩大	7	在镇域正常运行，且对示范区的水质管理和污染控制有促进作用
规模化投入与运行	8	在县域产品正常运行，且开展技术成本等方面的核算
	9	技术产品在省域的规模化运行

1.3 层次分析法技术评估的框架体系

层次分析法（AHP）是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂（T. L. Saaty）于 20 世纪 70 年代初，为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电力分配”课题时，应用网络系统理论和多目标综合评价方法，提出的一种层次权重决策分析方法。这种方法的特点是在对复杂的决策问题的本质、影响因素及其内在关系等进行深入分析的基础上，利用较少的定量信息使决策的思维过程数学化，从而为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策方法。AHP 是对难于完全定量的复杂系统作出决策的模型和方法。

本分析将 AHP 与指标体系相结合，由技术经济性、环境和技术适用性逐步深入分析，从而建立面源污染控制技术综合评价指标体系，在指标体系建立过程中尽可能选择可量化的指标以提高评价的定量性，最终形成有效可行的面源污染控制技术评价方法，以助于国家有关决策机构或研究组织在农业环境污染问题治理中合理地引进和推广相关污染控制优选技术。

1.4 指标体系建立与权重打分

1.4.1 指标体系的建立

运用层次分析法的第一步，就是将影响一个复杂问题的各个因素，按支配关系分组构成有序的梯阶层次结构。面源污染控制技术的筛选应符合我国地区经济技术发展水平和相关技术政策，满足我国环境保护的要求。据此提取了影响技术经济性和技术适用性的重要因素，在此基础上建立了综合评价的多层次结构，即建立了面源污染控制技术综合评价指标体系。详见图 1-1。

重点流域面源污染治理与管理技术评估指标数据集													
经济效益				环境效益						技术可推广性			
技术成本			技术收益		环境风险		环境效益			技术可靠性		技术可行性	
投资	占地 面积	运行 费	技术 收益	节 约 资源	二 次 污 染	职 业 健 康	TN 削 减 效 果	TP 削 减 效 果	COD 削 减 效 果	技术 故障 率	生产 影响 率	运行 管理 难易 度	使用 寿命

图 1-1 重点流域面源污染治理与管理技术评估指标数据集

1.4.2 评价模型构建

建立指标体系后，从层次结构模型的第 2 层开始，对同一层次因素之间的重要性进行两两比较，运用 1~9 及其倒数标度方法构造判断矩阵，直到最下层。重要性判断标度含义见表 1-6。这一过程中结合运用专家调查法，对评价指标的相对重要性进行评估。面源污染治理与管理技术综合评价指标体系见图 1-2。

表 1-6 判断矩阵元素 a_{ij} 的标度方法

标度	含义
1	表示两个因素相比，具有同等的重要性
3	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较的判断 a_{ij} ，则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

面源污染治理与管理技术评估（A）														
经济效益（B1）					环境效益（B2）					技术可推广性（B3）				
0.23					0.65					0.12				
技术成本（C1）			技术收益		环境风险	环境效益（C4）				技术可靠性（C5）		技术可行性（C6）		
0.25			0.75		0.33	0.67				0.25		0.75		
投资（D1）	占地面积（D2）	运行费（D5）	技术收益（D7）	节约资源（D8）	二次污染（D9）	职业健康（D10）	TN削减效果（D11）	TP削减效果（D11）	COD削减效果（D13）	技术故障率（D15）	技术影响率（D16）	技术成熟度（D18）	运行管理难度	使用寿命（D21）

图 1-2 面源污染治理与管理技术综合评价指标体系

对各层次因素依其重要性构造判断矩阵（略），并检验其一致性，最终确定其权

值。经计算，面源污染控制技术综合评价层次结构模型中各个指标对目标层的权重如图 1-3 所示。

面源污染治理与管理技术评估（A）																	
B层w值	经济效益（B1）						环境效益（B2）						技术可推广性（B3）				
	0.23						0.65						0.12				
	技术成本（C1）			技术收益			环境风险		环境效益（C4）				技术可靠性（C5）		技术可行性（C6）		
C层w值	0.25			0.75			0.33		0.67				0.25		0.75		
	投资 (D1)	占地 面积 (D2)	运行费 (D5)	技术 收益 (D7)	节约 资源 (D8)	二次 污染 (D9)	职业 健康 (D10)	TN削 减效 果 (D11)	TP削 减效 果 (D11)	COD削 减效 果 (D13)	技术 故障 率 (D15)	技术 影响 率 (D16)	技术 成熟 度 (D18)	运行 管理 难易 度	使用 寿命 (D21)		
D层w值	0.51	0.16	0.30	0.75	0.25	0.75	0.25	0.28	0.13	0.60	0.50	0.50	0.23	0.65	0.12		
D层总w值	0.03	0.01	0.02	0.13	0.04	0.16	0.05	0.12	0.06	0.26	0.02	0.02	0.02	0.06	0.01		
															D层w值 总和	1.00	

图 1-3 综合权重值的计算

1.4.3 专家打分表

以畜禽养殖中生猪养殖污染治理与管理技术为例，专家打分表的模板如表 1-7 所示。

表 1-7 专家打分表（指标参数获得都以单头生猪每年的统计结果来计算）

指标	备注	定性或 定量描述	分值的具体标度										得分
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
投资	基础设施和设备一次性投资		80 元				→				30 元		
占地面积	工程占地面积		0.5m ²				→				0m ²		
运行费	电费和燃油等动力费		20 元				→				3 元		
技术收益	工程项目的年收入情况		8 元				→				360 元		
节约资源	降低水电燃油等能源消耗		5 元				→				30 元		
二次污染	能否形成二次污染物的排放		极严重				→				零污染		
职业健康			风险极大				→				零风险		
总氮削减效果			0kg				→				10kg		
总磷削减效果			0kg				→				4kg		
COD 削减效果			0kg				→				53kg		
技术故障率			极高				→				零故障		
生产影响率			极大				→				零影响		
运行管理难度			极复杂				→				极简单		
使用寿命			3 年				→				20 年		

第 2 章 种植业控氮减磷关键技术分析

2.1 种植业控氮减磷关键技术就绪度分析

种植业的污染来源主要有水土流失、地表径流、农田不合理施肥、农药的大量使用、未被综合利用的农膜以及农作物秸秆等。“十一五”期间，水专项共设置了针对不同类型种植业污染控制的研究课题 7 个，突破了农田种植结构调整、病虫害生物防治与农药流失残留降解技术、施肥优化、氮磷促吸收防流失、农田径流拦截、农田固体废弃物综合利用、农田尾水生态拦截与修复、灌区农田退水污染综合控制、“减量－阻断－拦截－回用”（4R）等关键技术 12 项，并通过 15 个工程示范。专项的实施形成了农田种植业全程控氮减磷成套技术，克服了面源污染只重视末端治理的旧模式，建立了源头减量－过程拦截同步进行的系统技术体系，“防”、“治”并重，面源污染控制效果更明显。“十二五”期间水专项设计了相关课题 8 个，以区域种养结合，整装集成成套技术为思路，重点突破农田有机质提升与养分控流失、农田尾水综合利用、农田作物搭配拦截、冻融条件下农田面源污染过程和水质目标管理、寒冷区水田肥水精量控制与清洁生产等技术，进行规模化示范，并在几大流域构建农业清洁小流域样板工程，为水污染防治行动计划农业面源污染防治的实施提供有力支撑。

根据表 1－2 中所列出的技术就绪度的级别划分标准，以达到其中一项即可判定升级为主线、兼顾考虑同一级别中的其他划分标准，来综合评定其技术就绪度的等级。得到的种植业污染控制技术就绪度介绍如表 2－1 所示。

表 2－1 种植业减氮控磷与废弃物循环利用的关键技术就绪度

序 号	技术名称	就绪度等级
1	基于总量削减－盈余回收－流失阻断的菜地氮磷污染综合控制技术	5
2	基于减量和循环利用的稻田污染减排与净化技术	5
3	稻田适时适地养分全程调控氮磷减排技术	6
4	基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术	6
5	农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术	6
6	大蒜间作作物定向、快速选择与间作技术	5
7	水稻种植农药水环境污染全程防治集成技术	6

(续表)

序 号	技术名称	就绪度等级
8	富磷区面源污染仿肾型收集与再削减技术	5
9	氮肥后移施用技术	5
10	水稻控释肥育秧箱全量施肥技术	5
11	“源头减量-过程阻断-养分循环利用-生态修复”的4R技术	7
12	湖滨带陆向农业生产区污染控制技术	6
13	湖滨区设施农业集水区面源污染防控技术	7
14	农业主产区大田作物氮磷减量控制栽培技术	7
15	北方灌区稻田清洁化生产技术	5
16	水蜜桃园面源污染综合控制技术	6
17	生态农业、稻田水肥与农用化学物质管理技术	5
18	坡台地“固土控蚀”农作系统控污技术	6
19	水稻缓释肥侧条施肥技术	5
20	基于水稻专用缓控释肥与插秧施肥一体化的稻田氮磷投入减量关键技术	6
21	基于硝化抑制剂-水肥一体化耦合的蔬菜氮磷投入减量关键技术	6
22	基于行间生草耦合树盘覆盖的果园氮磷投入减量关键技术	6
23	农田排水污染物三段式全过程拦截净化技术	6
24	农业废弃物(秸秆)养分资源管理与再利用技术	7
25	环湖生态农业圈构建与优化技术	6
26	大面积连片、多类型种植业镶嵌的农田面源控污减排技术	7
27	削减湖滨退耕区土壤存量污染负荷的生物群落构建技术	6
28	流域农业结构调整下新型农业面源污染综合控制技术	7
29	源近流短山地水源涵养与清水产流关键技术	5
30	粮菜轮作旱坡地面源污染防控技术集成	6
31	稻菜轮作水田面源污染防控技术集成	6
32	优质柑橘园秸秆还园大球盖菇套种栽培利用技术	6
33	三峡库区小流域农业面源污染多重拦截和消纳系统	5
34	三峡库区新建柑橘园土壤快速熟化的定植穴改土方法	6
35	生态农田构建技术	6
36	食用菌基质高效制备技术	4
37	铁岭县种植业面源污染减排技术	7
38	基于农田养分控流失产品应用为主体的农田氮磷流失污染控制技术	7
39	水稻施肥插秧一体化技术	6
40	作物侧条施肥技术	7
41	东北坡岗农田植物篱埂垄向区田水土氮磷保持农作技术	5
42	东北坡岗农田肥料减量与施肥结构调整技术	5
43	东北坡岗农田玉米新型缓控释肥料技术	5

基于总量削减—盈余回收—流失阻断的菜地氮磷污染综合控制技术

基本原理

针对太湖流域设施菜地化肥投入量高（年投入量 $1\,310\text{ kg N/hm}^2$ 、 $450\text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{hm}^2$ ）、肥料利用率低（ $<20\%$ ）、土壤养分累积率高（一年三季蔬菜作物轮作后土壤硝态氮含量从 84 mg/kg 增加到 241 mg/kg ，累积率达 187% ）等特点，研发了基于总量削减—盈余回收—流失阻断的两低两高型菜地氮磷污染综合控制技术。包括：①化肥源头优化减量技术（总量削减），即在保证作物产量的情况下，基于作物的养分吸收特点和土壤肥力状况，从肥料的用量上进行优化，从而减少化肥投入，降低养分流失风险；②填闲作物原位阻控技术（盈余回收），对设施菜地休闲期土壤的氮磷养分进行原位拦截；③生态拦截带技术（流失阻断），在设施菜地的排水沟渠内设计生态拦截框，从而有效降低氮磷排放；④稻田湿地技术（流失阻断），在整个设施菜地示范区的总排水口处设计稻田工湿地，消纳净化设施菜地排水。

工艺流程

河水灌溉——设施菜地源头减量技术——填闲作物原位拦截—生态拦截沟渠——稻田湿地——河道。

关键技术

- (1) 设施菜地化肥投入减量技术。
- (2) 夏季揭棚期的填闲作物原位阻控技术。
- (3) 稻田人工湿地净化技术。

技术来源及知识产权概况

自主研发集成。

实际应用案例

应用单位：无锡市胡埭镇龙延村村委会

2010年稻季在无锡市胡埭镇龙延村沙滩村大棚蔬菜生产基地进行了小规模的技术示范，示范面积约10亩。全年施氮量可减少 $170\sim 350\text{ kg/hm}^2$ 对产量没有影响；蔬菜品质有所提高，减少环境排放 $\text{N } 60\sim 182\text{ kg/hm}^2$ ；在夏季高淋洗期（接棚期）种植高效吸收型填闲作物（甜玉米等），可有效减少淋洗 $30\%\sim 60\%$ 。研究结果表明，填闲玉米对氮素淋洗拦截率为 30% 左右，化肥减量的同时配合填闲作物对氮淋洗的拦截率为 61% 。在减量和种植填闲作物的基础上，配合生态拦截沟渠，并在夏季充分利用稻田湿地的强化净化作用，可进一步减少菜地的污染排放。将设施菜地与稻田偶联，通过生态沟渠的拦截作用以及湿地稻田的吸收再利用功能，在整个水稻生长季削减设施菜地径流排放的各污染负荷总量分别为，硝态氮 15 kg/hm^2 ，总氮 16.81 kg/hm^2 ，总磷 0.16 kg/hm^2 。共削减示范区内设施菜地（10亩）硝态氮 10 kg ，总氮 11.2 kg ，总磷 0.1 kg 。

根据技术就绪度的分级标准，该项技术已通过可行性的小试研究，形成初步的完备工艺流程及效果分析，目前定级为技术就绪度5级。

技术信息咨询联系单位：中国科学院南京土壤研究所

基于减量和循环利用的稻田污染减排与净化技术

该项技术针对太湖流域的稻田实际生产情况,充分挖掘稻田这一人工湿地的功能,结合太湖污染治理的需求,根据稻田离河湖的远近,有针对性地提出了不同的稻田污染减排技术。在太湖流域一级保护区或沿河/湖区域,采用轮作制度调整技术;在对非沿河湖区域的稻麦轮作田,采用基于叶色的按需施肥技术或新型缓控释肥技术;对临近菜地、桃园或农村生活污水处理工程、重污染河流(无其他重金属等污染)的稻田,采用稻田人工湿地的低污染水净化技术。

应用该技术在核心示范区无锡市胡埭镇龙延村进行了技术示范,稻麦轮作改为水稻-紫云英轮作,紫云英还田,稻季施肥 $150\text{kg N}/\text{hm}^2$,水稻产量平均 $507\text{kg}/\text{hm}^2$,比常规稻麦轮作农户施肥模式($483\text{kg}/\text{hm}^2$)平均增产 5%,并能减少总氮的环境排放量 $13.5\text{kg}/\text{hm}^2/\text{yr}$,减排 56.2%。稻麦轮作田,稻季采用按需施肥技术,水稻产量和收益与农户基本持平,但氮肥用量减少至 $153\text{kg}/\text{hm}^2$,稻季氮环境排放量减少 40% 左右;麦季采用有机无机减量施肥技术(总氮用量 $180\text{kg}/\text{hm}^2$,有机肥占 20%),产量与农户对照持平,可减少氮肥投入 30%,减少 N 水环境排放 25%~30%。利用稻田湿地消纳环境中养分的技术示范结果表明,稻季可消纳环境来源(低污染水)中的总氮约 $93\text{kg}/\text{hm}^2$,总磷约 $8.8\text{kg}/\text{hm}^2$ 。对低污染水中总氮、总磷的去除率平均为 72% 和 91%,稻田排水总氮稳定在 $2\text{mg}/\text{L}$ 以下,总磷在 $0.2\text{mg}/\text{L}$ 以下,达地表水 V 类水标准。水稻仅前期施氮 $60\text{kg}/\text{hm}^2$,产量分别为 480、429、 $488\text{kg}/\text{亩}$,可达农户产量的 90% 以上。

根据技术就绪度的分级标准,该项技术已通过可行性的小试研究,形成初步的完备工艺流程及效果分析,目前定级为技术就绪度 5 级。

技术信息咨询联系单位:中国科学院南京土壤研究所

稻田适时适地养分全程调控氮磷减排技术

该项技术全程考虑了土壤潜在养分供应能力,合理的目标产量及相应养分需求、养分平衡、养分利用效率及社会经济效益等诸多因素,以测土配方的实验结果作为基础,确定了肥料用量与配比、最佳分次施肥时间与施肥量,实现了稻田氮磷零排放与肥料减量化的目标。该项技术已完成可行性的试验研究。

此外,该项技术已经在浙江苕溪典型的稻田试验完成了示范项目 3 034 亩,均有效地削减了农田面源的氮磷排放,提高了农作物中各项微量元素的吸收量。

根据技术就绪度的分级标准,该项技术已有可靠的示范工程实验支撑,且展示出较好的农田面源污染控制效果,目前定级为技术就绪度 6 级。

技术信息咨询联系单位:浙江大学

基于环境安全与经济保障的农田分区限量施肥技术及土壤氮磷养分库增容技术

在对洱源县农田种植业的特点进行考察和分析的基础上,通过相应的资料收集、实

验分析和可行性分析,提出通过土壤增碳,提高土壤有机质含量,提高土壤碳氮比,既增加了土壤氮磷养分的储备库存量,也使土壤中的氮磷以有机态形式结合,减少土壤无机氮累积,最终可以实现土壤养分供应的缓冲能力的增强和降低氮磷的污染源强。

该项技术主要包括分区限量施肥技术和土壤氮磷养分库增容技术(以碳控氮技术)两个部分。分区限量施肥技术,融合应用传统土壤学、植物营养学、地学方法和现代信息高新技术,通过GPS定位的农田土壤网格采样,结合高精度土壤空间数字模型,气象与多年农田养分平衡状况,迅速而详尽了解一个区域农田土壤养分时空变化状况,并据此制定这一区域各主要种植模式下分区施肥技术标准。以碳控氮技术,主要通过外源有机物料对农田土壤氮素的固持与矿化机制研究,揭示了土壤“碳坝、碳通道”效应。“碳坝”效应主要通过增强土壤碳库,对无机氮素起到固持与保蓄作用,从而提高土壤氮储量,使土壤中无机氮素保持在相对稳定的浓度,从而降低流失风险。“碳通道”效应可使土壤碳库固持的无机氮素缓效释放,在作物需肥时提供必需的养分。

2011年,利用该技术在洱源县上关镇兆邑村和漏邑村应用示范面积6116亩,大蒜产量比习惯种植显著增加,氮磷化肥用量以及氮的流失量都有效减少,减少种植人工成本400元/亩,作物增产10%,改善作物品质,培肥地力,可持续性减少化肥投入、土壤扰动和水土流失,技术措施对氮具物理阻截作用,显著降低氮素流失。示范区入湖农业面源负荷大幅下降,农业综合效益明显增加。

根据技术就绪度的分级标准,该项技术已有可靠的示范工程支撑,在示范区均已得到规模的推广应用,且展示出较好的农田面源污染控制效果,目前定级为技术就绪度6级。

技术信息咨询联系单位:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

农田尾水生态沟渠与缓冲带联合净化技术

在对大理市农田面源污染现状的特点进行考察和分析的基础上,通过相关的资料收集、实验分析和可行性分析,提出利用生态沟渠与缓冲带联合净化的技术来处理农田的尾水以降低悬浮物含量、降低N、P含量的技术措施。

该技术措施首先利用格栅、沉淀池的拦截作用,其次通过种植的水生经济作物,增加沟渠生物量,强化对N、P的去除能力,最后通过复合填料透水坝的填料介质以及其上附着的微生物的物理、化学、生物联合作用,进一步去除农田尾水中的N、P含量,从而实现农田尾水生态净化。

应用该技术在大理市上关镇的示范区农田内,新建长240m、宽1.8m的生态沟渠,改进长1800m、宽0.4m的生态沟渠,服务农田约2000亩。生态沟渠进、出水总氮多次平均去除率为26.1%,总磷多次平均去除率为22.7%。

根据技术就绪度的分级标准,该项技术已有可靠的示范工程支撑,表现出较好的农田面源污染控制效果,目前定级为技术就绪度6级。

技术信息咨询联系单位:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所