

农田生态系统中水资源利用价值核算方法初探

张壬午 计文瑛 成为民

o 农业部环境保护科研监测所生态室, 天津 $z\tau aw Zxp$

摘 要 讨论了农田生态系统水资源价值核算的原则与方法, 通过山西省屯留县秸秆覆盖技术的案例研究, 证实了该方法在可持续农业技术研究中应用的有效性。

关键词 价值核算 水资源 持续农业技术 农业生态系统

水是人类社会赖以生存的、不可替代的物质。自从本世纪 $y\tau w$ 年代出现了水危机以来, 水资源价值也日益受到人们的重视。我国是一个水资源缺乏的国家, 人均水资源仅为世界平均水平的 $yB\%$ 左右, 且全国水资源总量的 $Ex\%$ 集中分布在长江流域及其以南地区。这一地区耕地只占全国耕地的 $z\Gamma\%$, 人口占全国人口总数的 $BA\%$, 其中西南诸河水资源量占全国水资源总量的 $y\chi\%$, 而耕地和人口均不到全国的 $y\%$, 多为高山峻岭, 开发困难, 绝大部分水资源白白流失, 无法利用。黄淮海流域及其以北地区, 耕地面积占全国耕地总面积的 $\Gamma A\%$, 水资源量只占 $xZ\%$, 这些地区普遍缺水, 尤其在华北及胶东地区、辽宁省中南部、西北地区, 供求矛盾突出。水资源不足在北方地区已成为社会经济发展的重要制约因素之一, 工农业争水矛盾突出。农业平均每年因灌溉供水不足减产粮食 yB 亿公斤以上。因此, 水资源作为自然资源纳入国民经济核算体系是合乎情理的, 这对保护生态环境与自然资源, 对我国农业可持续发展具有十分重要的意义。

x 水资源价值核算原则

水资源不同于不可再生资源, 它可以通过降雨、降雪等方式自然循环补充。在一定区域内, 人为的经济活动, 对水开采利用只要不超过自然循环补充的能力, 它是不会枯竭

的, 但地下水由于抽水量迅猛增长, 而其补充量却远远赶不上抽水量, 因此如不注意保护, 就有可能枯竭。与可更新的生物资源数比, 水资源的特点在于人类可以通过对种群数量或种群关系的控制得到所需的更新水平和资源存量, 但人类对于水的自然循环却难以实施有效的人工调控。水资源的另一个重要特点, 它是生物生存的基础条件。在农业方面, 如果土壤中没有水时, 植物就会干枯, 也不能吸取到其所需要的养分, 因为植物所需的养分只有溶解于水中, 以离子形式或溶解态才能为植物所吸收。因此, 水要成为一种有价值的资源, 应具备如下两个条件:

$o\chi p$ 它具有使用价值, 是人类赖以生存和发展不可替代的自然资源, 是构成环境的基本要素;

$o y p$ 它又具有稀缺性, 对于水十分充足的地区, 水作为一种资源, 尽管重要, 但进行价值折算意义不大, 一般采取不付费利用的办法。其中降雨、地表径流等最为明显, 除非它需要消耗人力、物力和资金, 才对其进行价值折算。如前所述, 在我国的缺水地区, 水作为一种紧缺资源, 就必需对其进行折算, 促使人们有效利用, 使其达到可持续利用的目的。

本文系国家自然科学基金资助 ZB 项目 $z Z B \chi u r z x$

收稿日期 $xZZ\Delta -uZ -u y$

y 农用水资源价值核算的内容与方法

yux 核算内容

农作物吸收一定量的水才能获得生物量与作物产量。在对农田水资源价值进行核算时,应当对其固有的生产力进行价值折算,即对其进行生产收益价值折算。

在灌溉用水时,由于它需要投入资金及劳力,因此它又包含着一定的成本价值及劳动价值。农田水资源价值核算的第二个方面还应包含着对其进行投入价值的核算。

在农田水资源利用时,会产生一些负面损失,地下水的大量抽取,导致地面塌陷等,因此,在对农田水资源价值进行核算时,同样也应包含由于其利用而带来的外部损失。

3.1.1 农田水资源价值的计算公式

$$\phi_{\tau_1} K \delta \beta \Sigma + \phi X P + \partial P$$

式中 ϕ_{τ_1} —— 农田水资源价值;

 $\delta \beta \Sigma$ ——农田水资源灌溉收益；

ϕXP ——投入资产贴现；

∂P ——损失贴现：

$$\text{其中: } \delta \beta \Sigma K \frac{x}{2} \sum_{\gamma K x} \frac{x}{\delta} \epsilon_{\chi} \rho_{\chi} \zeta_{\chi t} \zeta_{wp}$$

式中 $\delta \beta \Sigma$ ——灌溉净用水量;

 χ ——农作物；

² ——作物种群数;

 ϵ_{χ} ——不同水文年不同作物灌溉增产与摊数,通过统计数值计算; ϕ_{γ} ——第 γ 种作物的价格； ζ_{γ} ——第 γ 种作物当年产量; ξ_{λ} ——第 λ 种作物灌溉前产量;

$$\phi X P K \Pi_w + \Pi_x + \dots + \Pi_b + \Pi_i$$

式中 Π_w ——水利工程投资折旧；

 Π_{ψ} ——第 ψ 年投入费用折旧；

¹ ——为考察期；

$$\partial P K \xi_{\varepsilon}^0$$

式中 ξ ——损失价值系数,它根据农田灌溉不同水表源数值不同。

2 农田水资源核算的应用与讨论

$\Sigma \omega$ 运用农田水资源价值核算体系，结合赵家宝等在山西省屯留县用冬小麦 $E\Delta$ 的实验研究数据，对其进行农田水资源持续性利用评价。该实验分秸秆覆盖及常规二种种植方式，其中，麦田生育期秸秆覆盖方法是：在冬小麦越冬前每公顷深施 $\vartheta \Sigma \omega \omega$ ，并把地面耨平后将秸秆均匀地覆盖在地面上，覆盖量为 $\Sigma \Delta B \omega - A B \alpha \omega \omega \nu \varphi^{1-\gamma}$ ，小麦成熟收获后将秸秆翻压还田。麦田生育休闲期秸秆覆盖方法是：在小麦收获后及时翻耕灭茬，耙耨后随即把秸秆均匀地覆盖在地面上，覆盖量为 $B \gamma B \omega - \Gamma \alpha \alpha \omega \omega \nu \varphi^{1-\gamma}$ ，在小麦播种前 $x \omega - x B \rho$ 把秸秆翻压还田，结合整地，百公顷施 $\vartheta x B \omega \omega$ ， $f_{\beta} \phi_B Z \alpha \omega$ 。灌溉水中地表水与地下水之比为 $\Gamma : A$ 。分析结果见表 x 。

根据 1990 年小麦不变价 1 元 = 0.35 元计算, 其中灌溉用水费用及投资效益计算见表 1。

利用秸秆覆盖技术可以用较少的水产生较高的效益。可比常规农业用水成本盈利率高出 $\gamma\%$ 以上, 这主要是由于秸秆虽然不能减少作物蒸腾量, 但能减少地表水的蒸发量, 而且达到改善土壤性状的效果, 提高土壤持水力及自然降水利用率, 从而减少了灌溉用水量, 降低水成本费用, 并减少由此而带来的社会问题。其中利用恢复工程法计算得出地下水所引起的经济损失为 $w\epsilon B \text{ 元}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

应用结果表明:为了使水资源达到可持

表 x 不同方式下灌溉量及冬小麦产量

o 引用赵家宝 $sxZZT p$

年 份	处 理	地下水抽取量 $Q_1 \times P$	地表水引用量 $Q_2 \times P$	产量 $Q_3 \times P$
$xZEE-xZEE$	秸秆覆盖	$xBuB$	$yByE$	BuE
	常 规	yBE	yZ	AuB
$xZEE-xZEv$	秸秆覆盖	xyE	xEE	AuA
	常 规	$xyEv$	$xZuZ$	zuZ
$xZEv-xZEv$	秸秆覆盖	$xxEZ$	xuA	AuE
	常 规	$xyuA$	$xEuA$	AuE

表*y* 秸秆覆盖技术与常规农业技术灌溉用水费用及投资效益

年 份	处 理	地表水灌溉 价值 <i>元</i> <i>p</i>	地下水灌溉 价值 <i>元</i> <i>p</i>	总 投 资 费 用 <i>元</i> <i>p</i>	总产值 <i>元</i> <i>p</i>	总成本盈 利 率 <i>%</i> <i>p</i>
<i>xZEE—xZEE</i>	秸秆覆盖	<i>xZET</i>	<i>y₁By</i>	<i>AxzE</i>	<i>ΔA₁τ_ω</i>	<i>ΔZ₁ι_ε</i>
	常 规	<i>y₁x₁τ_ω</i>	<i>y₁yEΓ</i>	<i>AzZΓ</i>	<i>Γz₁τ_αν</i>	<i>Az₁ι_ε</i>
<i>xZEE—xZZ_ω</i>	秸秆覆盖	<i>xΓTy</i>	<i>xEzZ</i>	<i>zB_ωx</i>	<i>Γz₁Γ_ω</i>	<i>ΔB₁ι_z</i>
	常 规	<i>xΓEZ</i>	<i>xEz₁τ_ω</i>	<i>zB₁zZ</i>	<i>BAΓ_ω</i>	<i>BB₁ι_ω</i>
<i>xZZ_ω—xZZ_x</i>	秸秆覆盖	<i>xB₁κ_ω</i>	<i>xΔ_ωx₁</i>	<i>z₁yΔ_x</i>	<i>ΓΔy₁τ_ω</i>	<i>x₁νB₁ι_Δ</i>
	常 规	<i>xB₁κ_ω</i>	<i>xΔ₁y₁</i>	<i>z₁z₁x₁y</i>	<i>BΓ₁τ_αν</i>	<i>ΓZ₁ι_ω</i>

续性利用，应当尽量利用天然降水，并通过各种节水技术提高天然降雨利用率，减少地面蒸发，减少地表径流及水土流失。对于地下水的开发，应当有所节制，其开发量不应大于补给量，过量利用地下水将会带来一系列不良后果，不利于农业可持续发展。

参 考 文 献

x 姜文来 *u* 水资源耦合经济价值研究 *u* 自然资源, *xZZBΘ₀y_pHxΔ—y_z*

y 潘家华 *u* 水资源跨流域配置的资源经济问题研究 *u* 自然资源, *xZZAΘ₀ApHΔ—x₁A*

z 李庆朝 *u* 黄河平原地下水资源调节 *u* 自然资源, *xZZBΘ₀x_pH_zE—A_z*

A 夏岭岭 *u* 湿润半湿润地区水资源评估水文模拟方法 *u* 自然资源, *xZZAΘΓ_pH_y—A₁y*

B 赵聚宝 *u* 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响 *u*

中国农业科学, *xZZTΘ₀y_pIBZ—IT*

Γ 郑大豪编著 *u* 农业经济效果与资源利用 *u* 北京:北京农业大学出版社

Δ 袁德法 *u* 山区生态经济建设效益评价的研究 *u* 生态经济, *xZZTΘΓ_pH_y—zB*

E *ϱ₁χ₁τ_αμ_Δϱ₁ξ₁² ρ₁π₁χ₁² χ₁² ρ₁ξ₁² ϱ₁σ₁² X₁ ϱ₁ξ₁² ϱ₁μ₁ι₁ *u* *ε₁ξ₁²χ₁μ₁ξ₁² ρ₁ ρ₁ξ₁² ϱ₁ T₁²σ₁² ϱ₁ E₁ν₁χ₁τ₁σ₁² ξ₁² ρ₁ξ₁²χ₁τ₁ ξ₁² ρ₁ s₁ρ₁τ₁ξ₁² ξ₁οχ₁ξ₁²**

作者简介

张壬午,研究员,中国科学院客座研究员等。从事生态农业、农业生态工程、区域规划、农村能源等研究工作*y_ω*余年。近十年主持国家计委、科委、农业部、国家自然科学基金项目*y_ω*余项,曾作为世界银行顾问参编中国环境战略报告、为*TΞϑ* 合作完成中国持续农业的政策与规划报告。多次参加美、日、泰、巴西等国际会议。。国内外发表论文*y₁α_ω*余篇,主编专著*Γ*册。

ο 上接第*BZ* 页*p*

A₁ι_Δ 在不同的镉、锌污染水平上,随着有机肥施用量的增加,玉米茎叶中的镉、锌的含量明显减少,而生物量却增加显著。

参 考 文 献

x 周 毅 *u* 土壤镉污染对作物的影响 *u* 国外农业环境保护 *xZET_pAp₁x—y*

y 华 路,陈世宝 *u* 有机质在土壤重金属污染治理中的应用 *u* 农业环境与发展 *xZZΔ_pz_py₁Γ—y₁Z*

z *α₁σ₁²σ₁⁶ E₁σ₁²ξ₁² *u* *ψ₁Σ₁²οχ₁⁶z₁z₁ κ₁ο₁ξ₁² s₁xZΔEΘΔHET—y₁Z₁ω**

A 劳家桢 *u* 土壤农化分析手册 *u* 北京:农业出版社, *xZEE*

B Миннеев В Γ *u* 周围环境中的锌 *u* 土壤学进展, *xZEB*;
οB_pz₁y—z₁z₁

Γ *s₁σ₁²σ₁⁶ ψ₁ψ₁σ₁² ξ₁² *u* *ψ₁Σ₁²οχ₁⁶z₁z₁ κ₁ο₁ξ₁² s₁xZΔΔΘΓH₁yBZ—y₁Γ₁y**

Δ *ϱ₁σ₁ρ₁ρ₁ Π ρ₁σ₁² ξ₁² *u* *ψ₁Σ₁²οχ₁⁶z₁z₁ κ₁ο₁ξ₁² s₁xZΔΔΘΓH₁yBZ—y₁Γ₁y**

E 熊 毅 *u* 土壤农化, 参考资料*p*, *xZΔB_py_pE—x₁Z*

Z 白 瑛等 *u* 土壤环境与重金属 *u* 农业环境保护, *xZEE*;
E₁z₁p₁z₁y—z₁z₁

x₁τ_ω *ψ₁ϱ₁² ε₁ Ω *u* Σ₁²οχ₁⁶z₁z₁ ρ₁σ₁²σ₁⁶ s₁xZΔx₁Θ₁HΔ₁—x₁ΔZ*

x₁x *ψ₁ϱ₁² ε₁ Ω *u* I₁ξ₁² ψ₁s₁²χ₁² s₁π₁²s₁xZΔy₁ΘB₁yH₁zA₁ε₁—z₁B₁ω*

x₁y 曹利军 *u* 土壤—作物系统镉污染生态研究 *u* 山西大学学报 *xZZx_pΓ_p*

x₁z *s₁π₁ϱ₁²ξ₁²σ₁⁶ ε₁ *u* *x₁y₁σ₁² X₁ε₁σ₁² I₁ε₁²ν₁σ₁⁶ s₁²χ₁² s₁π₁²s₁xZEE_yΘBH*
*ΓΔ—IE**

作者简介

华 路,女, *xZAE* 年生,博士,研究员。现任中国农业科学院原子能所副所长,主持和参加多项国际合作项目、多项国家自然科学基金及其它课题,已在国内外发表论文*B_ω*多篇,专著*y* 部,曾获农业部科技进步三等奖*οxZZε_ps* 为第一完成人。

基于 γXs 的污水土地处理适宜性评价研究^{*}

史 舟^x 吴宏海^y 王人潮^x

^{ox} 浙江农业大学环境与资源学院 杭州 $z.x\alpha\alpha y Zp$

浙江农业大学遥感与信息技术应用研究所

^{oy} 浙江省资源与环境信息系统重点实验室^s 杭州大学 $z.x\alpha\alpha y Ep$

摘 要 污水土地处理技术是实现污水资源化^s 促进污水农业利用健康发展的重要途径。目前,污水土地处理技术主要包括二个过程,一是对处理区域的土地进行适宜性评价;二是进行具体工程设计和实施。本文主要介绍了以 γXs 为技术辅助手段^s 进行待处理区域土地适宜性评价研究的技术方法及样区研究结果。

关键词 地理信息系统 污水土地处理 适宜性评价

^x 引 言

污水土地处理^s 是利用土壤及水中的微生物和植物根系系统对污水进行处理^s 同时利用污水的水、肥资源促进农作物和树木生长的一种工程措施。由于该技术投资少、效果好,因此在许多发达国家得到了广泛应用。特别是美国,从 $xZZy$ 年开始联邦政府就资助开展此项研究, $xZE x$ 年联邦环保局专门公布了具体技术文本。

我国人均水资源拥有量较少,加上季节性干旱和人为污染,使得农业灌溉水在一些地区如华北平原、南方红壤地区等相当紧张。所以加强污水土地处理技术研究,实现污水的农业再利用势在必行。目前,实施污水土地处理技术主要包括二个过程,一是进行土地的适宜性评价,对处理场所进行合理选取,并对不同的土地环境采用相应的处理技术;二是进行具体的工程设计和实施。地理信息系统是一种强大的空间数据管理和分析工具,现已广泛的应用于城市、资源、环境等研究领域。由于污水土地处理系统受到土壤属性、地形、土地利用等区域性因素的影响,有着明显的地域差异性。因此有必要引入 γXs 技术^s 以此为辅助手段^s 进行土地适宜性

评价研究,即进行第一个技术过程的研究。

^y 材料和方法

^{y\alpha} 研究样区

样区选择位于浙江省金衢盆地腹地的龙游县,属南方典型红壤区。境内地形复杂,土地形态多样。由于近年来经济的发展和城镇扩张,使水污染问题日趋严重,加之季节性干旱,使得农用水资源相当紧张。

^{yty} 基础数据库建立

收集 $x : B\alpha\alpha\alpha\alpha$ 土壤普查、土地利用详查、地形和水文图件等。以 $s^9 \beta^2$ 工作站为平台^s $\Xi_{00} IIv X\beta T\phi o$ 美国环境与资源研究所^s $\Sigma_{00} Xp$ 为支撑软件^s 进行相应图件的数字化输入、编辑和拼接,建立龙游县红壤资源数据库。

^{y\alpha} 方法和处理过程

利用 γXs 技术对污水处理区域进行合理评价^s 主要包括以下几个技术步骤^H

^{oxp} 从城镇居住环境和水系资源的保护出发^s 首先利用 $\Xi_{00} IIv X\beta T\phi$ 的 $O^0 \pi \pi \sigma^0$ 功能建立这些区域的缓冲带^s 同时从技术的角度

^{*} 欧共体资助项目“红壤资源信息系统的研制与应用”一部分。

收稿日期 $xZZ\Delta - \omega\Delta - yy$

表 x 评价因素权重与分值

因素	土层厚度 $\omega_1 \rho$			土壤渗透率			坡 度 $\omega^{\circ} \rho$			地下水位 $\omega_1 \rho$			高程 $\omega_1 \rho$		
分级	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III
分值	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
权重	$\omega_1 \rho$			$\omega_2 \rho$			$\omega_3 \rho$			$\omega_4 \rho$			$\omega_5 \rho$		

表 y 评价结果面积统计与比较 $\omega_1 \rho$

等级	面积 $\omega_1 \rho$	面积 $\omega_2 \rho$
适宜	$\omega_1 \rho$	$\omega_2 \rho$
较适宜	$\omega_3 \rho$	$\omega_4 \rho$
可适宜	$\omega_5 \rho$	$\omega_6 \rho$
不适宜	$\omega_7 \rho$	$\omega_8 \rho$
非评价区	$\omega_9 \rho$	$\omega_{10} \rho$

出发s提取海拔高于 $\omega_1 \rho$ 的区域。划分出这些区域为非评价区。

$\omega_2 \rho$ 根据当地实际，并利用专家打分法 $\omega_3 \rho$ 确定影响土地处理能力的各个因素和权重,划分评价等级,建立评价体系。具体见表xs 其中分值从x 到B 表示适宜度增大s $\omega_4 \rho$ 表示不适宜。

$\omega_5 \rho$ 从数据库中提取影响要素图 $\omega_6 \rho$ 经格式转换成统一的栅格图s 然后进行图幅叠置 $\omega_7 \rho$ 计算每个栅格内的分值。分值计算采用指数权重加和法，
$$\omega_8 \rho = \sum_{\chi=1}^n \omega_{\chi} \gamma_{\chi}$$
 ($\omega_8 \rho$ 为总分值s $\omega_{\chi} \rho$ 为第 χ 个因素权重s $\gamma_{\chi} \rho$ 为第 χ 个因素的得分)。然后根据分值大小将评价区域划分适宜、较适宜、可适宜、不适宜四级。

$\omega_9 \rho$ 将适宜性评价等级图与非评价区域图进行裁剪 $\omega_{10} \rho$ 然后将其转换为矢量图s

得到最后结果图s 具体技术流程可见图x。

2 结果与讨论

$\omega_1 \rho$ 以龙游县为样区s 依据上述方法在 $\omega_2 \rho$ 支撑下进行适宜性评价s 得到评价结果图o 图yp s 面积统计见表ys 可见考虑居住、水系保护等因素后,评价结果各级的面积比全域评价少的多。

$\omega_3 \rho$ 污土地处理是一项涉及面广、技术性强的工作。对其进行合理评价和选址既要综合考虑自然、社会和经济要素,还要兼顾后期所采用的具体技术手段和工程措施及费用核算。本研究主要着眼于方法上的探讨，缺乏对工程技术和经济要素的考虑。因此，还必

下转封z p

图 x 适宜性评价技术流程图

图 y 适宜性评价结果图