

江南丘陵区不同种植模式 稻田生态系统服务价值研究 ——以余江县为例

王淑彬,王开磊,黄国勤*

(江西农业大学生态科学研究中心/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室,农业部双季稻生理生态与栽培重点实验室,江西 南昌 330045)

摘要: 本文对江南丘陵区稻田生态系统的服务价值进行了研究。通过田间试验得出,有冬季作物处理的各项生态服务价值平均比冬闲处理要高;发展冬季农业可以首先增加干物质积累,提高稻田农产品服务价值、保持土壤功能价值、涵养水分功能价值、保持土壤养分积累有机质价值、净化空气价值;发展冬季农业,千方百计提高冬季农业的第一性生产能力,可以在很大程度上提高稻田净化空气价值。

关键词: 生态系统服务价值; 不同种植模式; 稻田; 余江县

中图分类号:S181 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)04-0636-07

A Study on Ecosystem Service Value of Paddy Fields in Multiple Cropping Systems in Southern Hilly Areas of China ——Taking Yujiang County as an Example

WANG Shu-bin, WANG Kai-lei, HUANG Guo-qin*

(Ecological Research Center of JAU/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education, Key Laboratory of Crop Physiology and Cultivation of Double Cropping Rice, Ministry of Agriculture, Nanchang 330045, China)

Abstract: In this study the ecosystem service value of paddy fields was studied. The results showed that various service values of paddy fields dealt with winter crops were higher than those with winter free treatment. To develop winter agriculture dry goods accumulation should be increased and the service values of agricultural products in paddy fields should be improved, including conservating soil functional value, conservating water functional value, soil nutrient and accumulating organic value, cleaned air value. And winter agriculture's production capacity could substantially increase air condition functional value.

Key words: ecosystem services value; multiple cropping systems; paddy field; Yujiang County

近年来一些研究认为,人工生态系统、半人工生态系统与自然生态系统一样,不仅具有提供产品服务功能的价值,更具有巨大的生态环境服务功能价值^[1]。生态系统服务功能的研究是近几年发展起来的生态学、生态经济学研究的热点领域。目前,有关生态系统服务价值的研究集中于自然生态系统如森

收稿日期:2010-12-08 修回日期:2011-05-03

基金项目:国家科技支撑计划课题(2007BAD89B18-03)和农业部生态农业重点开放实验室开放课题

作者简介:王淑彬(1975—),女,讲师,硕士,主要从事耕作学、农业生态学、农村区域发展研究,E-mail: shubinwjxau@126.com; * 通讯作者:黄国勤,教授,博士,E-mail: hgqjxnc@sina.com。

林、草地、湿地、河流,已经取得了一定的成果^[2-5]。农田生态系统是一典型的半人工生态系统,稻田是地球上最大的人工湿地生态系统,具有强大的服务功能价值^[6-7]。从生态效益来看,稻田生态系统不仅具有大气调节、涵养水源、保持土壤、维持营养物质循环、净化环境、维护生态安全等多项生态服务功能^[8-9],而且在文化娱乐、农业教育、农耕文化传承和学术研究等多方面发挥着重要的作用,给人类带来了巨大的经济效益、社会效益和生态效益。

本文利用近年来发展起来的生态系统服务价值理论方法,以余江县农科所双季稻田生态系统为研究对象,对江南丘陵区不同种植模式稻田生态系统的服务价值进行研究,以期为改革稻田耕作制度,以及维护粮食安全和生态安全提供科学依据和参考模式。

1 研究区域概况

余江县位于江西省赣北山区鄱阳湖平原过渡地段,在北纬 $28^{\circ}04'$ ~ $28^{\circ}37'$,东经 $116^{\circ}41'$ ~ $117^{\circ}09'$,属于信河流域下游。东倚鹰潭市区和贵溪市,北邻余干县和万年县,南邻金溪县,西界东乡县,土地总面积 936.2 km^2 。全境地势狭长,南北长达 75 km ,东西宽 28.65 km ,南北多山,丘陵面积占 78.2% ,平原占 21.8% 。余江县属于亚热带湿润季风气候,气候温和,光热充足,雨量充沛,无霜期长,年日照百分率为 41% ,无霜期 258 d 左右,森林覆盖率达 37.8% 。在土壤类型上红壤是该县的地带性土壤类型,占总土壤面积的 64.67% ^[5]。余江县以双季稻为主,水田占总耕地面积的 87% ,复种指数高达 261% ,农业投入高,化肥投入高,以播种面积计,每 hm^2 播种面积施用化肥总量为 607 kg ,其中每 hm^2 播种面积施用N、P、K和复合肥的实物数量分别为 234.47 、 167.12 、 77.5 、 126.66 kg ,以耕地面积计每 hm^2 耕地投入N、P、K和复合肥实物量为 591.94 、 421.90 、 195.81 、 319.77 kg ,化肥在农业中的消耗达 $8\,082$ 万元,2007—2009年平均年施用农药 344 t (耕地 16.26 kg/hm^2),所以,该县是江南丘陵区典型的双季稻种植集约区。

2 田间试验设计与管理

2.1 田间试验设计

本研究试验2007年11月开始,至2009年11月底止,在江西省余江县农科所进行。土壤基本肥力状况:pH值为 5.61 ;有机质为 2.86% ;全氮为 1.55 g/kg ;速效P为 7.85 mg/kg ;速效K为 34.56 mg/kg 。试验小区面积为 66.7 m^2 ,试验设3个处理,各处理均设4个重复,采用随机区组设计。处理A(CK):冬闲—早稻—晚稻;处理B:绿肥(紫云英)—早稻—晚稻;处理C:混播绿肥(紫云英×油菜×肥田萝卜)—早稻—晚稻;处理D:油菜—早稻—晚稻;处理E:大麦—早稻—晚稻。处理A为2年连作处理,其他B和处理C为2年间的轮作处理。供试品种冬季绿肥紫云英品种为余江大叶籽,早稻品种为“中选181”,晚稻为“鹰优晚3号”。大麦为“赣大麦1号”,油菜为“湘优15号”,肥田萝卜为自留种。

2.2 田间管理措施

冬季作物紫云英于10月26日播种。播种后,立即灌水,保持浅水层 2 d 。生长期进行除草施肥等常规田间管理工作。早晚稻均为抛秧处理,用 434 孔径塑盘,每 hm^2 用盘 975 个,每公顷实际抛秧 40.04 万丛,出苗至1叶1心期,用 20% 甲基立枯灵对水喷雾,以防立枯病;2叶1心期施促苗肥,3叶1心以后,每长1叶追施1次肥,以清粪水为主,配搭少量化肥。早稻抛秧于4月28日抛下田,7月22日收获。施肥量和时间各处理相同:纯氮 100 kg/hm^2 ,复合肥 150 kg/hm^2 作基肥基肥施。晚稻抛秧于7月28日下田,11月5日收获,田间管理同早稻。施肥量和时间处理相同:纯氮 150 kg/hm^2 ,复合肥 150 kg/hm^2 作基肥施。 $m(\text{基肥}):m(\text{分蘖肥}):m(\text{孕穗肥})=6:2:2$ 。其他管理措施完全按照当地常规生产进行。并且各处理均匀一致。成熟期分小区收割测产。

2.3 土壤理化性状的测定方法

(1)土壤物理性状的测定。试验于作物种植前及作物收获后,应用五点法采集土样分别进行测定:土壤容重、土壤孔隙度,用环刀法测定;土壤吸湿水,用烘干法测定。

(2)土壤化学性状的测定。有机质测定,采用重铬酸钾—浓硫酸外加热法;全N测定,采用碱解蒸馏法;全P测定,采用 NaCO_3 —钼抗比色法;全K测定,采用 NaOH 熔融—火焰光度法;速效氮测定,采用碱解扩散法;速效磷测定,采用碳酸氢钠法;速效钾测定,采用火焰光度法;pH值测定,采用电位法^[10]。

3 结果与分析

3.1 农产品经济价值

以农产品(主要指稻米)的市场价格为基础,采用市场价值法,利用下式来估算农产品服务价值。其价值计算公式为:

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

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

表1 不同处理各作物的产量(2007—2009)

Tab.1 The yield of crops product under different treatments(2007—2009)

处理 Treatment	种植模式 Cropping patterns	冬季作物/ (kg · hm ⁻²) Winter crops	早稻/ (kg · hm ⁻²) Early rice	晚稻/ (kg · hm ⁻²) Late rice	小计/ (kg · hm ⁻²) Subtotal
A(CK)	冬闲—早稻—晚稻	—	6 011.7a	6 180.3a	12 192.0
B	紫云英—早稻—晚稻	18 796.8	6 578.5b	7 376.0b	13 954.5
C	混播绿肥—早稻—晚稻	22 445.0	6 565.4b	7 377.2b	13 942.6
D	油菜—早稻—晚稻	1 413.5	6 539.9b	7 394.5b	13 934.4
E	大麦—早稻—晚稻	2 703.1	6 546.4b	7 371.2b	13 917.6

(1) 早晚稻产量为2007—2009平均值,冬季作物紫云英、混播绿肥为2009年产量(鲜重)其他为经济产量。小计不包括绿肥。(2) 根据价格比折成晚稻产量。油菜籽的平均价格3.8元/kg,大麦平均价格1.4元/kg。早稻的平均价格为1.7元/kg,晚稻的平均价格为1.8元/kg。(3) 差异显著性分析中,字母相同者为差异不显著,不同者为差异显著,显著水平5%。

(1) Yields of early rice and late rice are average yield. Yields of milk vetch and mixed green manure are fresh weight in 2009. Yields of other crops are economic output. Subtotal does not include green manure. (2) Yields of all crops were conversioned into yields of late rice. The average price of rape seed was 3.8 yuan / kg, the average price of barley, 1.4 yuan/kg. The average price of early rice, 1.7 yuan/kg, the average price of late rice, 1.8 yuan/kg. (3) The same letter show no significant difference, the different letter show significantly difference in the analysis, significant level: 5%.

由表2可以看出:不同处理提供农产品价值不同,顺序由大到小依次为E、D、B、C、A,处理E在所有处理中所提供的农产品价值最高,为18 091.6元/hm²,处理A最低为12 783.7元/hm²,处理(除对照外)平均为15 646.8元/hm²,其中处理(除对照外)平均提供农产品价值比对照CK高出22.4%,这也充分说明冬种—双季稻种植模式可以增加农民收入,提高农产品服务价值。另外由表1差异显著性分析看出,各处理早晚稻产量均与对照(处理A)有显著性差异,但处理间无显著差异。由表2差异显著性分析看出,各处理提供农产品价值与对照(处理A)有显著性差异,且处理B、处理C、处理D提供农产品价值与处理E之间有显著性差异。

3.2 保持土壤功能价值

以2007—2009年间双季稻田生态系统的年均经济收益作为农田每年减少土壤侵蚀的机会成本,土地面积减少量根据土壤保持量、容重和土壤耕作层的平均厚度(0.5 m)推算,土壤保持通量采用盛婧等^[11]研究结果。减少土壤侵蚀价值计算公式为:

$$\text{减少土壤侵蚀价值(元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) = \text{土壤保持量}(\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) / \text{容重}(\text{t} \cdot \text{m}^{-3}) \times \text{土厚}(\text{m}) \times \text{年均收益}(\text{元} \cdot \text{hm}^{-2}) / 10\ 000 \quad (3)$$

表2 余江县不同种植模式稻田农产品服务价值(2007—2009)

Tab. 2 The value of paddy field agricultural products service of different cropping patterns in Yujiang County (2007—2009)

处理 Treatment	提供农产品价值/(元·hm ⁻²) Product value	市场价值/(元·hm ⁻²) Market Value	生产成本/(元·hm ⁻²) Cost of production
A(CK)	12 783.7a	21 344.4	8 560.7
B	15 760.3b	24 460.3	8 700
C	15 740.1b	24 440.1	8 700
D	15 858.1b	29 799.2	13 941.1
E	18 091.6c	28 181.4	10 089.8
处理平均 Average	15 646.8	25 645.1	9 998.3

本文所计算产值均根据 2007—2009 不变价计算, 差异显著性分析中, 字母相同者为差异不显著, 不同者为差异显著, 显著水平 5%。

The value calculated in this paper are based on constant prices from 2007 to 2009. The same letter show no significant difference, the different letter show significantly difference in the analysis, significant level: 5%.

根据测定余江县农科所实验田土壤中全 N、全 P、全 K 含量和农田每年减少的土壤侵蚀量估算土壤养分流失量。评价方法采用价值法, 即以我国化肥平均价格 4 155 元/t 进行估算。减少土壤养分流失价值计算公式为:

$$\text{减少土壤养分流失价值(元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) = \text{土壤保持量(t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) \times \text{土壤中 N、P、K 含量(g} \cdot \text{kg}^{-1}) \times \text{化肥平均价格(元} \cdot \text{t}^{-1}) / 1 000 \quad (4)$$

根据 1 m³ 库容的水库工程费用为 1.36 元(中国统计年鉴 2007—2009 平均资料) 估算农田每年减少泥沙淤积的经济价值。减少泥沙对江河湖泊淤积的间接经济价值计算公式为:

$$\text{减轻泥沙淤积价值(元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) = \text{土壤保持量(t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}) \times \text{水库工程费用(元} \cdot \text{m}^{-3}) \times 24\% / \text{土壤容重(t} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (5)$$

表3 余江县不同种植模式保持土壤功能价值

Tab. 3 The value of paddy field keep soil function of different cropping patterns in Yujiang County

处理 Treatment	减少土壤侵蚀价值/ (元·hm ⁻²) Value of reducing soil erosion	减少养分流失价值/ (元·hm ⁻²) Value of reducing nutrient loss	减轻泥沙淤积价值/ (元·hm ⁻²) Value of reducing sedimentation	总计/ (元·hm ⁻²) Total
A(CK)	2.04	162.70	0.66	165.40a
B	2.09	167.65	0.68	170.42b
C	2.00	164.98	0.65	167.63a
D	2.01	170.45	0.66	173.12c
E	2.07	172.56	0.68	175.31c
处理平均 Average	2.04	168.9	0.67	169.14

差异显著性分析中, 字母相同者为差异不显著, 不同者为差异显著, 显著水平 5%。

The same letter show no significant difference, the different letter show significantly difference in the analysis, significant level: 5%.

从表 3 可以看出: 不同稻田种植模式由于土壤的毛管孔隙度以及土壤中养分的含量不同, 其保持土壤功能价值不同。因各处理相差不大, 服务功能价值差异不大, 研究结果表明不同稻田种植模式保持土壤功能价值和他人研究结果接近, 处理平均为 169.14 元/hm², 比对照(CK) 高出 2.2%。分析原因为余江县降水量较大, 且降水时间集中。冬作加双季稻可以增加农田的植被覆盖率, 减少裸地被雨水侵蚀的机会。余江县不同种植模式保持土壤功能价值由大到小顺序依次为 E、D、B、C、A。由表 3 不同种植

模式保持土壤功能价值差异显著性分析看出,处理 B、处理 D 和处理 E 均与对照(处理 A)有显著性差异,但处理 C 与对照(处理 A)无显著性差异。处理 B 与处理 C、处理 D 和处理 E 有显著性差异,处理 D 和处理 E 之间无显著性差异。

3.3 涵养水分功能价值

本文采用盛婧等^[11]静态持水量研究方法计算。由于涵养水分的功能主要是土壤非毛管孔隙的作用。农田生态系统涵养水分的价值采用替代市场法计算,首先利用土壤非毛管孔隙静态蓄水量法计算农田生态系统土壤水分涵养量,然后根据水库的蓄水成本 1.36 元/t^[12-13]求得该功能的价值量。其计算公式为:

$$\text{土壤涵养水分价值} = \text{面积} \times \text{土厚} \times \text{非毛管孔隙度} \times \text{水容重} \times \text{水库蓄水成本} \quad (6)$$

从表 4 可以看出:余江县不同种植模式稻田涵养水分功能价值由大到小顺序依次为 E、D、C、B、A,处理平均价值为 143.37 元/hm²,比对照 CK 高出 2.6%。分析原因为余江县降水量较大,且降水时间集中。由表 4 不同种植模式稻田涵养水分功能价值的差异显著性分析看出,处理 D 和处理 E 均与对照(处理 A)有显著性差异,但处理 B 和处理 C 与对照(处理 A)无显著性差异。

表 4 余江县不同种植模式稻田涵养水分功能价值
Tab. 4 The value of paddy field nourish and cherish moisture function of different cropping patterns in Yujiang County

处理 Treatment	涵养水源功能价值/(元·hm ⁻²) Value of water conservation
A(CK)	139.67a
B	141.81ab
C	142.46ab
D	143.21bc
E	146.00c
处理平均 Average	143.37

3.4 保持土壤养分积累有机质价值

保持土壤养分积累有机质价值采用杨志新等^[14]的土壤有机质持留法,对农田生态系统保持的土壤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。其价值公式为:

$$V = S \times T \times OM \times P \times q \quad (7)$$

(7) 式中 S 为作物种植面积; T 为表层土壤厚度(0.20 m); q 为土壤容重地区耕地平均为(1 250 kg/m³); OM 为种植绿肥后增加的土壤有机质量(%); P 为有机质价格。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 0.051 3 元/kg 来换算。

对于农田生态系统来说,因其凋落物量较小,从生物库方面考虑农田生态系统的养分持留,能动态地表示农田系统维持营养物质循环的功能。利用双季稻田作物实际经济产量,估算作物 N、P、K 的累积量,然后运用影子价格法(目前化肥平均价格为 4.155 元/kg)定量评价双季稻田生态系统维持土壤营养物质循环的价值。其表达式为:

$$V = (CN + CP + CK) \times P \quad (8)$$

(8) 式中 CN 为各类型作物 N 养分累积量,CP 为各类型作物 P 养分累积量,CK 为各类型作物 K 养分累积量, P 为肥料价格。

从表 5 可以看出:余江县不同种植模式稻田保持土壤养分积累有机质总价值顺序由大到小依次为 C、E、D、B、A;保持土壤养分价值由大到小依次为 E、D、B、C、A。余江县不同种植模式稻田(除对照外)保持土壤养分积累有机质总价值平均为 2 941.87 元/hm²,处理平均比对照 CK 高出 30.3%。

由表 5 不同种植模式稻田保持土壤养分积累有机质价值的差异显著性分析看出,处理 C、处理 D 和处理 E 均与对照(处理 A)有显著性差异,但处理 B 和与对照(处理 A)无显著性差异。

3.5 净化空气价值

运用治理费用法计算农田作物净化空气的价值。取作物对污染物净化的均值作为基本计算依据,

表5 余江县不同种植模式稻田保持土壤养分积累有机质价值
 Tab.5 The value of paddy field keeping the soil nutrient and accumulate organic of the different cropping paterns in Yujiang County

处理 Treatment	积累土壤有机质价值/(元·hm ⁻²) Value of accumulating organic	保持土壤养分价值/(元·hm ⁻²) Value of keeping the soil nutrient	总计/(元·hm ⁻²) Total
A(CK)	2 095.50	162.70	2 258.20a
B	2 125.15	167.65	2 292.80a
C	3 113.70	164.98	3 278.68b
D	2 822.28	170.45	2 992.73b
E	3 030.70	172.56	3 203.26b
处理平均 Average	2 772.96	168.91	2 941.87

差异显著性分析中,字母相同者为差异不显著,不同者为差异显著,显著水平5%。

The same letter show no significant difference the different letter show significantly difference in the analysis significant level:5%. 根据研究测定削减SO₂单位价值为0.6元/kg,净化SO₂,NO_x的单位价值为0.6元/kg,削减粉尘成本为170元/t。另据唐衡等^[15]研究耕地吸收各种污染气体平均量分别是:SO₂为45kg/(hm²·a),NO_x为33kg/(hm²·a),削减粉尘为1.5t/(hm²·a)。而后参考相关资料,根据作物净生物量、生育期长短、是否越冬覆盖农田等因素,拟定各类型作物的修正系数。其计算通式表示为:

$$V = Q \times I \times P \quad (9)$$

(9)式中,V为净化空气污染物的价值(元/(hm²·a)),Q为单位面积农田吸收污染气体的量(kg/(hm²·a)),P为处理污染气体成本(元/kg),I为不同类型作物修正系数。吸收SO₂的成本为0.6元/kg,净化NO_x的单位价值与SO₂同样为0.6元/kg,削减粉尘成本为0.17元/kg。本文计算时采用唐衡等^[15]校正系数法,根据不同种植模式的生育期长短进行校正。

从表6可以看出:余江县不同种植模式稻田净化空气价值大小依次为D、B=E、C、A。其中,处理平均比CK高出73.5%。分析原因为冬作加双季稻种植模式产量大,生育期时间长,可以大量吸收污染物。由此可知,增加冬种,减少冬闲田可以增加稻田的净化空气服务功能价值。

由表6不同种植模式稻田净化空气价值的差异显著性分析可以看出,各处理均与对照(处理A)有显著性差异,处理C与处理B、处理D和处理E有显著性差异。处理B、处理D和处理E之间无显著性差异。

表6 余江县不同种植模式稻田净化空气价值
 Tab.6 The value of purified air different cropping paterns of paddy field in Yujiang County

处理 Treatment	总生育期/d The total growth period	校正系数 Correction factor	吸收SO ₂ / (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹) Absorb SO ₂	吸收NO _x / (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹) Absorb NO _x	消减粉尘 / (t·hm ⁻² ·a ⁻¹) Dust reduction	总价值 / (元·hm ⁻² ·a ⁻¹) The total value
A(CK)	224.00	1.00	45.00	33.00	1.50	301.80a
B	392.00	1.75	78.75	57.75	2.63	528.15c
C	369.00	1.65	74.25	54.45	2.48	497.97b
D	402.00	1.79	80.55	59.07	2.69	540.22c
E	392.00	1.75	78.75	57.75	2.63	528.15c
处理平均 Average	388.75	1.74	78.08	57.26	2.61	523.62

差异显著性分析中,字母相同者为差异不显著,不同者为差异显著,显著水平5%。

The same letter show no significant difference the different letter show significantly difference in the analysis significant level:5%.

4 小 结

由于目前江南丘陵区冬季冬闲稻田的增加,稻田的生产力下降在一定程度上会减少稻田的各项功能价值^[16]。从本文的研究结果可以看出:(1)有冬季作物的处理各项功能价值平均比冬闲处理要高;(2)发展冬季农业可以首先增加干物资积累,提高稻田农产品服务价值、保持土壤功能价值、涵养水分功能价值、保持土壤养分积累有机质价值、净化空气价值;(3)发展冬季农业,提高冬季农业的第一性生产能力,可以在很大程度上提高稻田净化空气价值。在保持土壤功能服务总价值中以减少养分流失价值比例最大,这充分说明稻田不仅仅为我们提供农产品,同时还在很大程度上可以保持土壤防止水土流失。冬闲对照的保持土壤功能价值表现为最低,这说明冬闲田的增加在一定程度上会减少双季稻田的保持土壤功能价值。作物植株对地表的覆盖可增加土壤水分入渗强度、拦蓄降雨和减缓径流,从而起到减少养分流失、减少土地侵蚀和减轻泥沙的保持。冬作加双季稻可以增加农田的蓄水时间,从而起到含蓄水源的功能。如果考虑到双季稻田对地下水的回灌功能,则稻田的涵养水源的功能价值会更大。

由于研究条件的限制,本文对双季稻田的排放温室气体的价值(负价值)没有研究,我们也应清醒的认识,稻田是 CH_4 、 NO_2 重要的排放源,但是其净化空气的正价值要远大于负价值。稻田排放温室气体主要是由于不合理的耕作产生的,在合理的耕作技术条件下稻田排放温室气体的数量会大大减少。

参考文献:

- [1] Munasinghe M. Biodiversity protection policy [J]. *Environmental Valuation and Distribution issues Ambio*, 1992, 21(3): 227-236.
- [2] Willis K G, Benson J F. Recreational value of forests [J]. *Forestry*, 1989, 62(2): 93-110.
- [3] Carins J. Protecting the delivery of ecosystem service [J]. *Ecosystem Health*, 1997, 3(3): 185-194.
- [4] Costanza R, d' Rage R, Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [5] 姜海燕,王秋兵. 森林生态系统服务功能价值估算的研究内容及方法 [J]. *辽宁林业科技*, 2003, 10(5): 28-30.
- [6] 陈源泉,董文,高旺盛. 中国粮食主产区农田生态服务价值总体评价: 中国农作制度研究进展 [M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008: 65-70.
- [7] 刘鸣达,黄晓姍,张玉龙,等. 农田生态系统服务功能研究进展 [J]. *生态环境*, 2008, 17(2): 834-835.
- [8] 欧阳志云,王如松. 生态系统服务功能、生态价值与可持续发展 [J]. *世界科技研究与发展*, 2000, 22(5): 45-50.
- [9] 周锡跃,李凤博,徐春春,等. 浙江稻田人工湿地生态系统服务价值评估 [J]. *浙江农业科学*, 2009(5): 971-974.
- [10] 严昶升. 土壤肥力研究方法 [M]. 北京: 农业出版社, 1988: 370-411.
- [11] 盛婧,陈留根,朱普平. 稻麦轮作农田生态系统服务功能价值评估 [J]. *中国生态农业学报*, 2008, 16(6): 1541-1545.
- [12] 李波,宋晓媛,谢花林,等. 北京市平谷区生态系统服务价值动态 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(10): 2251-2258.
- [13] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [14] 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 [J]. *自然资源学报*, 2005, 20(4): 564-571.
- [15] 唐衡,郑渝,陈阜,等. 北京地区不同农田类型及种植模式的生态系统服务价值评估 [J]. *绿色经济*, 2008: 56-59.
- [16] 黄国勤. 江西冬季农业开发模式及关键技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.