

四川盆地稻田多熟高效保护性耕作模式的 生态系统服务价值评估

李向东¹, 陈尚洪², 陈源泉¹, 高旺盛^{1,*}, 马月存¹, 马 丽¹

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院区域农业发展研究中心, 北京 100094;

2. 四川省农科院农业部长江上游农业资源与环境重点实验室, 成都 610066)

摘要:运用生态系统服务功能价值评估方法,对四川盆地稻田保护性耕作条件下多熟高效保护性种植模式进行生态经济评价。结果表明,油-稻-芋模式比油-稻传统耕作种植模式的农产品服务价值高 32.42%,固定 CO₂ 和释放 O₂ 的价值高 17.03%;麦-稻保护性耕作模式比麦-稻传统种植模式农产品服务价值高 55.21%,固定 CO₂ 和释放 O₂ 的价值高 9.40%。油-稻秸秆还田双免耕模式比油-稻传统耕作种植模式土壤积累有机质的价值高 0.23%,农田生态系统维持营养物质循环的价值高 12.35%;麦-稻保护性耕作种植模式比麦-稻传统耕作种植模式土壤积累有机质的价值高 0.39%,农田生态系统维持营养物质循环的价值高 12.81%;稻草覆盖还田后油菜田的农田涵养水分价值增加 11.66%,小麦田农田涵养水分价值增加 32.63%。

关键词:稻田;保护性耕作;生态系统服务;价值评估

文章编号:1000-0933(2006)11-3782-07 中图分类号:Q14,X22 文献标识码:A

Evaluation of the multi-cropping ecosystem services under conservation tillage paddy field in Sichuan basin

LI Xiang-Dong¹, CHEN Shang-Hong², CHEN Yuan-Quan¹, GAO Wang-Sheng^{1,*}, MA Yue-Cun¹, MA Li¹ (1. Regional Agriculture R&D Center, College of Agronomy and Biotechnology, China Agriculture University, Beijing 100094, China; 2. Key Lab of Agricultural Resources and Environment in the Upper Reaches of Yangtze River, Ministry of Agricultural, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3782~3788.

Abstract: Environmental protection is of prime importance for the sustainable development of the society. With the development of rural economy, ecosystem service is attracting the attention of many scientists. Conservation tillage has been widely adopted in the rice grown region in southern China. The key technique in a conservation tillage system of paddy field integrates different practices like minimum tillage, no-tillage, residue mulching, and multi-cropping to protect soil and water erosion and to maintain soil health. Our objective was to evaluate the value of ecosystem service of paddy field under the multi-cropping model in Sichuan basin of southwest of China. The 'Market Value' method was applied for analyzing the data. In this method the net increase in value of produce is considered as the produce service value. The results indicated that the ecosystem services value of the conservation tillage increased significantly compared to the conventional tillage. The value of primary products and adjacent air by the ecosystem in rape-rice-potato conservation tillage model increased by 32.42% and 17.03%, respectively, compared to the rape-rice model. In wheat-rice conservation tillage model, the corresponding increase in the same parameters was 55.21% and 9.40% compared to

基金项目:国家“十五”重大攻关专项粮食丰产科技工程资助项目(2004BA520A14);国家自然科学基金资助项目(30471010)

收稿日期:2006-04-06; **修订日期:**2006-09-04

作者简介:李向东(1967~),男,河南遂平人,博士生,主要从事保护性耕作和农业生态研究. E-mail: hnlxd@126.com

* **通讯作者** Corresponding author. E-mail: wshgao@cau.edu.cn

Foundation item: The project was financially supported by National Tenth-five-year Project (No. 2004BA520A14); National Natural Science Foundation of China (Grant No. 30471010)

Received date: 2006-04-06; **Accepted date:** 2006-09-04

Biography: LI Xiang-Dong, Ph. D. candidate, mainly engaged in conservation tillage and agricultural ecology. E-mail: hnlxd@126.com

the traditional model. The increase in ecosystem service value of soil organic matter accumulation was 0.23 % and 0.39 % and the value of nutrition cycle maintaining was 12.35 % and 12.81 % in conservation tillage rape-rice and wheat-rice cropping systems, respectively over traditional tillage models. The influence of rice residue mulch on soil water conservation was significant as well in rape and wheat fields. The increased values in water conservation were 11.66 % and 32.63 % in rapeseed and wheat field, respectively. Besides the improvement in the value of produce service, the greatest contribution of ecosystem service in conservation tillage is the nutrient cycle maintenance followed by the soil water conservation. The air quality had also been improved by the conservation tillage systems. However, conservation tillage had some negative influence on the soil texture. The plough layer is getting hard and the soil borne diseases are increasing with the increase in the duration of conservation tillage. In general, there is tremendous increase in the value produced by the conservation tillage of the paddy field ecosystem.

Key words: paddy field; conservation tillage; ecosystem service; evaluation

生态系统服务的研究近年来成为生态学研究领域的一大热点,用生态系统服务的概念来重新审视人与自然的关系、重新认识生态系统(特别是与人类密切相关的农业生态系统),对于人类的生存与生活的重要性是至关重要的^[1]。农田生态系统是半自然的生态系统,它的服务功能和价值具有特殊性,但目前对于农田生态系统服务的价值评估尚无公认的标准与方法,国内关于独立的农田生态系统服务价值的评估案例也很少^[2~4]。对某种技术条件下农田生态系统服务功能的价值评估,则尚无人涉足。

保护性耕作技术作为农业可持续发展的一项新技术,在南方稻区被广泛推广使用,它在增加农产品收益、涵养水分、增加土壤有机质和养分含量、调节农田大气结构等方面具有明显的作用。本文选择四川盆地,在自然生态系统价值评估方法的基础上,根据四川盆地稻田生态系统特有的服务功能,选取部分功能项目,结合环境经济学和生态经济学方法,进行相应参数的修正。对保护性耕作条件下四川盆地稻田多熟高效种植模式农田生态系统服务价值进行评估,评价其在生态系统健康和恢复方面的效果以及生态、经济和社会综合效益。

1 研究区概况

四川盆地位于四川省中西部,有中国西南地区最大的平原,也是西南地区河网稠密地区之一。整个平原地表松散沉积物巨厚,第四纪沉积物之上覆有粉砂和粘土,结构良好,宜于耕作,为四川省境最肥沃土壤,海拔450~750m,地势平坦,由西北向东南微倾,平均坡度仅3%~10%,地表相对高差都在20m以下,有利于发展自流灌溉。农田水利十分发达,耕地集中连片,属典型的水田农业区。人均耕地0.047hm²,远低于全国平均水平(0.073hm²);粮食单产5235kg/hm²,远高于全国平均水平(4335kg/hm²)^①。该地区土地利用率高,高达60%以上,农作物主要有水稻、小麦和油菜,产量高而稳定,常年提供的商品粮、油分别约占四川全省的1/5和2/5,是四川和全国著名的商品粮、油生产基地。

各地年均温16~18℃,最冷月均温5~8℃,极端最低温-6~-2℃。霜雪少见,年无霜期长280~350d。10℃以上活动积温4500~6000℃,持续期8~9个月,属中亚热带。年降水量1000~1300mm,但冬干、春旱、夏涝、秋绵雨,年内分配不均,70%~75%的雨量集中于6~10月份,最大日降水量可达300~500mm。盆地区雾大湿重,云低阴天多。盆地年日照仅900~1300h,年太阳辐射量370~420kJ/m²,均为中国最低值,故有“蜀犬吠日”之说。

2 四川盆地稻田多熟高效保护性耕作模式生态系统部分服务功能价值的评估

我国南方雨水多,丘陵山坡旱地多,传统的耕作方式也同样带来严重的水土流失和耕层破坏等问题,只是目前尚未被人们充分认识。南方稻田保护性耕作制是以稻田少免耕和多元覆盖技术体系为关键,以保护稻田水土资源和环境健康为中心,以多熟高效种植为主要模式的可持续农作制度。它与传统耕作制度相比,具有少动土、少裸露、低污染、高保蓄、高效益的特点^②。保护性耕作作为农业可持续发展的一项新技术,虽然在南

① 资料来源:四川省农业统计年鉴2004

② 高旺盛,2005年在国家重大科技专项“粮食丰产科技工程”“粮食主产区保护性耕作制与关键技术研究”课题总结及学术交流会(成都)论点

方稻区开始应用较晚,但近年来推广迅速并且效果明显,它在增加农产品收益、涵养水分、增加土壤有机质和养分含量、调节农田大气结构等方面具有明显的作用,已成为南方稻田保护性农业的一项主要措施并逐步在整个南方稻区推广。保护性耕作近几年在四川稻区也得到广泛推广使用而且发展迅速,其特点是模式多样、效益明显。本文参考了相关研究^[5~7],并结合四川盆地保护性耕作条件下稻田生态系统的实际,选取有代表性、推广面积较大的油-稻-芋(水稻油菜秸秆还田双免耕秋种马铃薯,简称油-稻-芋,英文缩写为 CT of rape-rice-potato)、麦-稻(水稻小麦秸秆还田双免耕,简称麦-稻保护性耕作,英文缩写为 CT of wheat-rice)等多熟高效保护性种植模式为例,与相应的传统模式(传统麦-稻耕作,英文缩写 TT of wheat-rice 和传统油-稻耕作,英文缩写 TT of rice-rape)相比较。同时选取其中的部分服务功能项目并主要考虑其正面影响,评估其服务功能价值。

2.1 农产品服务价值

本文选取稻田保护性耕作条件下多熟高效种植模式的一个生产周期,利用市场价值法,以农产品的净增价值表示该模式提供的农产品服务价值。计算公式为:

$$\text{农产品服务价值} = \text{经济产量} \times \text{市场价格} - \text{生产成本} \quad (1)$$

$$\text{生产成本} = \text{生产资料(种子 + 化肥 + 农药)投入} + \text{机械投入} + \text{劳动力成本} \quad (2)$$

其中产量数据由彭山县土肥站提供,其他相关数据来源于农户调查和有关统计资料^①。

劳动力以 20 元/d 计算。油-稻传统耕作按稻 6 个、由 8 个工作日计算;油-稻-芋保护性耕作分别按 5、15、8 个工作日计算;麦-稻传统耕作按稻 6、麦 5 个工作日计算;麦-稻保耕按稻 5、麦 4 计算。机械投入按油-稻模式 160 元/666.7m² (含水稻的收割和耕种以及油菜的耕种),麦-稻传统耕作 200 元/666.7m² 计算;油-稻-芋减去免耕机械投入,麦-稻保耕模式按 100 元/666.7m² (减去稻、麦的耕种费用)计算。

农资按实际使用农资品种的市场综合价碳铵 1.0 元/kg、尿素 1.8 元/kg、复合肥 1.2 元/kg、磷肥 2.0 元/kg。施肥量:稻-油模式按 50kg 碳铵、10kg 尿素/666.7m² 稻,40kg 碳铵、15kg 磷肥/666.7m² 油菜计算;油-稻-芋模式按 50kg 碳铵、10kg 尿素/666.7m² 稻,75kg 磷肥/666.7m² 芋,50kg 复合肥/666.7m² 油菜;麦-稻常规模式按 50kg 碳铵、5kg 尿素/666.7m² 麦、666.7m² 稻;麦-稻保耕模式按 25kg 碳铵/666.7m² 麦、666.7m² 稻计算。

农药除草剂按每季作物 10 元/666.7m² 计算,其他农药稻田按 10 元/666.7m² 计算,油菜、小麦、洋芋田按 6 元/666.7m² 计算。

种子按水稻 1kg /666.7m²、20 元/kg;洋芋 150kg /666.7m²、1.0 元/kg;油菜 0.15kg /666.7m²、80 元/kg;小麦 12.5kg /666.7m²、3 元/kg。农产品市场价格按水稻 1.5 元/kg、油菜 2.2 元/kg、洋芋 1.0 元/kg、小麦 1.4 元/kg 计。

计算结果表明,油-稻-芋(水稻油菜秸秆还田双免耕秋种马铃薯,简称油-稻-芋)模式比油-稻传统耕作种植模式的农产品服务价值净增 2896.3 元/hm²,高 32.42%;麦-稻(水稻小麦秸秆还田双免耕,简称麦-稻保护性耕作)模式比麦-稻传统种植模式的农产品服务价值净增 5612.2 元/hm²,高 55.21%(见表 1)。

2.2 生态系统调节大气的功能价值

稻田生态系统参与温室效应的气体很多,主要有 CO₂、CH₄、NO₂ 等,这里选取固定 CO₂ 和释放 O₂ 作为稻田生态系统调节大气的功能,并对其进行价值评估。

利用农作物产品和相应作物的经济系数可以计算得到农田生态系统的净初级生产量,根据光合作用方程式,生态系统每生产 1.00g 植物干物质能固定 1.63g CO₂ 而推算出各生态系统固定 CO₂ 的量,再换算成纯碳量。然后使用造林成本法(中国造林成本 260.90 元/t C,1990 年不变价)和碳税法(瑞典碳税率 150 美元/t C,1 美元 = 8.0 元人民币汇率)估算固定 CO₂ 的价值,以其平均值作为农田生态系统固定 CO₂ 的价值。另据光合作用方程式知生态系统每生产 1.00g 植物干物质能释放 1.20g O₂,从而推算出农业生态系统释放氧气的量。再使用造林成本法(中国造林成本 352.93 元/t O₂)和制氧工业成本(400 元/t O₂)法估算释放 O₂ 的价值^[6],以

① 资料来源:四川省农业统计年鉴 2004

其平均值作为农田释放 O₂ 的价值。最后以两者之和作为稻田生态系统调节大气的总功能价值,计算公式为:

生态系统调节大气的总价值(元/hm²) = 吸收 CO₂ 价值 + 释放 O₂ 价值 (3)

表 1 四川稻田保护性耕作模式与传统种植模式农产品服务价值比较

Table 2 Comparison of primary products value between conservation tillage and conventional tillage of paddyfield in Sichuan Province													
	净作物产量 (kg/hm ²)				产品价格 (元/kg)				生产成本 (元/hm ²)				农产品服务价值 (元/hm ²) Service value of product
	Net crop production				Product price				Product cost				
	水稻	洋芋	油菜	小麦	水稻	洋芋	油菜	小麦	劳动力成本	生产资料投入	机械投入	其他	
油-稻传统耕作 TT of rice-rape	7993.65			32535.00	1.50	1.00	2.20	1.40	4200.00	2940.00	2400.00	675.00	8933.2b
油-稻-芋 Rape-rice-potato	8002.80	12000.00	2763.80						8400.00	7380.00	1800.00	675.00	11829.5ab
麦-稻传统耕作 TT of wheat-rice	8857.70			4803.80					3300.00	2872.50	3000.00	675.00	10164.4ab
麦-稻保护性耕作 CT of wheat-rice	9286.20			6221.30					2700.00	1987.50	1500.00	675.00	15776.6a

$p = 0.05$

计算结果表明,油-稻-芋模式比油-稻传统耕作种植模式固定 CO₂ 和释放 O₂ 的价值净增 1478.29 元/hm²,高 17.03 %;麦-稻(水稻小麦秸秆还田双免耕)模式比麦-稻传统耕作种植模式固定 CO₂ 和释放 O₂ 的价值净增 996.91 元/hm²,高 9.40 % (见表 2)。

2.3 积累有机质功能价值

保护性耕作方式因采用秸秆覆盖等还田方式,有效地增加了土壤中有机质的含量,本文选择秸秆还田与常规耕作方式(不还田)进行比较,计算它们的积累有机质的功能价值。

本研究采用土壤有机质持留法对农田生态系统保持的有机物质质量进行量化,而后运用机会成本法将农田系统土壤有机质持留量价值化,从而评价农田生态系统保持土壤肥力、积累有机质的价值。其价值计算公式为:

$$V = S \cdot T \cdot \rho \cdot OM \cdot P \tag{4}$$

式中 S 为单位作物种植面积 (hm²); T 为表层土壤厚度 (20cm); ρ 为土壤容重 (g/cm³); OM 为土壤有机质含量 (g/kg); P 为有机质价格 (元/t),根据薪材转换成有机质的比例为 2:1 和薪材的机会成本价格为 51.3 元/t 来换算^①。

其中的数据根据四川省农科院农业部长江上游农业资源与环境重点实验室在简阳的相关实验数据整理。试验地田间种植制为小麦(油菜)-水稻的一年两熟制。试验设 6 个处理:①稻草秸、麦秸全量覆盖还田;②稻草秸、麦秸半量覆盖还田;③稻草秸、油菜秸秆全量覆盖还田;④稻草秸、油菜秸秆半量覆盖还田;⑤CK1(无覆盖)种植水稻-小麦,⑥CK2(无覆盖)种植油菜-水稻。试验采用大区对比,每区面积为 105 m² (7m×15m)。试验从 2003 年开始,测定土样是 2005 年 5 月取于

表 2 保护性耕作模式与传统种植模式生态系统固定 CO₂ 和释放 O₂ 价值比较

Table 2 The value comparison between conservation tillage and conventional tillage in carbon fixation and oxygen release in Sichuan Province

	作物净 生产量 (kg/hm ²) Net yield of crop	吸收 CO ₂ 价值 (元/hm ²) Value of absorbing CO ₂	释放 O ₂ 价值 (元/hm ²) Value of releasing CO ₂	总价值 (元/hm ²) Total value
油-稻传统耕作 TT of rice-rape	11247.15	3652.25	5081.75	8734.00b
油-稻-芋 Rape-rice-potato	13166.55	4273.14	5948.15	10221.29ab
麦-稻传统耕作 TT of wheat-rice	13661.50	4433.77	6171.75	10605.52ab
麦-稻保护性耕作 CT of wheat-rice	15507.50	4850.55	6751.89	11602.43a

$p = 0.05$

鲜薯按 5:1 折粮;产量数据由彭山县土肥站提供 Discount fresh potato to grain by 5:1; dates of yield was afford from Pengshan county soil-fertilizer station.

① 肖寒. 区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究. 北京:中国科学院生态环境研究中心, 2001.

0~20cm 的耕层土壤,每个小区进行多点蛇形采样,剔除石砾和植物残根等杂物,混合制样,装入袋中风干备用。土壤含水量测定于 2004~2005 年小春阶段,土样物理性质测定项目有土壤容重、总孔隙度、土壤水稳性团聚体、团聚度;化学性质测定项目为有机质、全氮、速效氮、速效磷、速效钾,测定方法参照土壤农业化学分析方法(表 4、表 5 中的相关数据亦根据此实验整理)。

计算结果显示,油-稻秸秆还田双免耕模式比油-稻传统耕作种植模式土壤积累有机质的价值净增 1817.96 元/hm²,高 0.23%;麦-稻保护性耕作种植模式比麦-稻传统耕作种植模式土壤积累有机质的价值净增 3140.11 元/hm²,高 0.39%(见表 3)。

2.4 维持养分循环功能

保护性耕作方式因秸秆还田,不仅有效地增加了土壤中有有机质的含量,而且对土壤中 N、P、K 的累积也有极大的影响,使土壤中 N、P、K 的含量和养分循环发生了较大变化,本文选择秸秆还田与常规耕作方式进行比较,以土壤中 N、P、K 含量的变化估算它们维持养分循环的功能价值。

利用土壤中 N、P、K 的累积量,然后运用影子价格法(化肥平均价格为 2549 元/t)计算农田生态系统维持营养物质循环的价值^①。计算结果显示,油-稻秸秆还田双免耕模式比油-稻传统耕作种植模式农田生态系统维持营养物质循环的价值净增 153808.6 元/hm²,高 12.35%;麦-稻保护性耕作模式比麦-稻传统耕作种植模式农田生态系统维持营养物质循环的价值净增 159474.8 元/hm²,高 12.81%(见表 4)。

表 3 保护性耕作模式与传统种植模式土壤积累有机质的价值比较

Table 3 The value comparison between conservation tillage and conventional tillage in accumulating soil organic matter in Sichuan Province

处理 Treatment	有机质含量 (g/kg) Mass of OM	增加有 机质量 (t/hm ²) Increase of OM	积累有机质 功能价值 (元/hm ²) Value of accumulating OM
油-稻、麦-稻传统耕作 TT of rape-rice and wheat-rice	14.05	3017.57	77400.79a
油-稻 保护性耕作 CT of rape-rice	14.38	3088.45	79218.75a
麦-稻 保护性耕作 CT of wheat-rice	14.62	3139.99	80540.90a

$p = 0.05$

表 4 四川稻田保护性耕作模式与传统种植模式农田生态系统维持营养物质循环价值比较

Table 4 The value comparison between conservation tillage and conventional tillage in sustaining nutrition matter cycle from paddyfield in Sichuan Province

处理 Treatment	速效氮 (mg/kg) Active nitrogen	速效磷 (mg/kg) Active phosphor	速效钾 (mg/kg) Active potassium	价值增加 (元/hm ²) Increase value
油-稻、麦-稻传统耕作 TT of rape-rice and wheat-rice	51.95	12.19	87.46	1244921.60a
油-稻保护性耕作 CT of rape-rice	60.90	15.30	94.13	1398730.18a
麦-稻保护性耕作 CT of wheat-rice	60.14	15.01	95.87	1404396.38a

$p = 0.05$

2.5 涵养水分的功能

实践表明,稻草覆盖后对土壤表层有很好的保湿作用,促进了耕层蓄水量。结合实验数据,运用影子工程法定量评价农田生态系统涵养水分的功能价值。其公式为:

$$V = W \cdot C \quad (5)$$

式中, V 为农田涵养水分价值(元/hm²); W 为单位面积农田蓄水量(t/hm²); C 为水库蓄水成本(0.67 元/t)^[8]。

计算结果显示,免耕稻草覆盖还田后油菜田耕层 0~20cm 持水量比常规模式高 13558.51 m³/hm²,农田涵养水分价值增加 9084.21 元/hm²,高 11.66%;免耕稻草覆盖还田后小麦田耕层 0~20cm 持水量比常规模式高 33260.2 m³/hm²,农田涵养水分价值增加 22284.35 元/hm²,高 32.63%(见表 5)。

3 结论与讨论

通过对四川盆地稻田保护性耕作条件下多熟高效种植模式的农田生态系统服务价值的测算可以看出(表 6),保护性耕作条件下稻田生态系统提供的服务价值是巨大的,这是传统稻田生产方式所不能比拟的,因此,

① 肖寒. 区域生态系统服务功能形成机制与评价方法研究[D]. 北京:中国科学院生态环境研究中心,2001.

保护性耕作技术对改变传统的生产方式,促进我国稻田生态系统的经济、社会和生态的可持续发展,具有极大的积极作用。从不同的服务功能来看,除了明显的经济效益(农产品服务价值)外,保护性耕作条件下稻田生态系统提供的服务功能最大的贡献是维持养分循环功能价值,其次是涵养水分的功能价值,同时对土壤有机质的积累也具有很大的促进作用。此外,保护性耕作在调节大气上也具有极大的功能价值,这对全球温室气体问题的解决是一个很大的贡献。

保护性耕作在干旱半干旱地区防治风蚀水蚀方面有很大作用,但由于四川盆地稻田风蚀水蚀问题不严重,所以对此方面的生态系统服务价值本文未加讨论;另外,虽然保护性耕作条件下稻田生态系统在控制病虫害、调节洪涝灾害、净化水质、提高产品品质、改善生活质量、提供景观、文化与教育服务等功能方面也具有一定的促进作用,但由于这些功能在保护性耕作条件下的稻田生态系统中作用不十分明显或难以定量计算,这里没有一一评估。同时,保护性耕作也存在一些负面影响,如秸秆腐解问题,长期免耕后土壤板结和犁底层变浅,土川病虫害可能会加重,除草剂使用后的后效应等问题,都值得在以后的研究中加以关注。

本研究选择四川盆地作为研究区域,虽不能完全代表整个南方稻区,但由于当地保护性耕作开展较早而且模式较为丰富,因此基本上可以反映南方稻田生态系统的特。在南方其它地区,稻田保护性耕作的点不尽相同,如湖南的冬季覆盖作物模式、江苏的高留茬麦套稻模式等,对不同地区进行生态系统服务功能价值评估,需要根据当地的实际情况,选择推广面积较大的模式和服务价值明显的项目对其进行评估。

表 6 四川稻田保护性耕作种植模式与传统模式农田生态系统服务价值比较

Table 6 The value comparison between conservation tillage and conventional tillage in paddyfield ecosystem services in Sichuan Province					
服务项目 Service type	模式 Mode	传统种植模式生态系 统服务价值(元/hm ²) The ecosystem services value of TT	多熟高效保护性种植模式 生态系统服务价值(元/hm ²) The ecosystem services value of CT	增加值 (元/hm ²) Increase value	增加比例(%) Increase proportion
农产品服务 Product	油 稻 Rape-rice	8933. 20	11829. 50	2896. 30	32. 42
	麦 稻 Wheat-rice	10164. 40	15776. 60	5612. 20	55. 21
调节大气 Regulating atmosphere	稻 油 Rape-rice	8734. 00	10221. 29	1487. 29	17. 03
	麦 稻 Wheat-rice	10605. 52	11602. 43	996. 91	9. 40
积累有机质 Accumulating OM	油 稻 Rape-rice	77400. 79	79218. 75	1817. 96	0. 23
	麦 稻 Rice-wheat	77400. 79	80540. 90	3140. 11	0. 39
维持养分循环 Maintaining Nutrition cycle	油 稻 Rape-rice	1244921. 60	1398730. 18	153808. 60	12. 35
	麦 稻 Wheat-rice	1244921. 60	1404396. 38	159474. 80	12. 81
涵养水分 Saving water	油 稻 Rape-rice	45930. 80	55015. 01	9084. 21	19. 78
	麦 稻 Wheat-rice	46000. 98	68285. 33	22284. 35	32. 63

对于干旱半干旱地区来讲,保护性耕作的目的是减少水蚀风蚀、防止水土流失。对其进行生态系统服务价值评估,除种植模式与南方稻田截然不同外,保护性耕作所提供的服务项目价值方面也有明显不同,应突出涵养水分、减少水土流失等方面。

如果能对整个南方稻田保护性耕作种植模式进行生态系统服务价值的系统评估,甚至于对北方干旱半干

表 5 四川稻田保护性耕作与传统耕作农田蓄水价值比较

Table 5 The value comparison between conservation tillage and conventional tillage in saving soil water paddyfield in Sichuan Province

测量时间 Measure time	稻草覆盖还田 0~20cm 持水量变化(m ³ /hm ²) Water content change 0~20cm with cover of rice			
	油菜田 Rape field	对照 CK	小麦田 Wheat field	对照 CK
2003-11-05	47854. 90	32366. 40	55293. 20	31727. 10
2003-11-15	56447. 90	40279. 10	69021. 00	45147. 50
2003-11-30	87579. 60	67803. 80	103578. 50	39918. 15
2003-12-13	85680. 90	62708. 30	114346. 70	66916. 40
2003-12-30	84900. 50	63754. 50	105011. 90	61925. 60
2004-01-15	74737. 10	58176. 50	117362. 60	61573. 90
2004-02-03	82924. 70	70655. 60	97600. 20	67902. 20
2004-02-15	87060. 30	69505. 40	112998. 20	69603. 20
2004-03-05	94673. 90	87214. 50	108396. 00	89752. 80
2004-03-16	94484. 70	81344. 10	114867. 50	89906. 40
2004-04-01	95530. 20	92340. 50	112543. 40	98219. 10
2004-04-15	82614. 50	78920. 90	101712. 00	83497. 10
2004-05-02	92966. 10	86125. 10	112207. 70	86466. 90
平均 average	82111. 95	68553. 44	101918. 40	68658. 18
蓄水价值(元/hm ²) Value of saving water	55015. 00	45930. 78	68285. 33	46000. 98

旱地区保护性耕作种植模式的生态系统服务价值也进行系统评估,也许更能发现我国保护性耕作种植模式生态系统服务价值的总体状况,必将为我国保护性耕作技术的研究提供很好的理论评价基础,对保护性耕作技术在我国广泛实施起到积极的推动作用。

生态系统服务功能价值评估作为一种比较新的生态经济方法,也还有很多不完善的地方,很多系统之间的服务功能价值体现各异,有些服务项目很难定量评估。因此,对农田生态系统服务价值来说,同样需要进一步细化服务项目分类,完善其计算方法,更全面和完整地评价整个农田生态系统的服务价值。此外,由于生态系统服务价值很多是间接的价值,所以应该考虑通过建立一定的市场交易机制促使更多的间接服务价值转化利用,通过政府的生态补偿机制等方式提高该系统服务价值的市场利用率,使更多的间接服务价值转化为实际的经济价值。

References:

- [1] Gao W S, Chen Y Q, Chen D D. A new index system of agricultural green accounting based on value of agro-ecosystem services. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(1): 1~5.
- [2] Xiao Y, Xie G D, Lu C X, et al. The gas regulation functions of rice paddy ecosystems and its value. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(5): 617~623.
- [3] Zhao H Z, Li W H, Ma A J, et al. Valuation of barley agro-ecosystem services in Lhasa-river valley region — A case study of Daza Country. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(5): 632~636.
- [4] Yang Z X, Zheng D W, Wen H. Studies on service value of evaluation of agricultural ecosystem in Beijing region. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(4): 564~571.
- [5] Gao W S, Dong X B. Valuation of fragile agricultural ecosystem services in Loess hilly-gully region — A case study of Ansai Country. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 182~188.
- [6] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z. The spatial distribution characteristics and eco-economic valuation of soil conservation services of ecosystems in Hainan Island by GIS. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(4): 552~558.
- [7] Xiao H, Ouyang Z Y. Forestry ecosystem services and their ecological valuation—A case study of tropical forest in Jianfengling of Hainan Island. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(4): 481~484.
- [8] Ma X H, Sun G N, Ren Z Y. The values of vegetation purified air and its measure in Xi'an City. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2002, (4): 83~86.

参考文献:

- [1] 高旺盛,陈源泉,陈冬冬. 基于农业生态服务价值的农业绿色 GDP 核算指标体系初探. *农业现代化研究*, 2005, 26(1): 1~5.
- [2] 肖玉,谢高地,鲁春霞,等. 稻田生态系统气体调节功能及其价值. *自然资源学报*, 2004, 19(5): 617~623.
- [3] 赵海珍,李文华,马爱进,等. 拉萨河谷地区青稞农田生态系统服务功能的评价——以达孜县为例. *自然资源学报*, 2004, 19(5): 632~636.
- [4] 杨志新,郑大玮,文化. 北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究. *自然资源学报*, 2005, 20(4): 564~571.
- [5] 高旺盛,董孝斌. 黄土高原丘陵沟壑区脆弱农业生态系统服务评价——以安塞县为例. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 182~188.
- [6] 肖寒,欧阳志云,赵景柱. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特性及生态经济价值评价. *生态学报*, 2000, 20(4): 552~558.
- [7] 肖寒,欧阳志云. 森林生态系统服务功能及其生态价值评估初探. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 481~484.
- [8] 马新辉,孙根年,任志远. 西安市植被净化大气物质量的测定及其价值评价. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(4): 83~86.