

# Construction of the Evaluation Index System of Green and Efficient Agriculture in Danjiangkou Water Resource Conservation Area

Jian Ding, Yuan He, Zhiping Huang\*, Xiaofei Wu, Hongyan Zheng, Hongjie Zheng

Agro-Environmental Protection Institute, Ministry of Agriculture, Tianjin  
Email: 107586720@qq.com, \*bjhuangzp@126.com

Received: Dec. 16<sup>th</sup>, 2018; accepted: Jan. 1<sup>st</sup>, 2019; published: Jan. 8<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Danjiangkou Reservoir is an important strategic resource bearing area and water resources protection sensitive area in China. In order to promote the green development in Danjiangkou Water Conservation Area, one kind of green and efficient eco-agricultural technology model is established by the Chinese Academy of Agricultural Sciences in Danjiangkou Water Conservation Area. To evaluate green and efficient agricultural technology model, it is required to evaluate a single green and efficient agricultural technology, and the whole model should also be evaluated. In this paper, according to the characteristics of different types of green and efficient agricultural technology, a detailed three-level evaluation index system is constructed based on the environmental benefits, the economic benefits and the technical indicators. The index system has strong operability and aims to be able to reflect the actual situation of the evaluated green and efficient agricultural technology.

## Keywords

Danjiangkou, Water Conservation Area, Green and Efficient Agriculture, Evaluation Index System

---

# 丹江口水源涵养区绿色高效农业技术模式评价指标体系构建

丁 健, 何 源, 黄治平\*, 吴晓斐, 郑宏艳, 郑宏杰

农业部环境保护科研监测所, 天津

\*通讯作者。

文章引用: 丁健, 何源, 黄治平, 吴晓斐, 郑宏艳, 郑宏杰. 丹江口水源涵养区绿色高效农业技术模式评价指标体系构建[J]. 农业科学, 2019, 9(1): 6-13. DOI: 10.12677/hjas.2019.91002

Email: 107586720@qq.com, bjhuangzp@126.com

收稿日期: 2018年12月16日; 录用日期: 2019年1月1日; 发布日期: 2019年1月8日

## 摘要

丹江口水库是国家重要战略资源承载地和全国水源保护敏感地区,为了促进丹江口水源涵养区绿色发展,中国农业科学院创建了丹江口水源涵养区绿色高效生态农业技术模式,绿色高效农业技术模式的评价,既要绿色高效农业技术模式的某项具体技术进行评价,也要对整个绿色高效农业技术模式进行评价。本文围绕环境效益、经济效益和技术指标等方面构建的绿色高效农业技术模式评价指标体系,针对不同类型高效绿色农业技术的特点,构建了详细的三级评价指标,该指标体系可操作性强,旨在能全面、客观反映被评价高效绿色农业技术的实际情况。

## 关键词

丹江口, 水源涵养区, 绿色高效农业, 评价指标体系

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

丹江口水库是亚洲第一大人工淡水湖、国家南水北调中线工程水源地、国家一级水源保护区、中国重要的湿地保护区,由1973年建成的丹江口大坝下闸蓄水后形成,横跨河南、湖北两省,由汉江库区和丹江口库区组成,蓄水量达290.5亿立方米,被誉为“亚洲天池”。2014年12月开始向河南、河北、北京、天津4个省市沿线地区的20多座城市提供生活和生产用水。总水域面积1033平方公里,总库容209.7亿立方米,直接关系到京津等地饮用水安全。农业是丹江口库区农民的主要收入来源,控制农业面源污染、减肥减药是丹江口水库水质保护的重要措施之一[1][2]。

针对丹江口水源涵养区长期过度重视农业生产功能,造成农业生态系统生物多样性降低,种养脱节,农业化学品投入强度高,土壤质量下降,农业面源污染加剧,农田生态系统综合服务功能弱化,这些环境不友好的农业生产行为导致流域水质因农业面源污染而下降。中国农业科学院于2017年立项“科技创新工程协同创新任务——丹江口水源涵养区绿色高效农业技术集成与示范”,该任务在丹江口水源涵养区以提升水质保护、水源涵养和促进高效生态农业发展为目标,实现区域经济、社会和生态效益相统一为目标,协调推进资源高效利用和生态环境保护,确保农产品质量安全,通过系统性研发、区域生物多样性利用及农田生态景观构建技术、农田绿色高效种植关键技术、养殖业废弃物高效循环利用关键技术与设备研发、生态型高效设施农业技术集成、南方丘陵区分散式生活污染物控制等技术手段,创建丹江口水源涵养区绿色高效生态农业技术模式,促进水源涵养区绿色发展,提升农业可持续发展水平,确保“一江清水送北京”。

丹江口水源涵养区绿色高效农业技术集成与示范项目效果评估为协同创新项目的重要研究内容之一,如何围绕环境效益、经济效益和技术指标等方面来构建绿色高效农业技术评估和保障体系为该课

题的一个科学问题。

## 2. 评价指标体系的构建原则

丹江口绿色高效农业技术体系见表 1，影响绿色高效农业技术的因素层次众多，模式评价指标体系由度量各种绿色高效农业技术适用程度的参数组成，各指标间既相互作用，又各有独立内涵。为构建一个科学合理、可操作性强的评价指标体系，从众多影响因素中选择哪些灵敏的、便于度量且内涵丰富的主导性因素作为评价指标，需遵循以下几个基本原则[3] [4] [5] [6]:

**Table 1.** Typical technical model of green and efficient agriculture

**表 1.** 绿色高效农业典型技术模式

技术体系 Technical system	涵盖技术 Technical covered
立体绿色高效生态景观体系	果园豆科牧草覆盖——鸡果共生 茶园生草覆盖——鸡茶共生 水稻、麻类、蔬菜、绿肥植物等轮间作 农田绿植防护带和蜜源植物带 生态廊道构建 .....
农田绿色高效种植关键技术体系	茶树及猕猴桃等优良种质的引种选育技术 茶园、果园土壤保水培肥固碳生产技术 化肥减施增效技术 作物水热优化配置高产增效技术 农田病虫草害高效综合防控技术 废弃物资源化利用技术 农田氮磷生态拦截技术 .....
养殖业废弃物高效循环利用关键技术体系	养殖废弃物肥料化 能源化技术，废水再循环利用技术 粪便中抗生素残留消解和重金属钝化技术 低氮磷排放饲料 有机肥和沼液沼渣高效施用技术及相关装备 .....
高效设施农业技术体系	化肥替代技术 水肥一体化技术 水肥药一体化技术 研究生物防治、物理防治、生态调控、矿物源及生物农药等物理生物病虫害防治技术 研发设施蔬菜病虫害防控的轻简化技术 农药精准化选用技术 设施蔬菜农药减量精准施药技术 .....
分散式生活污染物控制技术体系	农村生活废弃物处理技术

1) 科学性及导向性原则：科学性指每一项指标的设立都应建立在充分的论证和调研、并对收集的数据进行周密、细致的统计分析的基础上；导向性是对绿色高效农业技术起到导向和促进作用，以获取最

佳效益(高效)为目标, 实现农业可持续发展(绿色)之目的。

2) 三个效益统一原则: 绿色高效农业技术的效果主要表现在经济效益、环境效益和社会效益三个方面。三个效益既相联系, 又有区别, 为对立统一关系。就绿色高效农业技术模式来说, 经济效益为第一位, 同时兼顾环境效益和社会效益, 经济效益是环境效益的保障, 社会效益是环境效益的体现。

3) 可比性和可操作性相结合的原则: 可比性指评价指标应具有普遍的统计意义, 使评价指标能够实现绿色高效农业技术模式的横向比较和时间上的纵向比较。可操作性指在满足评价目的需要的前提下, 评价指标在设计时概念要清晰, 表达方式简单易懂, 指标体系的设置尽量避免形成庞大的指标群或层次复杂的指标树。指标的数据易采集, 计算公式科学合理, 评价过程简单, 利于掌握和操作。

4) 相对性、绝对性与系统性相结合的原则: 评价指标有相对性和绝对性之分。由于绿色高效农业技术模式评价指标体系是一个系统分析和设计的过程, 在设计评价体系和选取个体指标时, 在系统性的原则下, 将局部评价与整体评价有机结合, 并根据指标对实现评价目标的重要程度, 对指标及其权重进行合理取舍, 达到评价指标既能突出重点, 又能保持相对的均衡统一, 以实现系统的最优化。

5) 定量与定性相结合的原则: 定量指标较为具体、直观, 评价时可以计算实际数值, 而且可以制定明确的评价标准, 通过量化的表述, 使评价结果给人以直接、清晰的印象。对于不能量化的指标设计定性的指标予以反映, 以弥补定量指标的不足及纠正过于强调定量指标所带来的负面影响, 定量与定性相结合可以使绿色高效农业技术模式评价指标更具综合性和可操作性。

### 3. 评价指标选择与分析

绿色高效农业技术模式评价指标体系的建立, 是进行综合评价的前提和基础, 也是进行评价的关键步骤之一, 需从经济、技术、环境等三个方面建立绿色高效农业技术模式评价指标体系[7] [8], 各指标解释见表 2。

#### 1) 经济指标分析

绿色高效农业技术的费用主要包括技术基础设施建设的一次性投资、建成后的运行成本两部分、技术推广成本和技术经济效益。

#### 2) 技术指标分析

由于绿色高效农业技术主要为应用开发类技术, 具有较强的应用目的或者专门的、特定的应用目标, 其成果以科学论文、专著、原理性模型或发明专利为主, 衡量应用开发类农业科技技术主要指标包括创新性、先进性、稳定性、成熟度、研究基础、知识产权和风险性 7 个方面。

#### 3) 环境指标分析

##### ① 生态服务价值

生态系统服务是由生态系统提供的、能直接或间接提升人类福利的产品和服务, 即人类从生态系统获得的所有好处。根据千年生态系统评估(The Millennium Ecosystem Assessment, MA)以及农业技术提供服务的机制、类型和效用, 可以把生态服务功能分为供给功能、调节功能、支持功能和文化功能四大类[9] [10]。其中, 供给功能部分列入经济指标分析中; 调节功能包括固碳释氧、保持土壤养分、农田生态系统消纳废弃物价值等; 支持功能包括提高生物多样性、减少土地废弃价值等; 文化功能包括保留乡村文化遗址和自然文化遗产等[11], 见公式(1)。

$$\Delta \text{ESV}_t = \Delta V_p + \Delta V_r + \Delta V_s + \Delta V_c \quad (1)$$

$\Delta \text{ESV}_t$  ( $\text{ESV}_t$ , total value of eco-system)为技术应用前后生态系统服务价值的差值, 即生态系统服务价值总值变化量;  $\Delta V_p$  (value of price)为供给价值变化量;  $\Delta V_r$  (value of regulation)为调节价值变化量;  $\Delta V_s$  (value of supporting)为支持价值变化量;  $\Delta V_c$  (value of culture)为文化价值变化量, 单位均为元/hm<sup>2</sup>。

**Table 2.** Evaluation index system of green and efficient agricultural technology mode  
**表 2.** 绿色高效农业技术模式评价指标体系

准则层 Standard layer	指标层 Index layer	分指标层 Sub-index layer	指标解释 Index explanation	指标性质 Index character	
经济 $A_1$	工程投资 $B_1$		工程的土建、设备及安装费用, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
	运行费用 $B_2$		主要包括动力费、药剂费、工资福利费、固定资产折旧费、设备修理费、日常检修维护费等, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
	推广成本 $B_3$		技术推广费用, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
	技术收益 $B_4$		折算为农产品收益, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
	创新性 $B_5$	创新点 $C_1$		分为很不新、不新、较新、新、很新 5 级	定性
		原始创新所占比重 $C_2$		单位: %	定性
		创新复杂度与难易度 $C_3$		分为很容易、容易、一般、难、很难 5 级	定性
	先进性 $B_6$		主要分析评价技术成果在同行内的领先程度、技术的战略性及前瞻性等, 分为很不先进、不先进、一般、先进和很先进 5 级	定性	
	稳定性 $B_7$	可靠程度 $C_4$		分为很不可靠、不可靠、一般、可靠和很可靠 5 级	定性
		更新频率与更新程度 $C_5$		分为很慢、慢、一般、快和很快 5 级	定性
寿命周期 $C_6$			技术应用的实际寿命与预期寿命比值, 单位: %	定性	
成熟度 $B_8$		技术就绪度, 评价准则见表 3	定量		
技术 $A_2$	研究基础 $B_9$		主要反映技术成果的理论依据是否科学、研究基础是否坚实等, 分为很不科学、不科学、一般、科学和很科学 5 级	定性	
	知识产权 $B_{10}$	专利授权 $C_7$		分为有和无 2 种情况	定性
		标准制定 $C_8$		分为有和无 2 种情况	定性
		商标与地理标志情况 $C_9$		分为有和无 2 种情况	定性
		植物新品种授权情况 $C_{10}$		分为有和无 2 种情况	定性
		著作权 $C_{11}$		分为有和无 2 种情况	定性
		软件著作权 $C_{12}$		分为有和无 2 种情况	定性
		论文发表等 $C_{13}$		以 1 篇代表性论文的影响因子, 分为很低、低、一般、高和很高 5 级,	定性
	获得奖励情况 $C_{14}$		分为有和无 2 种情况	定性	
	风险性 $B_{11}$	技术风险 $C_{15}$		是否存在潜在的权益纠纷、社会伦理、科技发展、生物安全等方面的风险或危害评价, 分为很低、低、一般、高和很高 5 级	定性
市场风险 $C_{16}$			是否难以进入市场、是否能够实现收益等方面评价, 分为很低、低、一般、高和很高 5 级	定性	
政策风险 $C_{17}$			是否符合产业、区域等方面的政策评价, 分为很低、低、一般、高和很高 5 级	定性	
自然风险 $C_{18}$			主要分析气候与地理因素、病虫害等由于自然力的不规则变化而对技术应用产生的影响, 分为很低、低、一般、高和很高 5 级	定性	
调节功能 $C_{19}$			固碳释氧、保持土壤养分、农田消纳废弃物等, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
环境 $A_3$		生态系统服务 $B_{12}$	支持功能 $C_{20}$	提高生物多样性、减少土地废弃价值等, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量
		文化功能 $C_{21}$	保留乡村文化遗址和自然文化遗产等, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	
	环境成本 $B_{13}$		根据生命周期评价环境成本评估, 单位: 元·hm <sup>-2</sup>	定量	

## ② 环境成本分析

由于绿色高效农业技术的实施主要为对水源涵养区域水质的改善,因此评价绿色高效农业技术模式所采用的环境指标主要包括该技术对流域水质的生物需氧量(BOD, Biochemical Oxygen Demand)、化学需氧量(COD, Chemical Oxygen Demand)、悬浮物(SS, Suspended Solids)、总氮(TN, Total Nitrogen)、总磷(TP, Total Phosphorus)、农残等污染指标的削减等,通过污染物削减分析,可检验出绿色高效农业技术在水源涵养区减少污染物负荷的能力和贡献。主要应用生命周期评价的方法对绿色高效农业技术应用前后进行环境成本评估,主要采用 ReCiPe2008 将各种污染物统一转化为人体健康的潜在危害值这一终点(end-point)指标,用伤害因子来计算伤残生命年(Disability Adjusted Life Years, DALY),再将 DALY 用人力资本法转化为环境成本[11],见公式(2)~公式(3)。

$$DALY_i = Cd_i \times Dose_i \quad (2)$$

$$LCEC = PCNI \times \sum DALY_i \quad (3)$$

其中,  $DALY_i$  表示第  $i$  种污染物引起的 DALY;  $Dose_i$  表示第  $i$  种污染物的生命周期排放量;  $Cd_i$  指第  $i$  种污染物的伤害因子( $DALY.kg^{-1} \cdot a$ ); PCNI (Personal Control Nation Income)表示当年中国人均可支配收入。

## 4. 评价指标体系的构建

通过对绿色高效农业技术评价指标的选择和分析[7] [8] [11],可构建绿色高效农业技术模式评价指标体系,如表 2 所示,其中技术成熟度可参照国家水专项技术就绪度(TRL)评价准则,见表 3:

**Table 3.** The evaluation criteria of technical readiness level (TRL)

**表 3.** 技术就绪度(TRL)评价准则

等级 Level	等级描述 Level description	等级评价标准 Evaluation criteria of technical readiness level	评价依据(成果形式) Evaluation basis
1	发现基本原理或看到基本原理的报道	A: 治理需求分析, 技术原理清晰, 研究并证明技术原理有效。 B: 管理需求分析, 发现基本原理或通过调研及研究分析。 C: 产品、装备市场需求明确, 平台管理需求明确、技术原理清晰。	需求分析及技术基本原理报告 需求分析及技术基本原理报告 需求分析及技术基本原理报告
2	形成技术方案	A: 提出技术概念和应用设想, 明确技术的主要目标, 制定研发的技术路线、确定研究内容、形成技术方案。 B: 明确管理技术的主要目标, 制定技术路线、确定研究内容、形成技术方案。 C: 明确产品、装备、管理平台的主要功能和目标, 制定技术开发路线、形成技术方案。	技术方案、实施方案 技术方案、实施方案 技术方案及图纸
3	通过小试验证	A: 关键技术、参数、功能通过实验室验证。 B: 研发关键技术, 完成技术指南、政策、管理办法初稿。 C: 产品、装备技术方案及系统设计报告的关键技术、功能通过试验室验证, 管理平台突破关键节点技术。 A: 在小试的基础上, 验证放大规模后关键技术的可行性, 为工程应用提供数据。	小试研究报告 技术指南、政策、管理办法初稿 小试研究报告
4	通过中试验证	B: 完成技术指南、标准规范、政策、管理办法的征求意见稿 C: 产品、装备在小试的基础上, 验证放大生产后原技术方案的可行性, 为工程应用或实际生产提供数据; 管理平台完成硬件建设。	技术指南、政策、管理办法的征求意见稿 中试研究报告
5	形成工艺包或产品、平台整体设计, 技术方案通过可行性论证	A: 形成治理技术工艺包整体设计、技术方案通过可行性论证或验证(计算模拟、专家论证等手段)。 B: 技术指南、标准规范、政策、管理办法的征求意见稿与管理部门对接, 或在管理部门立项进入管理部门编制发布程序 C: 明确产品、装备的技术参数, 完成管理平台的整体设计, 通过可行性论证或验证。	论证意见或可行性论证报告等 论证意见或可行性论证报告等 论证意见或可行性论证报告等

## Continued

6	通过技术示范/工程示范	A: 关键技术、参数、功能在示范企业、流域示范区中进行示范, 达到预期目标。 B: 技术指南、政策、管理办法的征求意见稿广泛征求意见, 或通过管理示范, 证明有效。 C: 形成了产品、装备并完成调试; 构建了系统管理平台; 产品、装备、平台通过工程或演示验证。	技术示范/工程示范报告、专利、软件著作权 征求意见稿修改反馈表、示范应用证明 产品、装备、管理平台; 专利、软件著作权
7	通过第三方评估或用户验证认可	A: 通过第三方评估或经用户试用, 证明可行 B: 试点方案、指南、规范得到试点地区相关政府部门的认可 C: 产品、设备、管理平台通过第三方评估或经用户试用, 证明可行	第三方评估报告, 示范工程依托单位应用效益证明 相关政府部门的认可文件 第三方评估意见或应用证明
8	规范化/标准化	A: 通过专业技术评估和成果鉴定, 在地方治污规划或可研中得到应用, 或形成技术指南、规范。 B: 正式发布相关技术指南、政策、管理办法 C: 形成成熟的技术体系、技术标准和规范或软件产品等成果。	成果鉴定报告、技术指南、规范 技术指南、政策、管理办法 相关标准、技术规范、技术指南、管理平台应用手册等
9	得到推广应用	A: 在其他污染企业或其他流域得到广泛应用 B: 在其它县、市、省以及国家层面推广应用 C: 产品、装备得到广泛应用, 管理技术平台实现业务化运行。	推广应用证明 相关政府文件 产品推广应用证明; 管理平台业务部门采用凭证。

注: 1) 按照技术成熟规律的不同, 将技术类型分为三类: A: 治理技术; B: 管理技术; C: 研发产品、装备、管理平台。2) 三种技术类型采用统一的 TRL 等级描述, 但在等级评价标准和评价依据中, 分别针对三种技术类型进行了描述, 便于 TRL 评价。

## 5. 小结

对绿色高效农业技术模式进行评价, 既要评价绿色高效农业技术模式的某项具体技术, 也要对整个绿色高效农业技术模式进行评价。本文所构建的绿色高效农业技术模式评价指标体系针对不同类型高效绿色农业技术的特点, 构建了详细的三级评价指标, 该指标体系可操作性强, 旨在能全面、客观地反映被评价绿色农业技术的实际情况。

## 基金项目

中国农业科学院科技创新工程协同创新任务-丹江口水源涵养区绿色高效农业技术创新集成与示范(CAAS-XTCX2016015)。

## 参考文献

- [1] 张君, 张中旺, 李长安. 跨流域调水核心水源区生态补偿标准研究[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(6): 153-156.
- [2] 谭秋成. 丹江口库区化肥施用控制与农田生态补偿标准[J]. 中国人口资源与环境, 2012, 22(3): 124-129.
- [3] 陈丽佳. 广东农业先进适用技术评价指标体系研究[J]. 广东科技, 2009(16): 3-6.
- [4] 邓旭霞, 刘纯阳. 论循环农业技术体系评价指标体系的构建[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(11): 2713-2716.
- [5] 张莉侠, 杨世琴, 徐燕芳. 低碳农业评价指标体系构建初探[J]. 浙江农业科学, 2014, 1(5): 784-786.
- [6] 朱玲, 周科. 低碳农业经济指标体系构建及对江苏省的评价[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(5): 180-186.
- [7] 邓旭霞, 刘纯阳. 湖南省循环农业技术水平综合评价与分析[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(7): 1706-1711.
- [8] 贾敬敦, 吴飞鸣, 孙传范, 等. 农业科技成果评价指标体系构建研究[J]. 中国农业科技导报, 2015, 17(6): 1-7.
- [9] Van Jaarsveld, A.S., Biggs, R., Scholes, R.J., et al. (2005) Measuring Conditions and Trends in Ecosystem Services at Multiple Scales: The Southern African Millennium Ecosystem Assessment (SAfMA) Experience. *Philosophical*

---

*Transactions of the Royal Society of London Series Biological Sciences*, **360**, 425-441.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1594>

- [10] Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2003) *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, 56-70.
- [11] 赵桂慎, 李彩恋, 彭澎, 等. 生态敏感区有机板栗生态补偿标准及其估算——以北京市密云水库库区为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(6): 50-56.

---

**Hans 汉斯**

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)